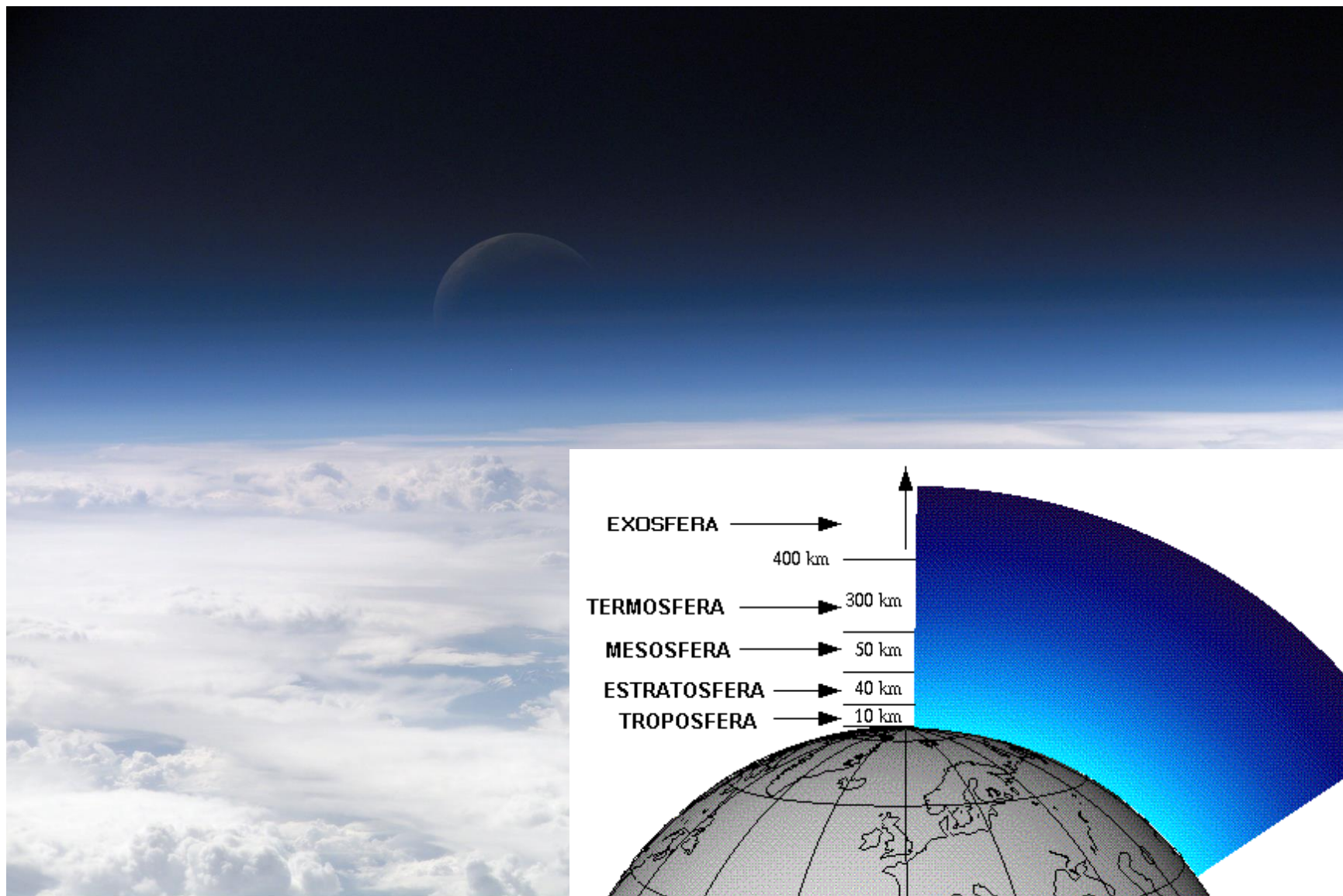


# INTRODUZIONE: ARIA (ATMOSFERA)



# INTRODUZIONE: ARIA (ATMOSFERA)

Con il termine atmosfera si intende l'insieme dei **gas** che circondano un corpo celeste, le cui molecole sono trattenute dalla **forza di gravità**.

L'**atmosfera terrestre** a livello del suolo è composta principalmente da:

- ✓ **Azoto** ( $N_2$ ): 78%
- ✓ **Ossigeno** ( $O_2$ ): 21%
- ✓ **Argon** (Ar): 0,9%
- ✓ Vapore acqueo ( $H_2O$ ): in media 0,33%
- ✓ Biossido di carbonio ( $CO_2$ ): 0,032% (320 ppm)

## INTRODUZIONE: ARIA (ATMOSFERA)

- ✓ trasporta l'**acqua** dagli oceani alla terra emersa.
- ✓ costituisce un **mantello protettivo** che alimenta la vita sulla Terra e la protegge dall'ambiente ostile dello spazio.
- ✓ **stabilizza la temperatura** della Terra.
- ✓ Fornisce il **biossido di carbonio** per la fotosintesi delle piante, l'**ossigeno** per la respirazione e l'**azoto** che i batteri fissatori utilizzano per produrre azoto chimicamente legato, una componente essenziale delle molecole vitali.

# INTRODUZIONE: ACQUA (IDROSFERA)



## **INTRODUZIONE: ACQUA (IDROSFERA)**

L'acqua è il **mezzo dal quale si è evoluta la vita.**

Essa copre il **70%** circa della superficie della Terra.

Sulla Terra si trovano **1,4 miliardi di chilometri cubi di acqua** di cui gli oceani rappresentano il 97% e le acque dolci solamente il 3%.

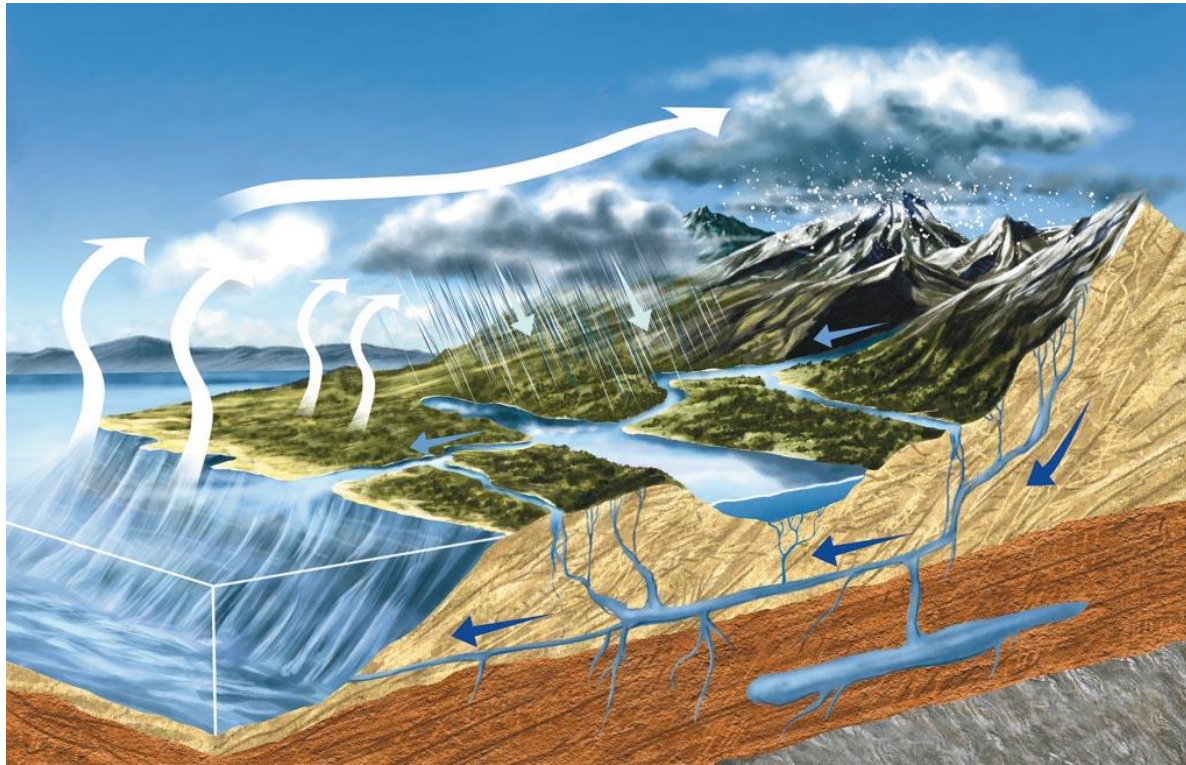
Dell'acqua dolce il 79% è immobilizzato nelle calotte polari e nei ghiacciai, il 20% è rappresentato da acque sotterranee, mentre **meno dell'1% è in superficie facilmente accessibile** (2% laghi, 38% umidità del suolo, 8% vapore acqueo, 1% fiumi e torrenti, 1% acqua degli organismi viventi).



## INTRODUZIONE: ACQUA (IDROSFERA)

- ✓ **trasporta** energia e materia attraverso le varie sfere dell'ambiente.
- ✓ **scioglie** i costituenti solubili dei minerali e li **trasporta** fino agli oceani o li lascia come **depositi minerali** ad una certa distanza dalle loro sorgenti.
- ✓ veicola il **nutrimento all'interno delle piante** dal suolo attraverso le radici.
- ✓ trasporta, come **calore** latente, l'energia solare assorbita nell'evaporazione degli oceani e la rilascia sulla terra emersa.

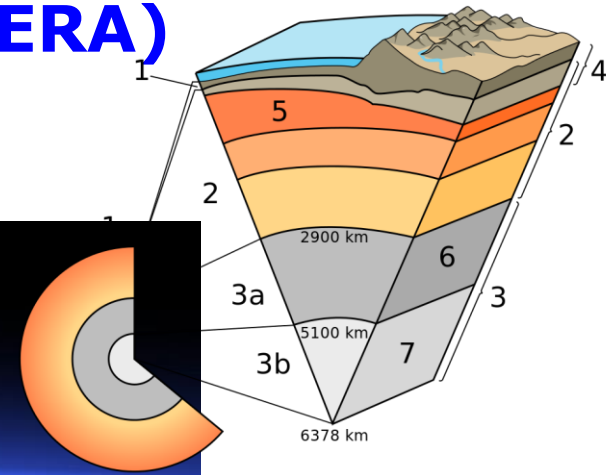
# INTRODUZIONE: ACQUA (IDROSFERA)



Il ciclo idrologico alimentato dall'energia solare si comporta come un nastro trasportatore infinito, in grado di muovere, attraverso gli ecosistemi, i materiali essenziali per la vita.



# INTRODUZIONE: SUOLO (LITOSFERA)





## INTRODUZIONE: TERRA (LITOSFERA)

La terra solida è quella parte della Terra sulla quale **vivono** gli esseri umani e dalla quale essi prendono la maggior parte del loro cibo, dei minerali e dei combustibili.

La scienza dell'ambiente si interessa principalmente della **litosfera**, che è costituita dal **mantello** più esterno e dalla **crosta**. Quest'ultima è lo strato più esterno della Terra, l'unico accessibile agli esseri umani. Essa è estremamente sottile, se paragonata al diametro terrestre, e varia tra i 5 e i 40 Km di spessore.

## **INTRODUZIONE: SUOLO (LITOSFERA)**

La parte più importante della geosfera, per la vita sulla Terra, è il **suolo** (pedosfera), formato dall'azione di erosione disintegrativa dei processi fisici, geochimici e biologici sulle rocce.

Sul suolo crescono le piante e, virtualmente, tutti gli organismi terrestri dipendono da esso per la loro esistenza.

La **produttività** del suolo è fortemente influenzata dalle condizioni ambientali e dagli eventuali inquinanti presenti.

# INTRODUZIONE: VITA (BIOSFERA)





## **INTRODUZIONE: VITA (BIOSFERA)**

La scienza della vita è la **biologia**, basata sulle specie chimiche sintetizzate biologicamente, molte delle quali esistono come **macromolecole**.

Studiare la biologia dal punto di vista delle cellule e delle macromolecole significa considerarla a **livello microscopico**.

All'altro lato della scala, gli scienziati dell'ambiente possono guardare alla biosfera dal punto di vista delle **popolazioni delle diverse specie**, che interagiscono l'una con l'altra in una comunità biologica. L'**ecologia** si occupa delle **relazioni tra gli organismi viventi e il loro ambiente fisico**.

# INTRODUZIONE: RUOLO DELLA TECNOLOGIA



# INTRODUZIONE: RUOLO DELLA TECNOLOGIA

La tecnologia tratta dei modi in cui gli **uomini lavorano con i materiali e l'energia**. Nell'era moderna la tecnologia è il prodotto dell'ingegneria, basata su principi scientifici.

Data la loro enorme influenza sull'ambiente, è essenziale considerare **tecnologia, ingegneria e attività industriali** nello studio della scienza dell'ambiente.

Gli uomini usano la tecnologia per procurarsi cibo, difesa e beni di cui hanno bisogno per il loro benessere e la loro sopravvivenza.



# INTRODUZIONE: RUOLO DELLA TECNOLOGIA

La sfida è adoperare la tecnologia tenendo conto dell'ambiente e dell'ecologia, in modo da trarne **reciproco vantaggio**, piuttosto che danno.

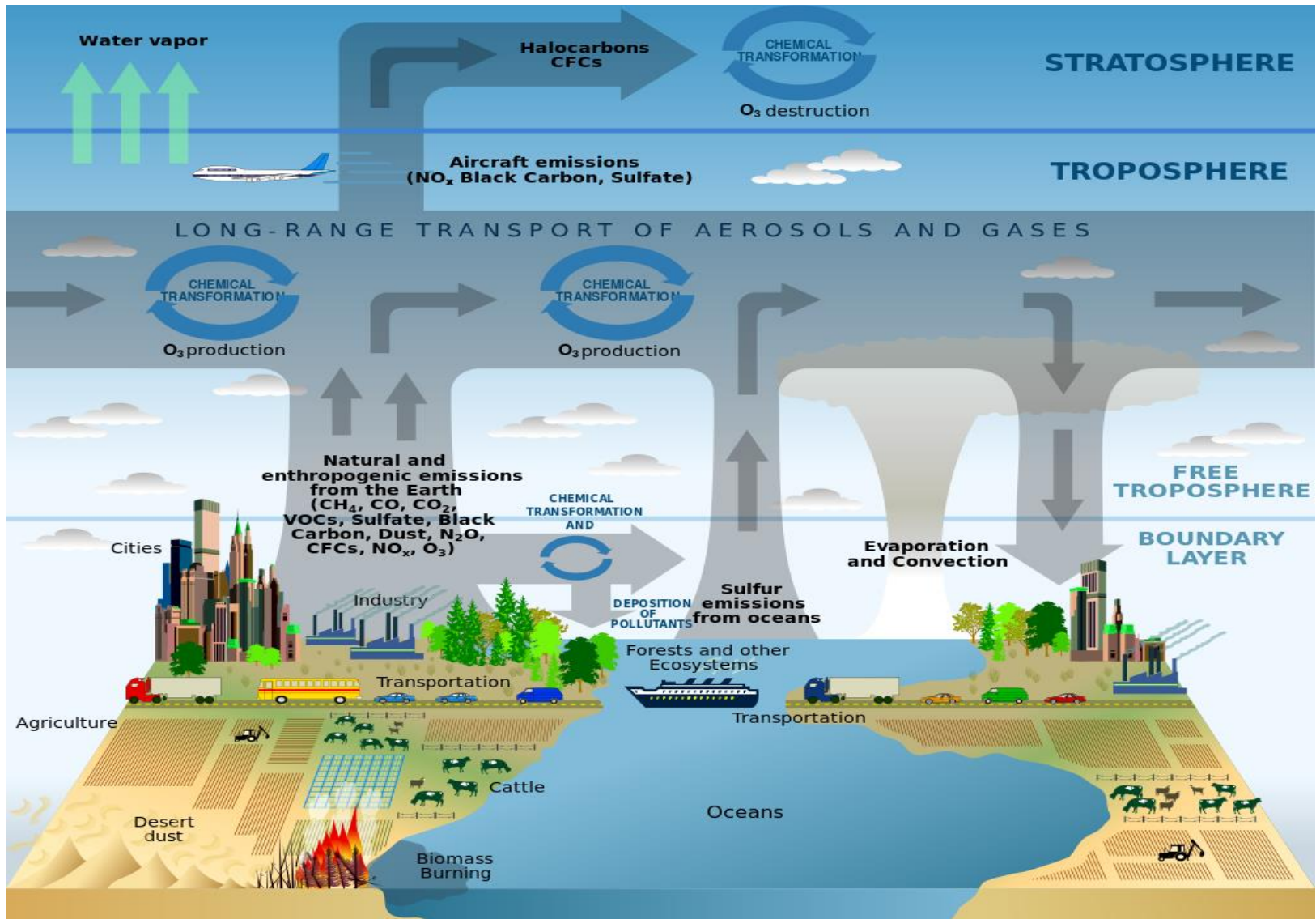
La tecnologia, se applicata correttamente, può risultare enormemente positiva per la salvaguardia dell'ambiente. La più scontata delle sue applicazioni è il controllo dell'inquinamento dell'acqua e dell'aria.

La tecnologia dovrà essere sempre più utilizzata per sviluppare **processi altamente efficienti** di conversione di energia, di sfruttamento di risorse energetiche rinnovabili e di conversione di materiali grezzi in prodotti finiti, con la minima generazione di rifiuti pericolosi come sottoprodotti.

# INTRODUZIONE: RUOLO DELLA TECNOLOGIA



# INTRODUZIONE ALLA CHIMICA AMBIENTALE





# CICLI DELLA MATERIA

I cicli della materia, basati sui cicli degli elementi, sono della massima importanza per l'ambiente.

I *cicli biogeochimici* globali possono essere trattati come diversi **serbatoi** (oceani, sedimenti e atmosfera) collegati tra loro da **interfacce**, attraverso le quali si muove la materia.

Il moto di una certa materia tra due serbatoi può essere **reversibile** o **irreversibile**.

L'attività umana ha ormai una tale influenza sui cicli della materia che è utile riferirsi alla "**antroposfera**" come a un serbatoio di materia, insieme agli altri comparti dell'ambiente.

# CICLI ENDOGENI ED ESOGENI

I cicli della materia si possono suddividere in:

- **cicli endogeni**, che comprendono principalmente rocce del sottosuolo di vario tipo;
- **cicli esogeni**, che avvengono essenzialmente sulla superficie della Terra ed hanno in genere delle componenti nell'atmosfera.

Sedimenti e suolo si possono considerare come l'**interfaccia** principale tra i due tipi di cicli.

## CICLI ENDOGENI ED ESOGENI

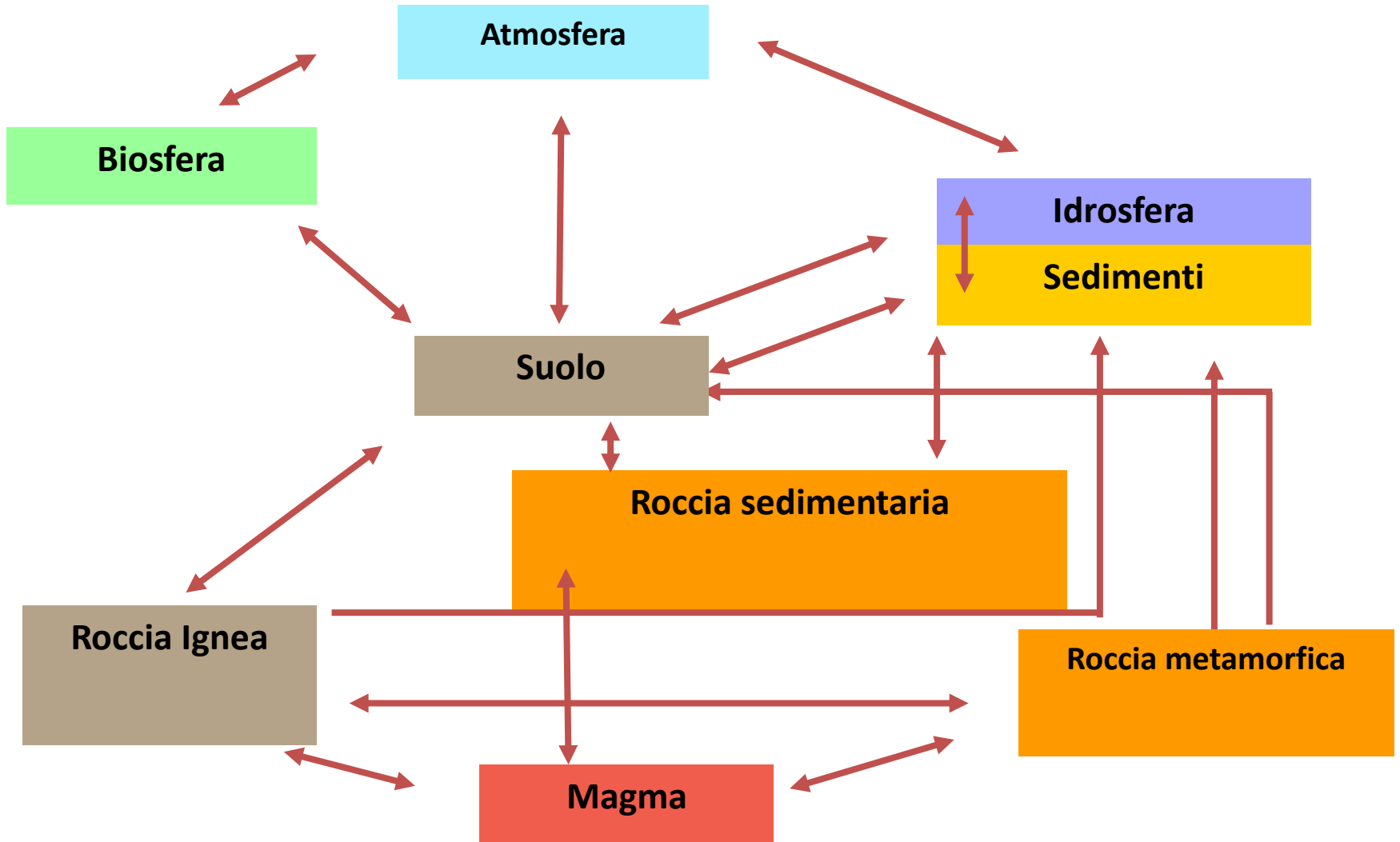
La maggior parte dei cicli può essere descritta in termini di **cicli elementari**, in cui sono coinvolti gli elementi nutritivi, come carbonio, azoto, ossigeno, fosforo e zolfo.

Molti di questi sono cicli esogeni, in cui l'elemento in questione realizza parte del ciclo stesso nell'atmosfera ( $O_2$  per l'ossigeno,  $N_2$  per l'azoto,  $CO_2$  per il carbonio).

Gli altri, in particolare il ciclo del fosforo, non possiedono componenti gassose e sono endogeni.



# CICLI ENDOGENI ED ESOGENI



## **CICLI ENDOGENI ED ESOGENI**

I **cicli di sedimentazione** coinvolgono soluzioni che contengono sostanze rilasciate da **minerali erosi** che si possono depositare come nuove formazioni minerali oppure possono essere assorbite dagli organismi come nutrienti.

Carbonio, idrogeno, ossigeno, fosforo, azoto, zolfo e tutti gli altri elementi essenziali per la vita, **circolano tra l'ambiente fisico e quello vivente** degli organismi in quantità e con velocità che sono il prodotto di lunghi periodi di evoluzione e sono tali da fornire stabilità agli ecosistemi e alla biosfera nel suo complesso (**ciclo biogeochimico**).

# CICLI BIOGEOCHIMICI

Vi è anche un passaggio di elementi da un organismo all'altro (**catene alimentari**) e di **trasporto di elementi da una regione all'altra** dell'ambiente.

Quindi, non solo gli elementi passano dall'ambiente agli organismi viventi e viceversa, ma gli organismi viventi forniscono molti dei **cammini di reazione**.

In pratica molte delle reazioni chimiche che si hanno nei cicli biochimici, possono avvenire con efficienza solo se sono mediate da esseri viventi: c'è una **stretta interdipendenza** dei componenti abiotici e biotici della biosfera.

# CICLI BIOGEOCHIMICI: STABILITÀ

In ogni ciclo può esistere più di un **percorso alternativo** che un elemento può prendere per andare da un punto all'altro del ciclo.

**I percorsi alternativi sono importanti per mantenere il funzionamento stabile** di un ciclo: se un percorso è impedito per un qualsiasi motivo, il flusso dell'elemento può continuare attraverso altri percorsi. Il ciclo non viene interrotto.

## CICLI BIOGEOCHIMICI: STABILITÀ

Inoltre in un ciclo l'aumento o la diminuzione del flusso di un elemento attraverso un determinato percorso è di solito **compensato** da variazioni di velocità di flusso attraverso altri cammini.

Più cammini vi sono entro un ciclo, migliori sono le probabilità che non si abbia accumulo o carenza apprezzabili dell'elemento in alcun punto.

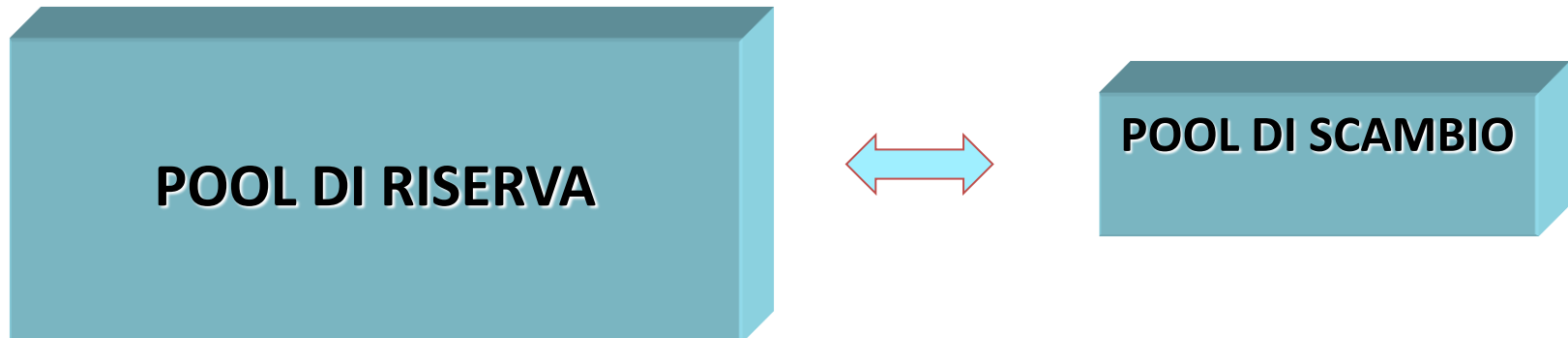


# CICLI BIOGEOCHIMICI:

## POOL DI RISERVA E POOL DI SCAMBIO

Ciascun ciclo può essere diviso in due compartimenti o "pools", caratterizzati da vari tassi di scambio fra di loro:

- **pool di riserva**, che costituisce il componente più ampio, meno attivo e generalmente non-biologico
- **pool di scambio** (pool labile) più piccolo, più attivo e in rapido movimento tra gli organismi e l'ambiente.



# CICLI BIOGEOCHIMICI

In base alla localizzazione del pool di riserva, i cicli biogeochimici vengono distinti in:

- **gassosi**, dove il pool di riserva è l'atmosfera o l'idrosfera
  - ✓ ciclo dell'azoto
  - ✓ ciclo dell'acqua
  - ✓ ciclo del carbonio

# CICLI BIOGEOCHIMICI

- **sedimentari**, dove l'elemento è presente in una riserva localizzata nella litosfera
  - ✓ ciclo del fosforo
  - ✓ ciclo dello zolfo
  - ✓ ciclo del ferro

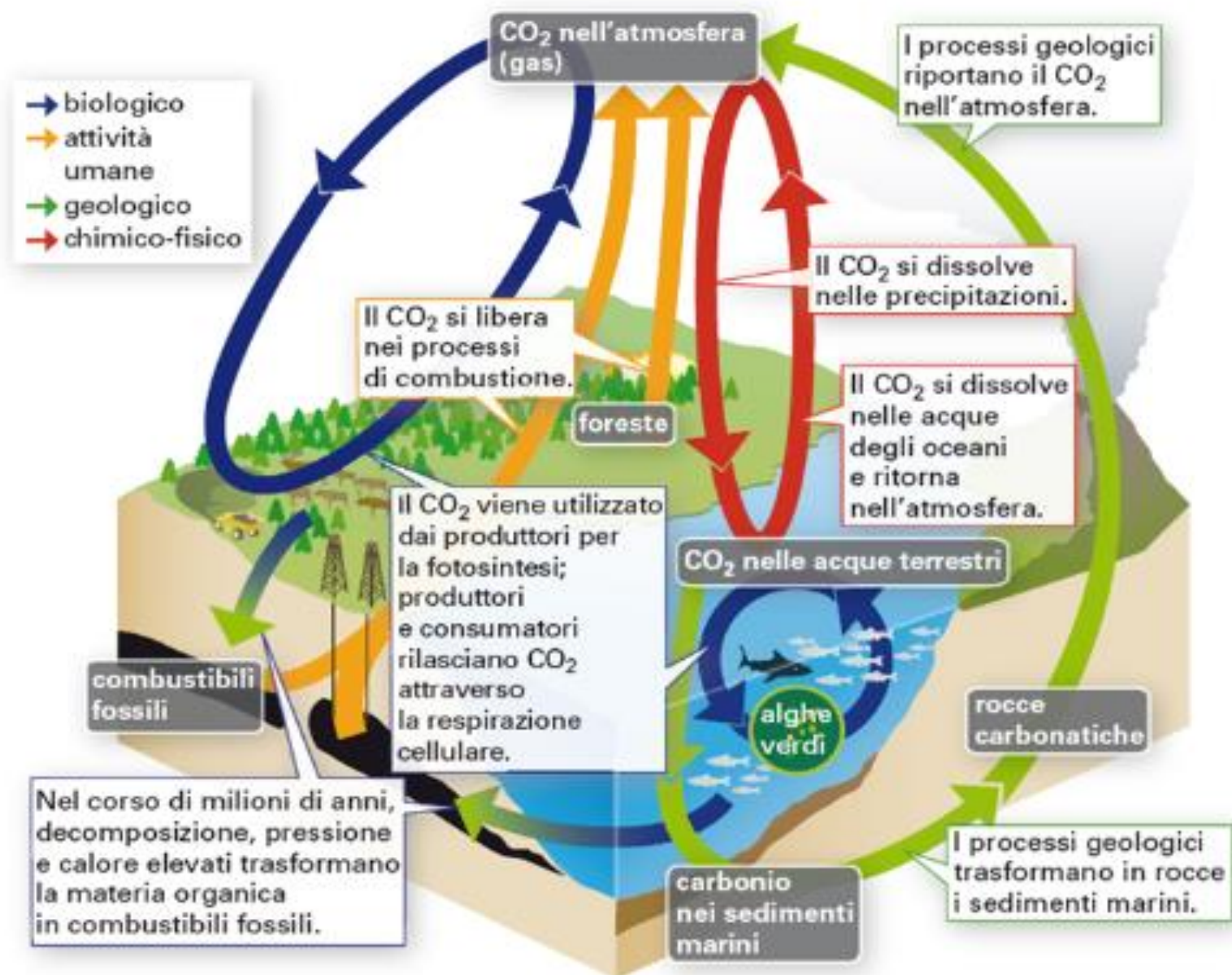
## CICLI BIOGEOCHIMICI

I cicli sedimentari tendono ad essere **più semplici** e ad avere **meno percorsi alternativi** che collegano i vari comparti del ciclo, e pertanto sono danneggiati più facilmente dei cicli gassosi.

Le sostanze nutrienti nei serbatoi sedimentari tendono a essere **meno disponibili** agli organismi viventi di quelle dei cicli gassosi.

L'insufficiente riciclaggio rende i cicli sedimentari meno perfetti e quindi meno bilanciati.

# CICLO DEL CARBONIO





# CICLO DEL CARBONIO

Il carbonio può essere presente come **CO<sub>2</sub> gassosa** atmosferica, costituente una porzione relativamente piccola, ma molto significativa, del carbonio totale.

Parte del **carbonio** è **disciolto** nelle acque superficiali e nelle falde sotterranee in forma di HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> o di CO<sub>2</sub>(aq) molecolare.

Una grande quantità di carbonio è presente nei **minerali**, in particolare nei **carbonati di calcio e magnesio** (CaCO<sub>3</sub> e MgCO<sub>3</sub>).

La fotosintesi fissa il carbonio inorganico come **carbonio biologico**, rappresentato come {CH<sub>2</sub>O}, che è un costituente delle molecole degli esseri viventi.

Un'altra frazione di carbonio è fissata come **petrolio, gas naturale, carbone e lignite**, rappresentati nel loro insieme come C<sub>x</sub>H<sub>2x</sub>.

# CICLO DEL CARBONIO

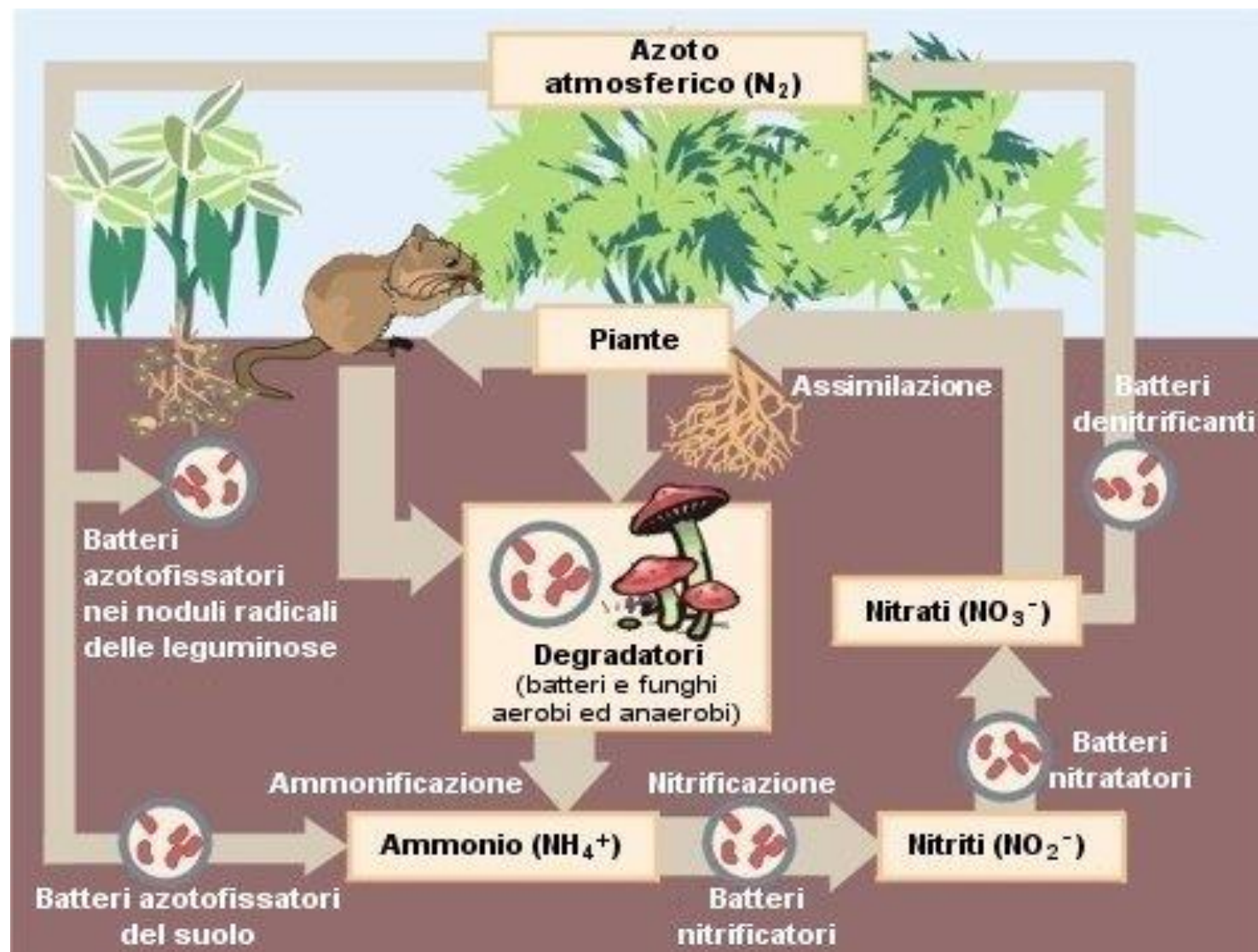
Un aspetto importante nel ciclo del carbonio riguarda il trasferimento di quest'elemento dai sistemi biologici alla geosfera e infine nell'antroposfera in forma di carbon fossile e di combustibili fossili.

Il carbonio organico  $\{CH_2O\}$ , è contenuto in **molecole ricche di energia**, che possono reagire con molecole di ossigeno,  $O_2$ , per riformare il biossido di carbonio e produrre energia.

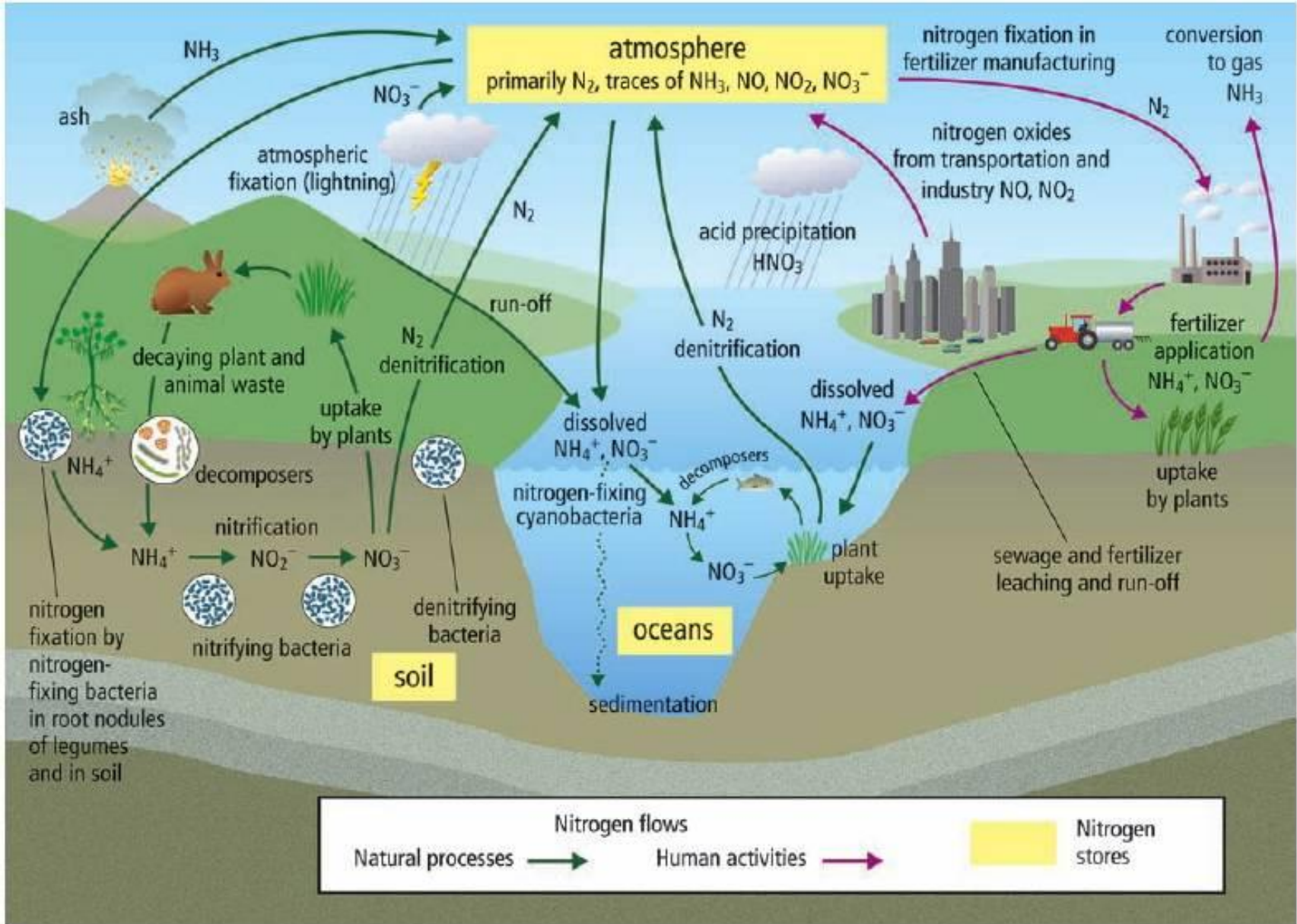
In un organismo ciò può avvenire biochimicamente attraverso la **respirazione aerobica**, oppure può avvenire attraverso una **combustione**, come quando viene bruciato del carbone o del combustibile fossile.

Nota: Il massiccio utilizzo dei combustibili fossili sta provocando una liberazione massiccia di carbonio ( $CO_2$ ) che era rimasta intrappolata per milioni di anni nel sottosuolo.

# CICLO DELL'AZOTO



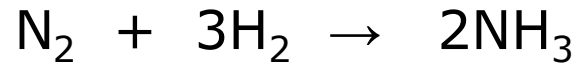
# CICLO DELL'AZOTO



# CICLO DELL'AZOTO

Il maggior serbatoio o magazzino di azoto è l'**atmosfera**, ma questo non significa che l'azoto passi rapidamente dalla fase gassosa alle sue forme combinate negli esseri viventi e viceversa. In realtà l'azoto dell'atmosfera scambia solo lentamente con gli organismi.

Grandi quantità di azoto sono fissate sinteticamente, in condizioni di alte temperature ed alta pressione, secondo la seguente reazione:



Nel terreno e nell'acqua l'azoto è presente sotto forma di **composti facilmente assimilabili** dagli organismi viventi, e sono queste porzioni del ciclo dell'azoto, piuttosto che la porzione atmosferica, che sono interessate nello scambio di azoto tra la maggior parte degli organismi e il loro ambiente.



# CICLO DELL'AZOTO

Stato di ossidazione	Formula	Nome
+5	$N_2O_5$ $HNO_3$ $NO_3^-$	Pentossido di diazoto
		Acido nitrico
		Ione nitrato
+4	$NO_2$	Biossido di azoto
+3	$HNO_2$ $NO_2^-$	Acido nitroso
		Ione nitrito
+2	$NO$	Ossido di azoto
+1	$N_2O$	Ossido nitroso
0	$N_2$	Azoto
-3	$NH_3$ $NH_4^+$	Ammoniaca
		Ione ammonio
		$\alpha$ -ammino acidi
		Ammidi Proteine

Forme ossidate



Forme ridotte

# CICLO DELL'AZOTO

Il ciclo dell'azoto consiste in una serie di reazioni di ossidazione e di riduzione dell'azoto e di alcuni suoi composti.

Quasi tutte queste reazioni avvengono per azione degli organismi viventi (piante verdi, alghe, batteri, funghi) che forniscono l'energia per produrre molte reazioni e/o sostanze che accelerano le reazioni (enzimi).

Il ciclo è pertanto un'**interazione molto stretta** tra organismi viventi e ambiente fisico, il benessere dell'uno dipende dall'altro.

Nel ciclo dell'azoto, l'**azoto elementare** esiste quasi esclusivamente nell'aria. L'atmosfera è infatti costituita per il 78% in volume di  $N_2$  e costituisce un inesauribile serbatoio di questo elemento essenziale.

# CICLO DELL'AZOTO

Alcuni composti dell'azoto sono localizzati nel terreno e nell'acqua dove vengono usati da alcuni organismi per costruire le proteine del corpo: l'azoto sebbene sia presente nella biomassa in quantità minore rispetto a carbonio o ossigeno, è un costituente essenziale delle proteine.

La molecola **N<sub>2</sub>** è **molto stabile**: rompere direttamente la molecola in atomi, che possano essere incorporati in forme chimiche organiche o inorganiche, è lo **stadio limitante** del ciclo dell'azoto.

L'azoto molecolare non può essere usato direttamente: il processo di trasformazione dell' N<sub>2</sub> in composti utilizzabili è chiamato **fissazione**. L'N<sub>2</sub> libero dell'atmosfera viene trasformato in composti solubili in acqua (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e NH<sub>3</sub>) e quindi assimilabili dagli organismi superiori, da microorganismi azoto-fissatori.

# CICLO DELL'AZOTO

L'azoto rientra nell'ambiente in parecchi modi.

La via più ovvia è attraverso la decomposizione di organismi morti ad opera di funghi e batteri, rilasciando **ammoniaca** e **ioni ammonio**.

Tali composti ridotti possono essere utilizzati per la formazione di nitrati con un processo chiamato **nitrificazione** in cui si distinguono i batteri *nitrificatori*, che trasformano l'ammoniaca in nitriti ( $\text{NO}_2^-$ ), ed i batteri *nitratatori*, che, a loro volta, ossidano i nitriti a nitrati ( $\text{NO}_3^-$ ).

Nel corso della decomposizione avviene anche la denitrificazione, sempre a opera di batteri, attraverso la quale gli ossidi di azoto sono ridotti ad azoto molecolare o a biossido di azoto e quindi restituiti all'atmosfera.

# CICLO DELL'AZOTO

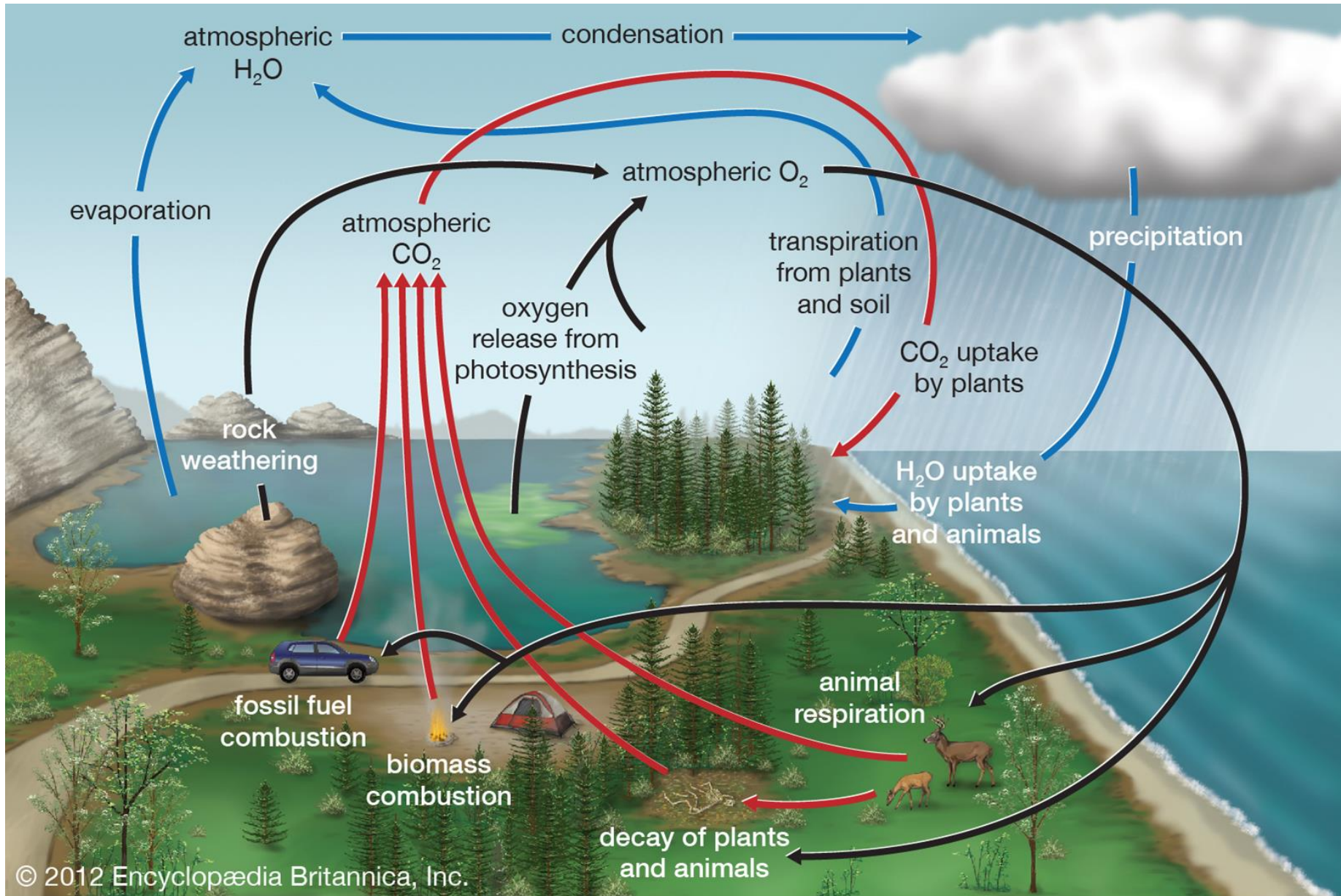
Il ciclo dell'azoto è autoregolante e mantiene l'equilibrio quando piccoli disturbi naturali influiscono sul flusso lungo uno dei cammini. Di conseguenza vi è poco accumulo o impoverimento di azoto nei serbatoi dell'ecosistema.

L'unico squilibrio nel bilancio riguarda la perdita dell'azoto organico che finisce nei **sedimenti marini profondi** e inaccessibili. I nitrati formati in questi sedimenti per azione batterica possono nel tempo essere riportati in superficie per formare depositi concentrati di nitrati. In altri casi, i meccanismi naturali del ciclo sono incapaci di ristabilire l'equilibrio.

L'attività antropica ha creato **disequilibri** locali alterando la quantità di ione nitrato negli ecosistemi sia togliendo nitrati da alcuni ecosistemi che **aggiungendo** troppi nitrati ad altri, con inevitabile cattiva distribuzione e accelerazione di vari percorsi del ciclo (che possono influire anche su altri cicli).



# CICLO DELL'OSSIGENO



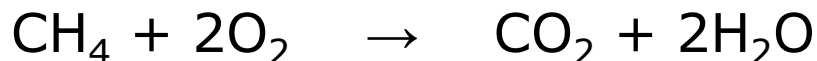
# CICLO DELL'OSSIGENO

Esso comprende l'interscambio dell'ossigeno tra la forma elementare dell'**O<sub>2</sub>** gassoso, contenuto in un enorme serbatoio, l'atmosfera, e l'O chimicamente legato in **CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, carbonati inorganici e materiale organico.**

Il ciclo dell'ossigeno è fortemente legato ad altri cicli elementari, in particolare al ciclo del carbonio e al ciclo dell'acqua.

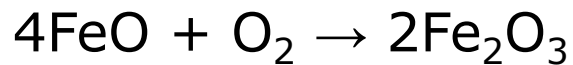
L'ossigeno elementare diviene ossigeno chimicamente legato attraverso numerosi processi con energie variabili, in particolare la **combustione** e i **meccanismi metabolici** degli organismi.

Esso viene rilasciato dalla fotosintesi. Questo elemento si combina prontamente e ossida altre specie, come il carbonio, nella respirazione aerobica, o come carbonio e idrogeno, nella combustione di combustibili fossili come ad esempio il metano:



# CICLO DELL'OSSIGENO

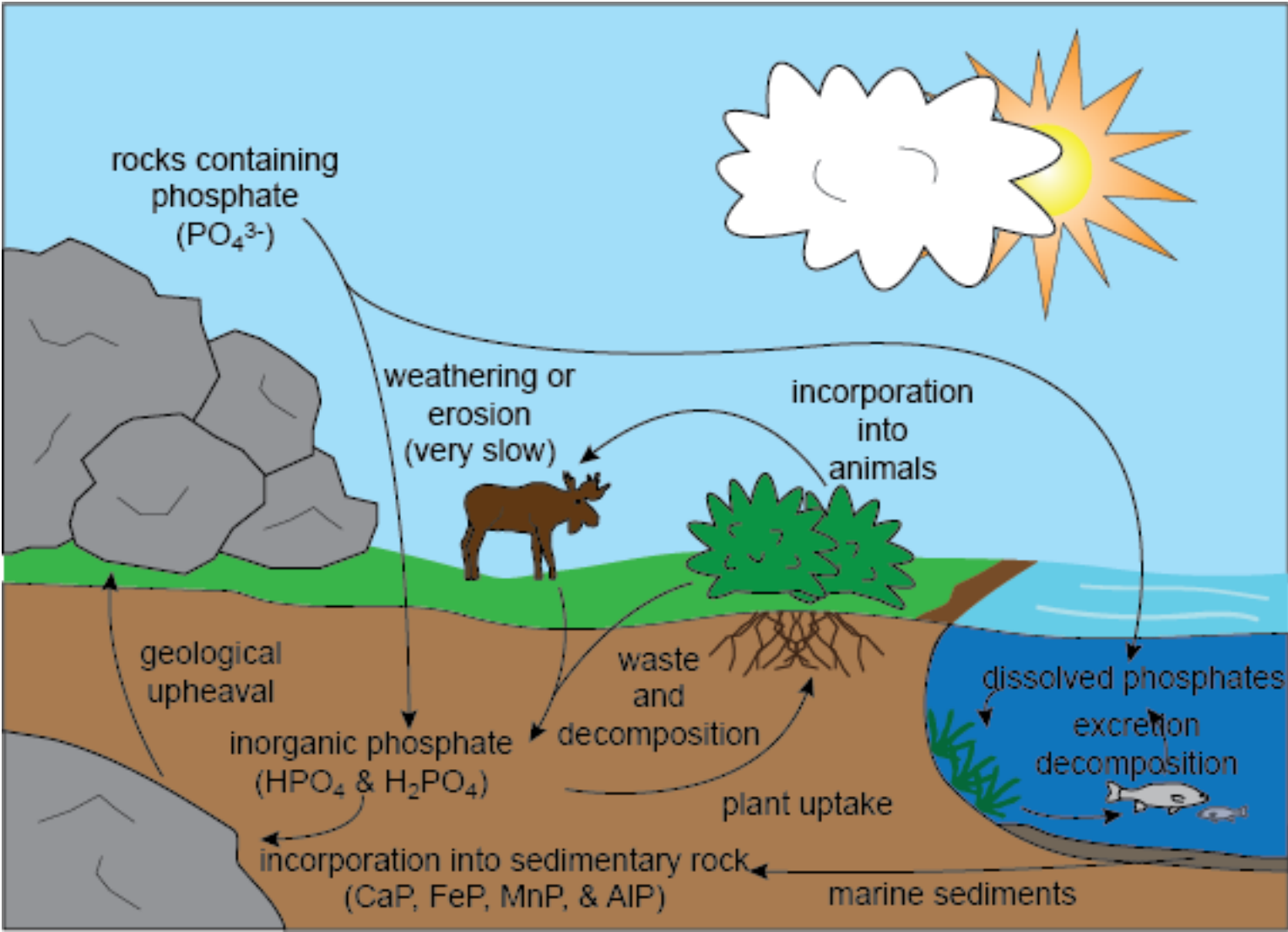
L'ossigeno elementare ossida anche sostanze inorganiche formando gli **ossidi metallici** come ad esempio il ferro(II) nei minerali:



Un altro aspetto particolarmente importante del ciclo dell'ossigeno riguarda l'ozono stratosferico, **O<sub>3</sub>**. Una concentrazione relativamente piccola di ozono nella stratosfera filtra e non lascia passare radiazioni ultraviolette nell'intervallo di lunghezza d'onda tra 220 nm e 330 nm, proteggendo così la vita sulla Terra dagli effetti altamente dannosi di queste radiazioni.

Il ciclo dell'ossigeno si completa quando l'ossigeno elementare ritorna nell'atmosfera. L'unica via importante attraverso la quale ciò avviene è la fotosintesi, mediata dalle piante.

# CICLO DEL FOSFORO



# CICLO DEL FOSFORO

Il ciclo del fosforo è cruciale perché il fosforo è solitamente il **nutriente limitante** negli ecosistemi.

Non ci sono forme gassose comuni e stabili del fosforo, così il ciclo del fosforo è considerato un **ciclo endogeno**.

Nella geosfera il fosforo è largamente contenuto in minerali poco solubili, come depositi di idrossiapatite, un sale di calcio, che costituiscono i maggiori serbatoi di fosfato dell'ambiente.

Il fosforo solubile proveniente dai minerali di fosfati e da altre fonti, come i fertilizzanti; è utilizzato dalle piante e incorporato negli acidi nucleici, che costituiscono il materiale genetico degli organismi.

# CICLO DEL FOSFORO

La degradazione delle biomasse, attraverso l'attività dei microorganismi, restituisce il fosforo alla soluzione salina, dalla quale può precipitare come minerale.

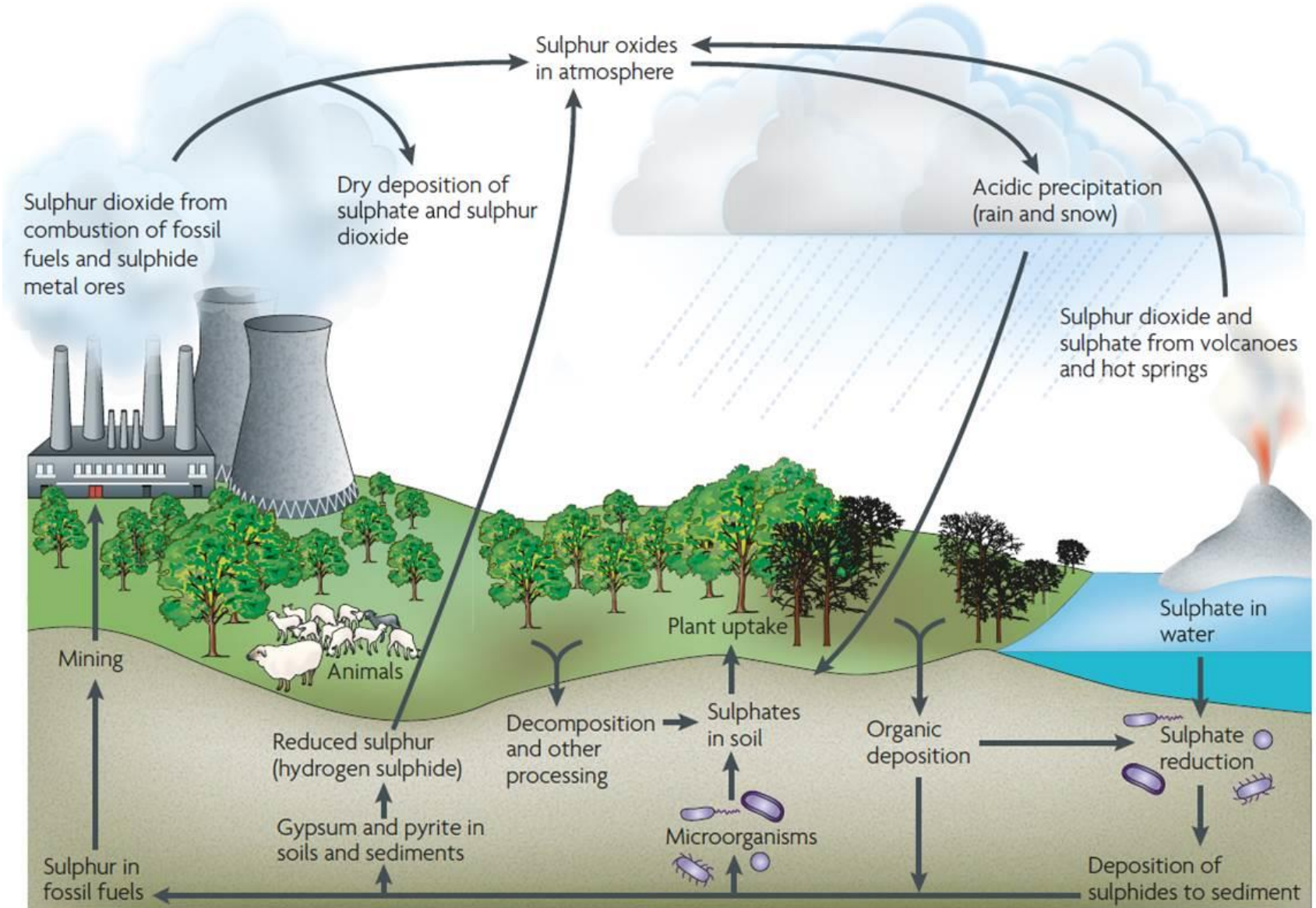
L'antroposfera è un importante serbatoio di fosforo nell'ambiente: il fosforo è un elemento fondamentale dell'attività umana.

Grandi quantità di fosfati sono estratti dai minerali per essere utilizzati come fertilizzanti, prodotti chimici industriali e additivi per cibi.

Il fosforo è un costituente di molti composti estremamente tossici, specialmente i pesticidi organofosforici e i velenosi gas nervini, usati in campo militare.



# CICLO DELLO ZOLFO



# CICLO DELLO ZOLFO

Anche il ciclo dello zolfo è strettamente collegato al ciclo dell'ossigeno perché lo zolfo si combina con l'ossigeno per formare il **biossido di zolfo** gassoso,  $\text{SO}_2$ , un inquinante atmosferico, e lo **ione solfato** solubile.

Tra le specie significative, coinvolte nel ciclo dello zolfo, vi sono il solfuro di idrogeno gassoso,  $\text{H}_2\text{S}$ , i solfuri minerali scarsamente solubili, l'acido solforico,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , lo zolfo biologicamente legato nelle proteine solforate.

Per quanto riguarda l'inquinamento, la parte più significativa del ciclo è la presenza dell'inquinante  $\text{SO}_2$  e dell' $\text{H}_2\text{SO}_4$  in atmosfera. L' $\text{SO}_2$  è un gas tossico, che si sviluppa durante la combustione dei combustibili fossili contenenti zolfo.

Il maggior effetto dannoso prodotto da  $\text{SO}_2$  in atmosfera è dovuto alla sua tendenza ad ossidarsi, producendo  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Questa specie è il maggior responsabile delle "*piogge acide*".

# CICLI BIOGEOCHIMICI

Ricapitolando, i cicli di carbonio, zolfo e azoto contengono composti gassosi che permettono agli elementi di circolare attraverso un cammino atmosferico e sono legati tra loro attraverso i cicli dell'ossigeno e dell'acqua. Se è attivo l'uno, sono attivi anche gli altri.

Maggiore è il numero di **cammini alternativi** esistenti nel ciclo biogeochimico di un elemento migliore sarà la sua **stabilità** e meglio quel ciclo sarà capace di adattarsi a piccoli disturbi di breve durata.

Sotto questo punto di vista i cicli gassosi tendono ad essere autoregolanti mentre quelli sedimentari lo sono di meno a causa della loro natura più semplice e alla loro tendenza a perdere il loro elemento nei sedimenti, dove l'elemento è inaccessibile agli organismi e al riciclaggio.



# INQUINAMENTO



# INQUINAMENTO

Inquinanti e contaminanti:

- un **contaminante** è "ogni cosa che viene **aggiunta** all'ambiente che causa una deviazione dalla composizione geochimica media" [Williamson, 1973];
- un **inquinante**, per essere considerato tale, deve essere un contaminante responsabile di causare **effetti nocivi** all'ambiente, inteso in senso lato come unione sia della parte naturale che di quella antropica.

# INQUINAMENTO

Un inquinante è un fattore o una sostanza che determina un'**alterazione negativa** di una situazione stazionaria attraverso:

- modifica dei **parametri fisici e/o chimici**;
- variazione di **rapporti quantitativi** di sostanze già presenti;
- introduzione diretta o indiretta di **composti estranei dannosi** per la vita.



# INQUINAMENTO

I fenomeni di inquinamento sono il risultato di una complessa competizione tra fattori che portano ad un **accumulo** degli inquinanti e altri fattori che invece determinano la loro **rimozione** e la loro **diluizione** nei vari comparti.

Gli inquinanti posseggono generalmente almeno una delle seguenti **proprietà** (Approccio "PBT"):

- **Persistenza**
- **Bioaccumulabilità**
- **Tossicità**

## **CLASSIFICAZIONE degli inquinanti:**

### **1. Composti tossici per l'uomo (e per altri esseri viventi).**

Es: Metalli pesanti (alcuni sono essenziali a basse dosi), sostanze cancerogene, ecc.

### **2. Composti tossici per le specie viventi, ma non per l'uomo, agli attuali livelli di esposizione.**

Es: Rame e Zinco, interferenti endocrini, ecc

### **3. Composti non direttamente tossici per gli organismi viventi agli attuali livelli di concentrazione ambientale, ma che sono in grado di causare danni ambientali.**

Es: CFC

## Dalla **SORGENTE** al **POZZO**

Ogni inquinante ha origine da una **sorgente**.

La sorgente è particolarmente importante perché generalmente *è il luogo più logico per intervenire ai fini di eliminare l'inquinamento.*

Le sorgenti vengono classificate in base alla loro geometria come:

- **Sorgenti puntiformi:** inceneritori, discariche, industrie particolari, miniere ecc;
- **Sorgenti lineari:** es: autostrade, oleodotti,...
- **Sorgenti diffuse o estese:** traffico veicolare urbano, trattamenti con erbicidi e pesticidi in agricoltura.

## Dalla **SORGENTE** al **POZZO**

Quando un inquinante viene rilasciato da una sorgente, esso può agire su di un **recettore**, ovvero qualsiasi cosa su cui l'inquinante ha un **effetto**.

Eventualmente, se l'inquinante ha vita lunga, può essere immagazzinato in un **sink** (pozzo), un deposito a lungo termine, in cui esso resterà per molto tempo, anche se non necessariamente per sempre.

# DILUTION IS THE SOLUTION TO POLLUTION?

Per molto tempo si è pensato che **la diluizione** in atmosfera o negli oceani **fosse la soluzione all'inquinamento**, ma...

- la **quantità** di inquinanti immessi è superiore alla capacità di assorbirli, diluirli, degradarli;
- alcuni composti hanno **scarsa (o nulla) biodegradabilità** (ad es. pesticidi) e **tempi di vita** molto lunghi;
- nei sedimenti o in certi organismi (molluschi) avviene la **riconcentrazione**;
- si possono verificare **grandi contaminazioni** di aree ristrette prima che vi sia l'effetto diluente (es. disastri petroliferi).

# Nicola Armaroli Vincenzo Balzani **Energia per l'astronave Terra**

**Nuova edizione aggiornata e ampliata**  
con gli scenari energetici per l'Italia di domani



Vincitore  
del premio letterario

*Galileo*  
per la divulgazione  
scientifica

**CHIAVI DI LETTURA**

**ZANICHELLI**