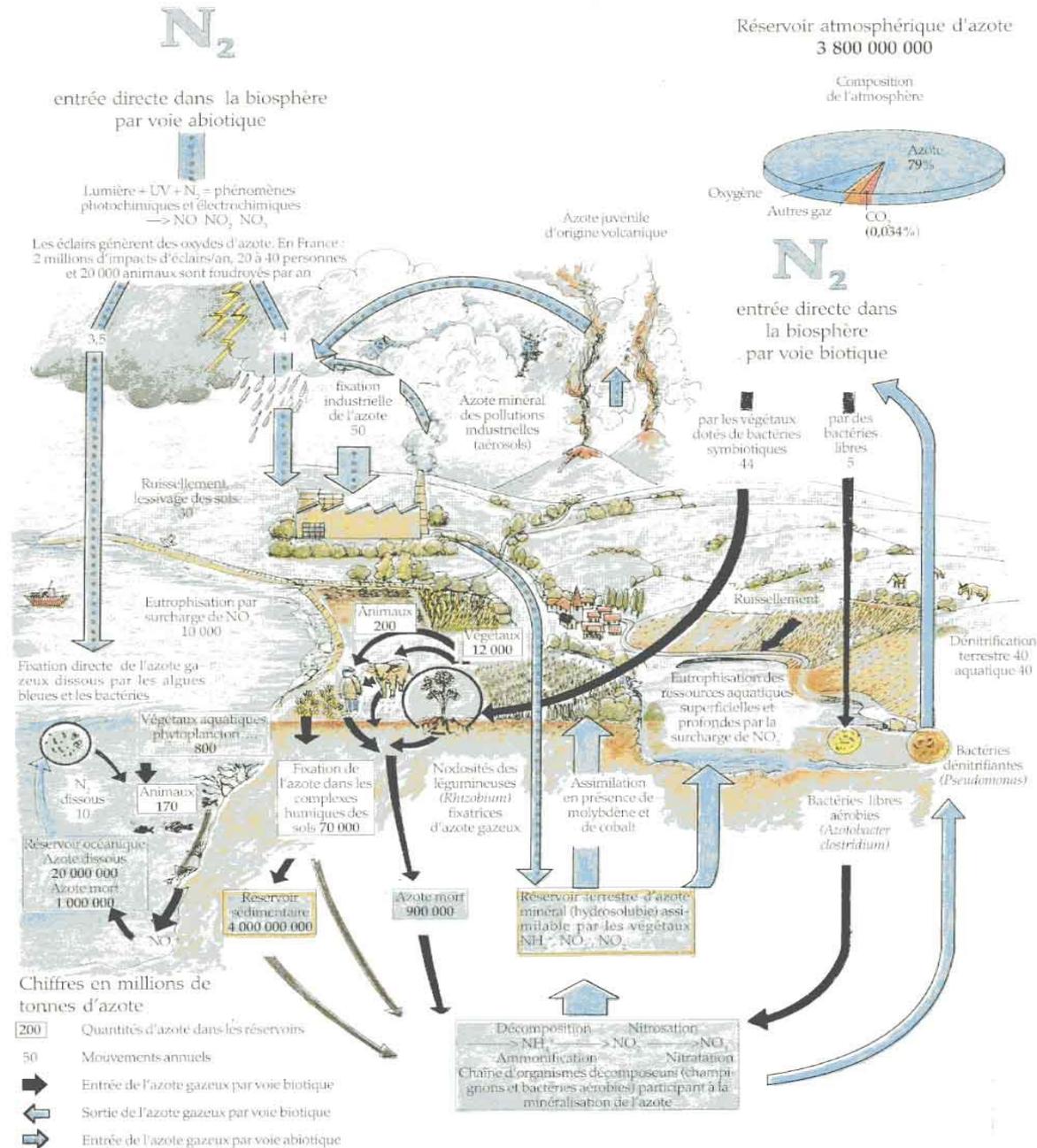


I CICLI BIOGEOCHIMICI...

- CARBONIO
- H₂O
- CO₂
- FOSFORO
- ZOLFO
- AZOTO

CYCLE DE L'AZOTE



Ioni e molecole dei nutrienti
essenziali per la vita sono
trasferiti continuamente
dall'ambiente fisico agli
organismi degli ecosistemi
attraverso dei percorsi
circolari detti

CICLI BIOGEOCHIMICI

Le modalità di riciclo degli elementi sono diverse da habitat ad habitat e quindi da ecosistema ad ecosistema.



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

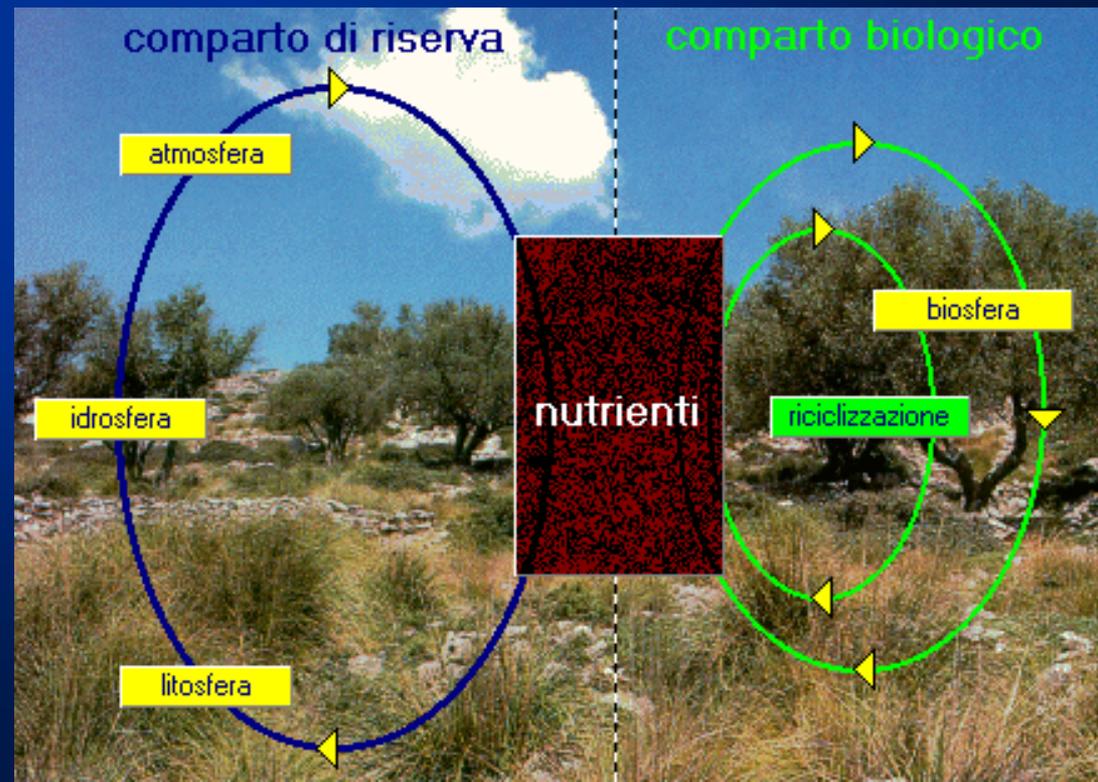
- **gassosi**, dove il pool di riserva è l'atmosfera o l'idrosfera
es: ciclo dell'acqua
ciclo dell'azoto
ciclo del carbonio
- **sedimentari**, dove il pool di riserva è la litosfera
es: ciclo del fosforo
ciclo dello zolfo
ciclo del ferro

I cicli biogeochimici sono processi in equilibrio dinamico attraverso i quali avviene la circolazione di elementi chimici e di energia, nell'interazione tra ambiente fisico e organismi viventi.

Un ciclo è costituito da un **comparto biologico** e da un **comparto geologico** di riserva collegati mediante le sostanze inorganiche utilizzabili dai viventi (i nutrienti).

CICLI BIOGEOCHIMICI:

1. ciclo del carbonio
2. ciclo dell' azoto
3. ciclo del fosforo
4. ciclo dello zolfo
5. ciclo dell'acqua

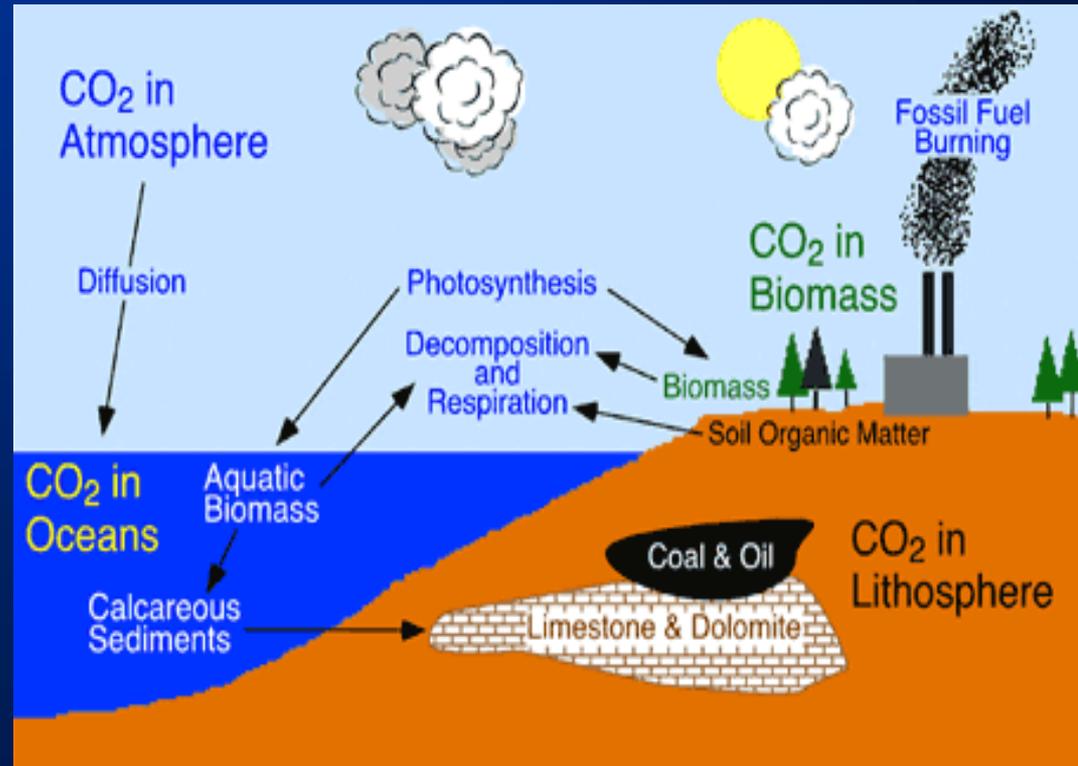


1. Il ciclo del Carbonio

Le catene di atomi di carbonio formano l'ossatura delle molecole organiche. Il carbonio entra nei viventi durante la fotosintesi e il suo serbatoio è l' **atmosfera**.

Il **carbonio** entra nella rete alimentare grazie ai produttori, con la fissazione del carbonio nella fotosintesi, come CO_2 .

La CO_2 dalle **piante** passa agli **erbivori** che in parte la inglobano nei tessuti e in parte la espirano. Grazie a **decompositori e detritivori** il carbonio ritorna nell'atmosfera come CO_2 .



Il ciclo del carbonio non è mai troppo veloce, ma decisamente lento è quello che porta alla formazione di **combustibili fossili**

CICLO DEL CARBONIO

- Gas contenenti carbonio, oltre alla CO_2 sono il metano (CH_4) e i clorofluorocarburi (i CFC, totalmente artificiali). Questi sono tutti gas responsabili dell'effetto serra, la cui concentrazione nell'atmosfera é aumentata negli ultimi decenni, contribuendo probabilmente al riscaldamento globale



CICLO DEL CARBONIO

- Sotto l'effetto della luce solare, col processo di fotosintesi, le piante prelevano dall'atmosfera CO_2 la trasformano acqua in zuccheri come glucosio.

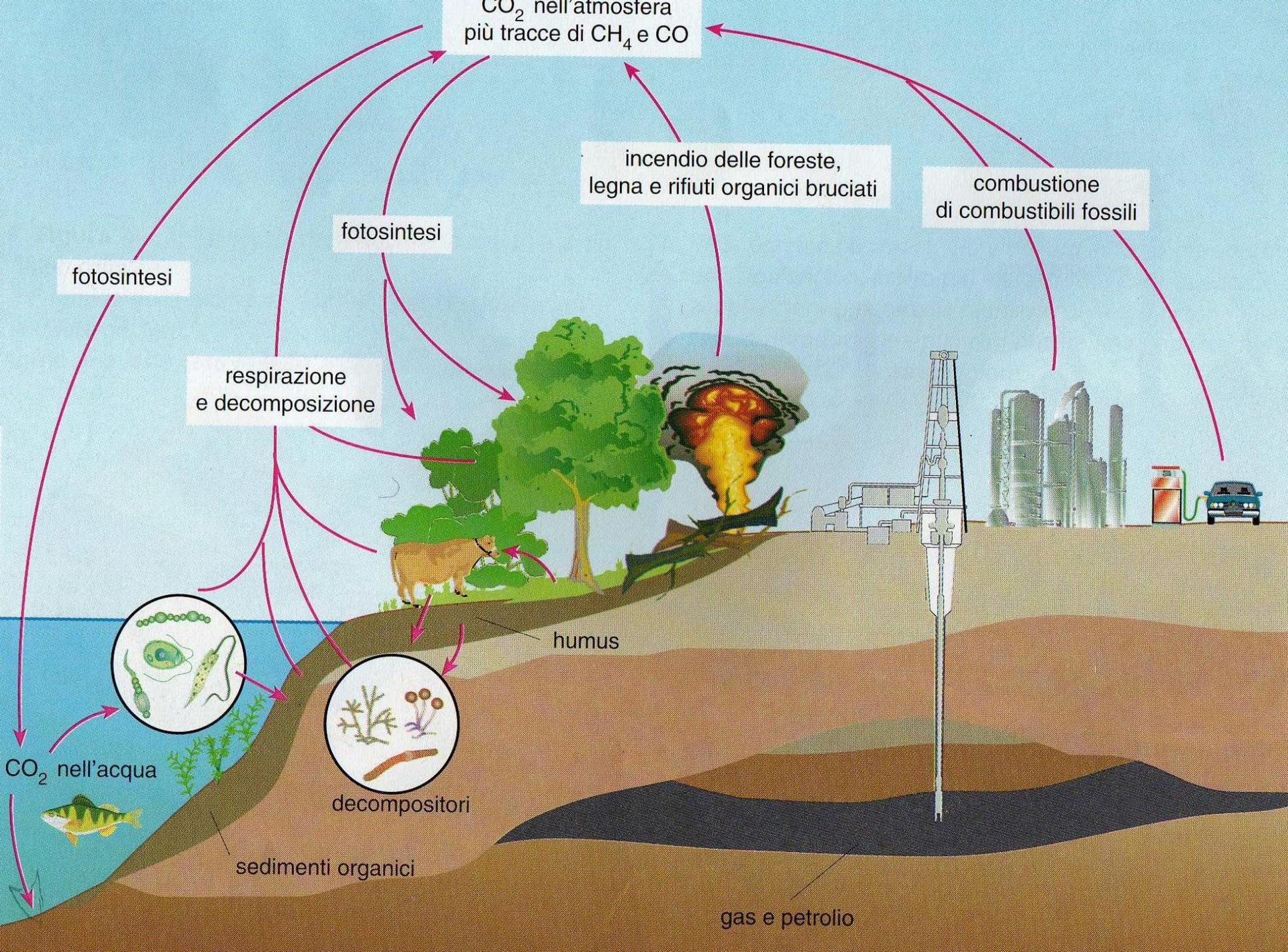
CICLO DEL CARBONIO

- Parte del carbonio immagazzinato nei tessuti vegetali passa successivamente agli erbivori ed ai carnivori che si cibano degli erbivori.



CICLO DEL CARBONIO

- Parte del carbonio presente nei tessuti degli organismi viventi, animali o vegetali, viene ritrasformato in CO_2 attraverso la respirazione e restituito all'atmosfera.
- Quando le piante e gli animali muoiono, i loro tessuti vengono attaccati dagli organismi decompositori, liberando gli elementi che la costituiscono. Quindi anche il carbonio viene liberato sotto forma di CO_2 e restituito all'atmosfera.



CICLO DEL CARBONIO

Carbonio: il più abbondante componente della materia vivente

Quando viene fissata la CO_2 si libera O_2

I cicli di tutti gli elementi biogeni sono legati a quelli di CO_2 ed O_2 da processi di:

ossidazione

riduzione

Biosfera

Il ciclo si realizza tra

Atmosfera

Idrosfera

Litosfera

Ha avuto un ruolo minore prima dell'intervento umano
Combustibili = riserve dormienti di carbonio

Il ciclo del carbonio è prevalentemente gassoso

La CO_2 costituisce il veicolo principale di flusso tra i comparti

Processi biologici ed ecologici che determinano la circolazione di carbonio

Fotosintesi

Trasferimento come cibo di parte del carbonio fissato dai produttori consumatori primari ai secondari

Respirazione di piante ed animali

Decomposizione della materia organica morta

Processi di soluzione, precipitazione, deposizione dei carbonati nei sedimenti

Attività fotosintetica che utilizza CO_2



Il carbonato precipita o viene incorporato nelle strutture dei viventi

Le riserve più abbondanti si trovano nella litosfera

Depositi inorganici
 $20 \cdot 10^{15}$ ton di carbonio

Carbonati

Depositi organici fossili

Carbone e petrolio

$10 \cdot 10^{12}$ t carbonio

Le riserve di carbonio maggiormente implicate nel ciclo

Riserva atmosferica

Detriti organici nel suolo

Biomasse terrestri e marine

Materia organica disciolta e
particellata in acque oceaniche

Riserva atmosferica di carbonio: più piccola delle altre riserve!

ma è quella da cui
dipende la biosfera

Tempo di residenza

biomassa terrestre: 9 anni

detriti organici del suolo: 25 anni

H₂O oceanica superficiale:
giorni/mesi

H₂O oceanica profonda:
centinaia di anni

Parte si accumula nei sedimenti
e viene sottratta al ciclo

Il flusso di carbonio fra riserve dormienti in assenza dell'uomo = trascurabile

La rivoluzione industriale

innesca un

flusso che non esisteva e che restituisce all'atmosfera la CO_2 fissata milioni di anni fa

Effetto serra

La combustione di carbone petrolio e gas naturali genera ~6 miliardi t/C x anno

incremento di CO_2 nell'aria = metà della CO_2 immessa dalla combustione

~3 miliardi t/C x anno assorbiti dagli oceani

tempo di residenza di CO_2 in atmosfera

3 anni



tempo occorrente perché tutta la riserva di CO_2 sia assorbita per fotosintesi

La concentrazione di CO_2 nell'aria presenta variazioni stagionali in funzione dell'attività fotosintetica e dello scambio con l'oceano

molto intensi nell'emisfero boreale (N)

effetti stagionali

c'è anche scambio con oceano (meno intenso)

meno intensi nell'emisfero australe (S)

vi sono i due terzi della vegetazione terrestre!

scambio con l'oceano controllato da processi fisici e biologici

Temperatura

acque polari=fredde solubilità CO_2 maggiore

La formazione del ghiaccio fa aumentare la salinità

le acque superficiali ricche di CO_2 sprofondano

Nelle zone di risalita (upwelling) presso le regioni tropicali l' H_2O si riscalda e la CO_2 viene rilasciata

inoltre vi è un effetto del ciclo stagionale sulla solubilità: inverno assorbe di +; estate rilascia di +

L'aumento della t dell'aria per incremento CO_2 può innalzare la t delle acque superficiali e causare riduzione o scomparsa di ghiacci invernali

riduzione dell'assorbimento di CO_2 dall'atmosfera

Processi biologici che controllano gli scambi di CO_2

fotosintesi

respirazione

hanno variazioni giornaliere e stagionali

massimi assorbimento: giorno, stagione estiva

variazioni di senso opposto a quelle determinate dai fattori fisici

Anche CO sta aumentando 1,5-2% anno

effetto serra insignificante

C'entro qualcosa io?

ma è implicato nella formazione di ozono

produzione: incendio biomasse e combustione combustibili fossili



Carbonio contenuto nell'atmosfera anche come metano

concentrazione metano (CH_4) 1,7 contro 350 ppm CO_2

influisce sull'effetto serra

l'effetto è **25** volte quello della CO_2

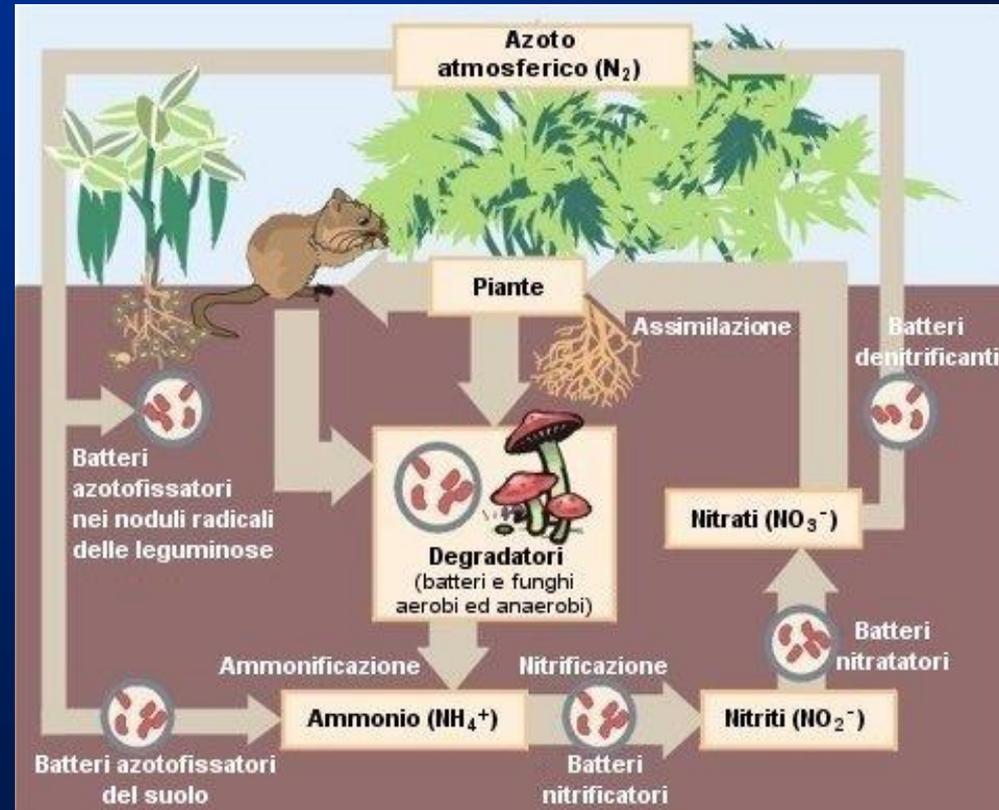
2. Il ciclo dell'azoto

L'atmosfera è composta per il 79% di azoto (N_2), ma piante e animali non possono usarlo immediatamente.

Gli organismi vegetali possono assimilare azoto, come nitrati (NO_3^-), ammoniaca (NH_3) e ioni ammonio (NH_4^+).

- L'ammoniaca è sintetizzata nella fissazione dell'azoto da parte dei cianobatteri.
- I batteri azotofissatori formano associazioni simbiotiche con le leguminose.
- Negli ecosistemi antropici ammoniaca e nitrati sono forniti da fertilizzanti chimici azotati
- Nella rete alimentare una parte dell'azoto viene liberato da cadaveri e rifiuti e i batteri la trasformano in NO_3^- e NH_3^+

Il ciclo è mantenuto grazie ai batteri detritificanti (rilascio in atmosfera)



Ciclo dell'azoto

Serbatoi

- Atmosfera 78% sotto forma di N_2 particolarmente stabile ed inerte
- Biosfera 0,001%, entra nelle vie biologiche attraverso l'azotofissazione
- Litosfera (0.005%) sotto forma di composti organici ed inorganici, il più diffuso è il nitrato di sodio $NaNO_3$

Numero atomico

7
N
Azoto
14,0067
[He] $2s^2 2p^3$

Simbolo atomico

Nome dell'elemento

Peso atomico

Configurazione
elettronica

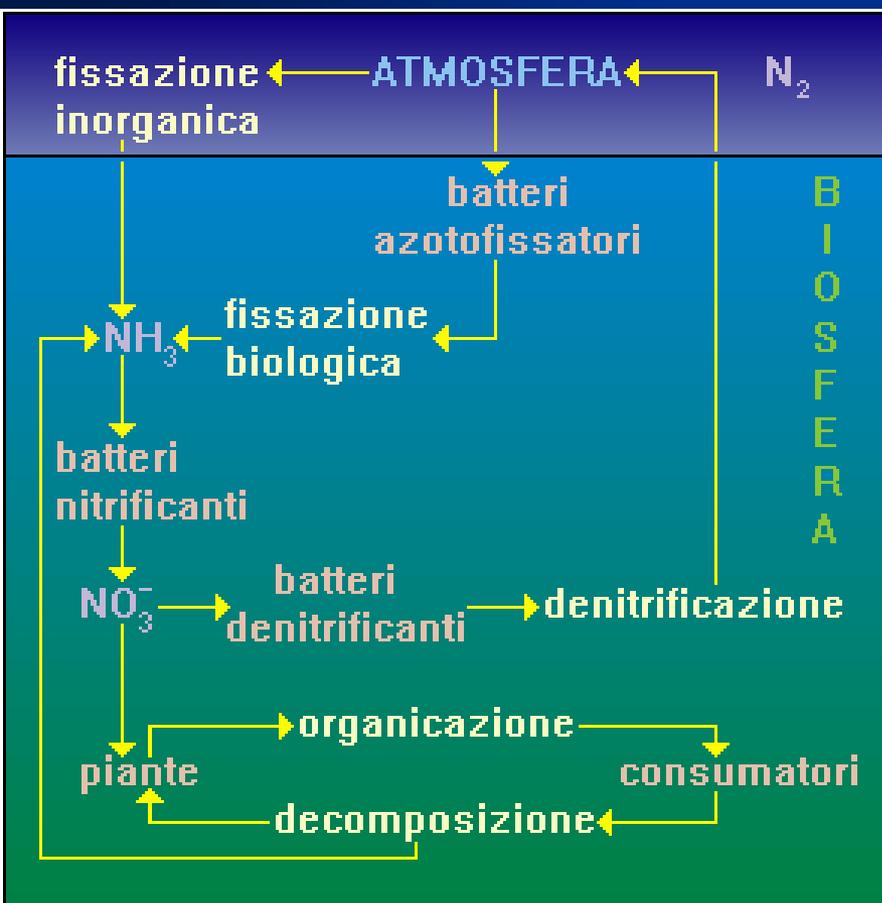
PROCESSI DI TRASFORMAZIONE

- Azotofissazione
- Fissazione industriale dell'azoto
- Nitrificazione
- Assimilazione del nitrato
- Denitrificazione
- Ammonificazione

L'azoto molecolare presente nell'atmosfera è molto stabile.

La sua utilizzazione nei vari composti chimici avviene attraverso processi di **fissazione naturale (inorganica o biologica)**.

La fissazione porta alla formazione di composti più reattivi, ossidi di azoto e ammoniaca, che le piogge o le deposizioni solide provvedono a portare nel terreno.



Gran parte dell'azoto, presente nel terreno come ioni ammonio o nitrato, entra nella biosfera, dove viene organicato e si muove nel **ciclo biologico dell'azoto**.

Una parte dell'azoto nitrico viene **denitrificato** ad opera di batteri specializzati in **azoto molecolare** che ritorna in atmosfera

CICLO DELL'AZOTO

- Questo ciclo viene definito gassoso poiché il pool di riserva di questo elemento chimico è l'atmosfera, dove l'azoto occupa circa il 78 % del volume totale.
- Tutti gli esseri viventi devono assimilare l'azoto per la formazione di composti organici vitali, quali le proteine e gli acidi nucleici.
- Ad eccezione di particolari batteri l'azoto atmosferico non può però essere direttamente assorbito dall'atmosfera.

CICLO DELL'AZOTO

- Le piante possono assimilare l'azoto tramite l'assorbimento di composti azotati (nitriti, nitrati e sali d'ammonio) che disciolti nell'acqua del terreno giungono fino alle radici.
- Una volta organicato l'azoto viene trasferito agli organismi eterotrofi, come gli animali, mediante la catena alimentare.
- La decomposizione dei resti organici restituisce al terreno l'elemento, che può ritornare nell'atmosfera grazie all'azione di alcuni batteri specializzati.
- Questo ciclo risulta molto complesso proprio perché l'atomo di azoto può entrare a far parte di un elevato numero di molecole: azoto molecolare, ammoniaca e sali d'ammonio, nitriti, nitrati ed azoto organico.
- I processi chimici coinvolti per la loro formazione possono essere quattro: **azotofissazione, ammonificazione, nitrificazione e denitrificazione.**

AZOTOFISSAZIONE

- L'**azotofissazione** è un processo con cui l'azoto molecolare (N_2) presente nell'atmosfera viene trasformato in ammoniaca (NH_3) o nei sali d'ammonio derivati, grazie soprattutto all'attività di batteri liberi nel terreno o in simbiosi con le radici di alcune piante, come le leguminose ed alcune felci.
- Dal punto di vista agricolo la fissazione biologica è una fonte d'azoto molto importante per l'arricchimento del terreno, perché il solo uso dei fertilizzanti chimici non potrebbe soddisfare la sua richiesta su scala mondiale. Una pratica agricola che sfrutta questa simbiosi per la fertilizzazione del terreno è il **sovescio con le leguminose**.

MICROORGANISMI AZOTOFISSATORI:

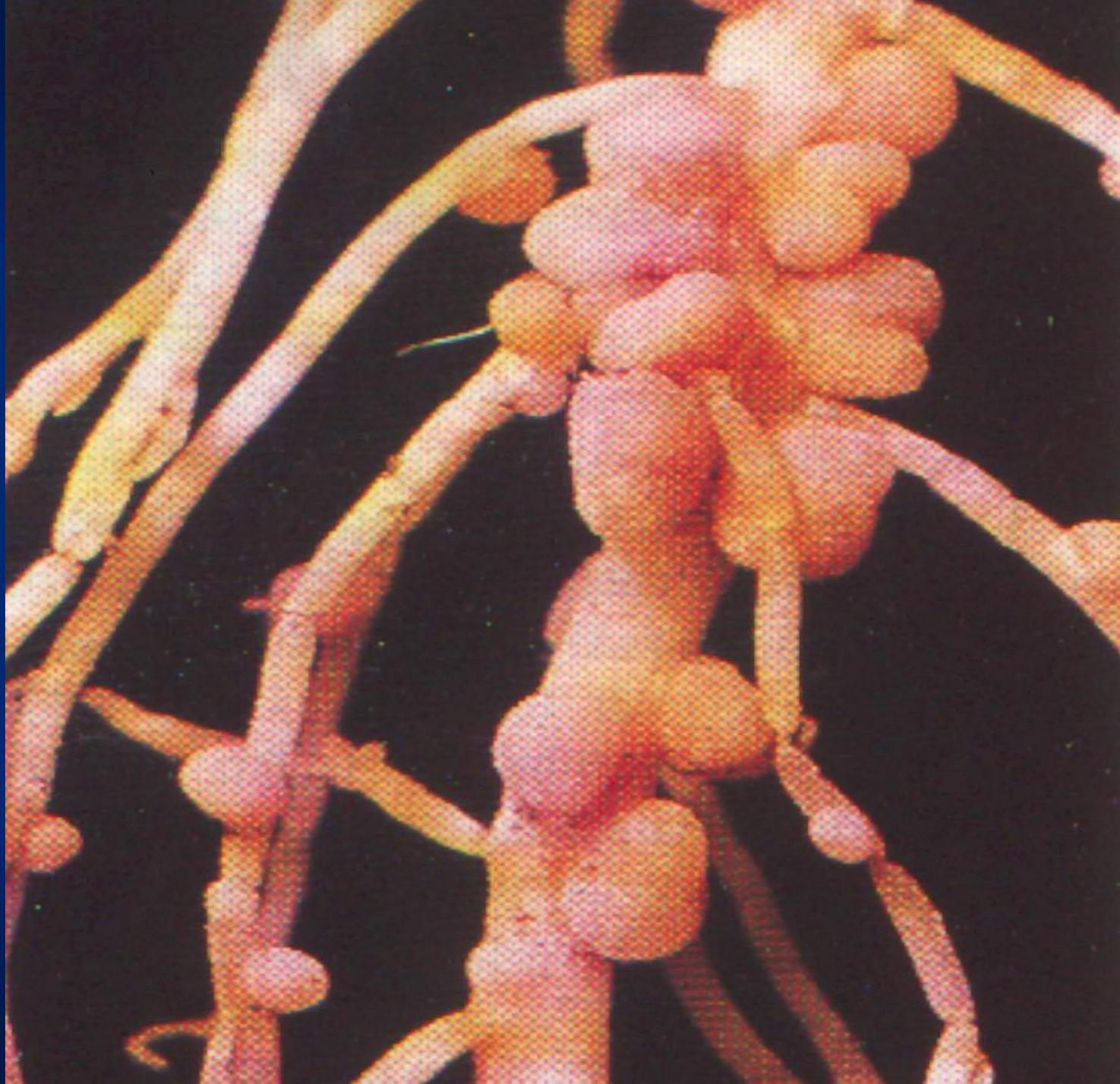
- Liberi: Batteri *Azotobacter* e *Clostridium*, Cianobatteri (*Trichodesmium*)
- Associati: *Rhizobium* (simbiosi), *Azospirillum* (biocenosi)

CICLO DELL'AZOTO



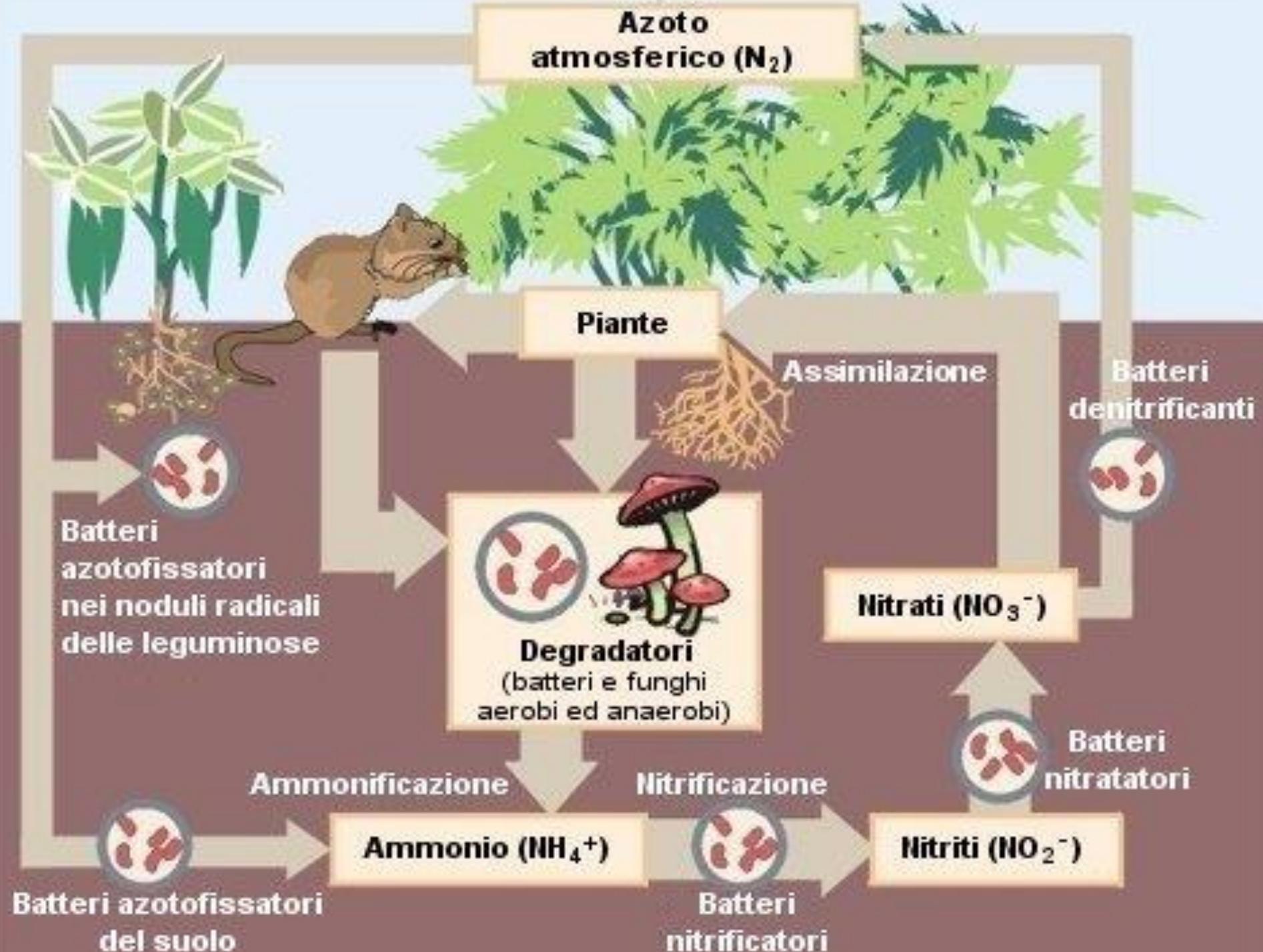
Radici di
leguminosa:
all'interno dei
noduli
radicali vivono
i batteri
azotofissatori

Altro
esempio di
noduli
radicali con
batteri
azoto
fissatori



AMMONIFICAZIONE

- Tramite l'ammonificazione l'azoto organico che si trova negli amminoacidi dei prodotti di rifiuto e nelle sostanze organiche in putrefazione viene trasformato in ammoniaca NH_3 o nei sali d'ammonio derivati.
- Il processo è attuato da particolari batteri e funghi che liberano l'ammoniaca nel terreno dove può reagire con diversi composti per formare i sali d'ammonio.



NITRIFICAZIONE

• Processo attraverso il quale l'azoto viene ossidato a nitrato



Le molecole d'ammoniaca liberate nel suolo possono subire un processo chiamato **nitrificazione** ad opera di particolari batteri che possono trasformare l'ammoniaca in nitriti (-NO₂). Altri batteri poi possono ossidare i nitriti e produrre nitrati (-NO₃).

Questo processo avviene nel suolo ad opera di batteri chemioautotrofi come:



Assimilazione del nitrato

- L'azoto in forma di nitrato è assimilato da piante e batteri. Subisce una riduzione assimilativa sino allo stato di ossidazione -3
 - $(\text{NO}_3)^- \rightarrow (\text{NO}_2)^- \rightarrow (\text{NH}_2)^-$

DENITRIFICAZIONE

Grazie alla denitrificazione una parte dell'azoto dei nitrati viene trasformato, ad opera di batteri denitrificanti specializzati, in ambiente anossico, in azoto molecolare che ritorna all'atmosfera.



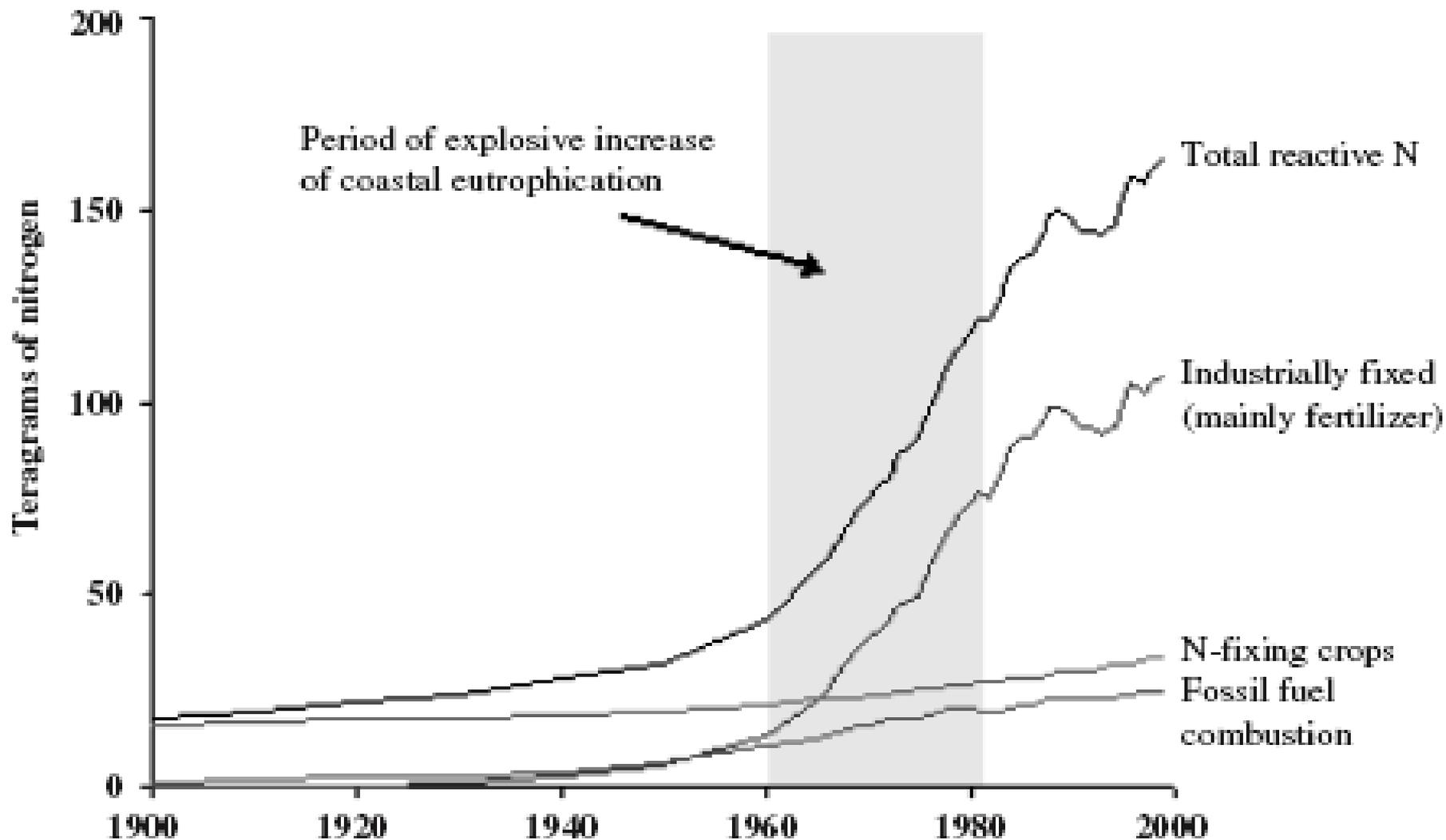
- In questo caso il nitrato è usato come accettore finale di elettroni nella respirazione anossica
- È un processo che comporta la perdita di azoto dall'ecosistema verso il serbatoio atmosferico

Alterazione del ciclo dell'azoto

- L'intervento dell'uomo sul ciclo naturale dell'azoto ha portato ad un pesante *sbilanciamento* di tale nutriente nell'ambiente
- Il processo di alterazione ha avuto inizio negli anni '60 con la *sintesi industriale dell'ammoniaca*



Le attività umane possono alterare significativamente il ciclo biogeochimico dell'azoto portando alla modifica delle quantità presenti nei serbatoi naturali



L'aumento di azoto reattivo totale a partire dagli anni '60 ha subito un forte incremento a causa della fissazione industriale

Alterazione del ciclo dell'azoto

L'azoto presente in atmosfera e negli oceani (N_2) diventa reattivo e biologicamente disponibile attraverso:

- Fissazione batterica (*azotofissazione*)
- *Fissazione industriale dell'azoto*: le forme reattive dell'azoto sono usate per la produzione di fertilizzanti e di combustibili

Rateo di fissazione dell'azoto

- Fissazione batterica negli ecosistemi terrestri: 100-200 Teragrammi (Tg/anno)
- Fissazione batterica negli ecosistemi marini: 100-200 Tg/anno
- Fissazione dovuta ad attività umane: 160 Tg/anno



Le attività umane contribuiscono dal 30 al 45 % rispetto alla fissazione totale dell'azoto

NOTA: 1Tg = 10^{12} g = 1 miliardo di Kg

Conseguenze dell'inquinamento da AZOTO

- Eutrofizzazione dei corpi idrici → bloom algale
- Perdita di biodiversità
- Formazione di ozono nella troposfera → effetti sulle foreste, sui raccolti e sulla salute umana
- Aumento dell'effetto serra dovuto agli scarichi di NO_x
- Acidificazione del suolo e delle acque

3. Il ciclo del fosforo

- Il fosforo è essenziale per molecole biologiche come **ATP** o **ADP**, per gli **acidi nucleici** e per i **fosfolipidi**.
- Il serbatoio del fosforo sono le **rocce** in cui si trova legato con l'ossigeno, sotto forma di fosfati.
- Quando rocce ricche di fosfati sono esposte ad agenti meteorici i fosfati si sciolgono e vengono messi in soluzione, così possono essere assorbiti dalle **piante** e da **organismi autotrofi**, che li incorporano in molecole biologiche.



Grazie ai produttori il fosforo entra nel rete alimentare e il ciclo si conclude con i **decompositori** che lo restituiscono all'acqua e alla terra come fosfato.

I fosfati disciolti in acqua finiscono negli oceani, dove vengono assorbiti dai produttori e ritrasferiti a pesci e invertebrati.

CICLO DEL FOSFORO

Fosforo: ruolo essenziale nella chimica della vita come

Componente

Mezzo per il trasferimento di energia

della molecola di DNA

delle membrane biologiche

ATP

ADP

Il ciclo non implica nessuna forma gassosa

L'apporto di fosforo nell'atmosfera è irrilevante

Non vi sono trasformazioni microbiche né cambiamenti di stato di ossidazione

Aerosol marino e polveri

Fosforo presente nel suolo deriva dall'alterazione di minerali stimolata da micorrize ed essudati radicali

Apatite
 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$

Del fosforo presente nel suolo una piccola quantità è disponibile per la comunità biotica

Il metabolismo si mantiene grazie al riciclo del fosforo organico

Le piante superiori ed i microrganismi rilasciano nel suolo enzimi fosfatasi che liberano il fosfato contenuto nella SO

Disponibilità fosfato: influenzata dal pH del mezzo

pH acido: composti insolubili con Fe ed Al

pH neutro: maggiore disponibilità

pH basico: composti insolubili con Ca

Ulteriore ostacolo: scarsa mobilità dello ione fosfato

Le comunità di simbiosi micorriziche

Sono importanti nella traslocazione del fosfato dal terreno alle piante

Il fosfato assorbito viene incorporato in diversi tipi di composti organici

Passa nelle catene alimentari

Gli animali eliminano l'eccesso di fosforo come sali nelle urine

L'uomo ha immesso nel ciclo una grossa quantità di fosforo estraendolo dalle rocce sedimentarie per produrre fertilizzanti!

Il flusso del fosforo dai fiumi ai mari è molto importante ed è aumentato per

Erosione

Inquinamento

Dilavamento fertilizzanti

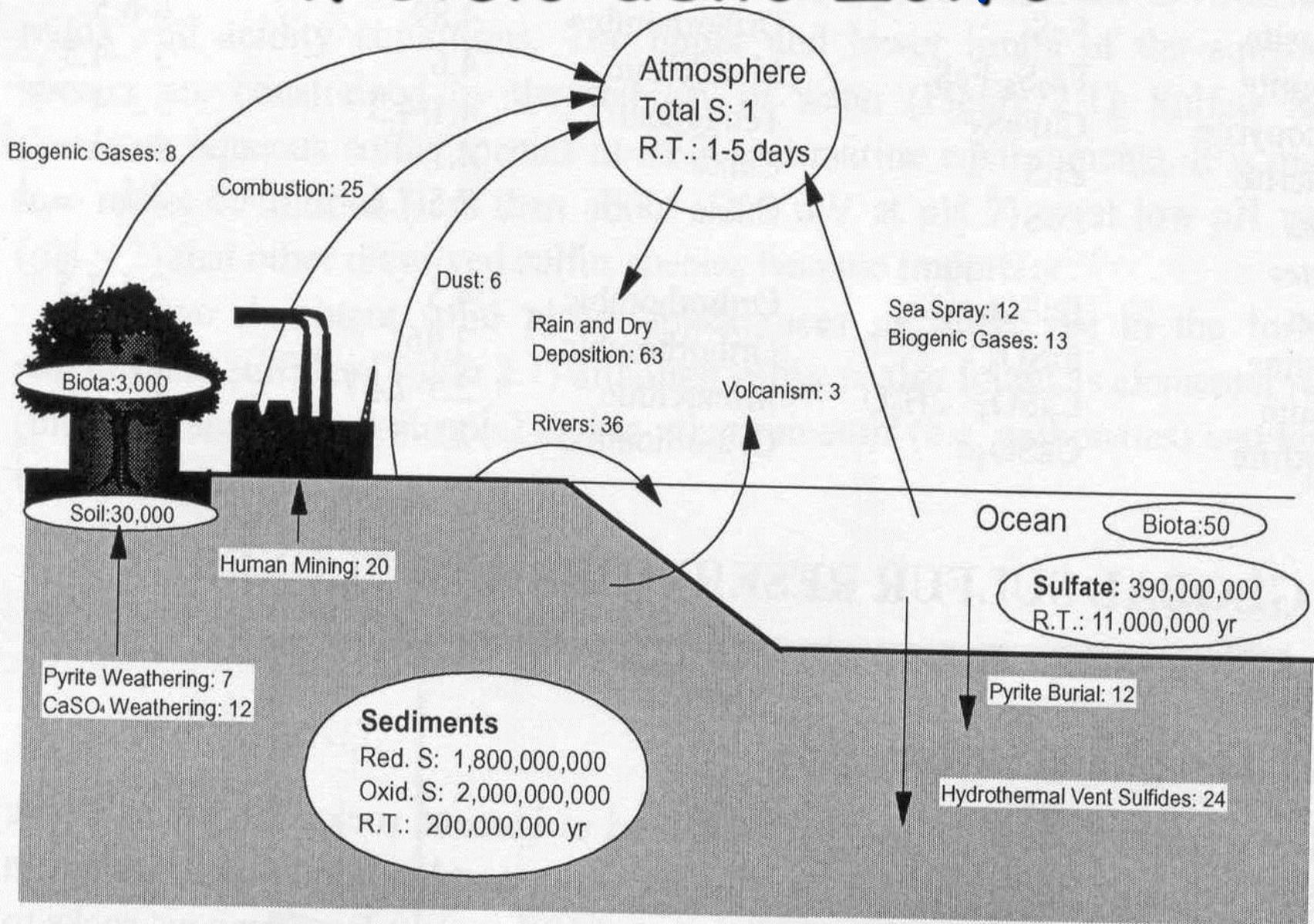
Quando il fosfato arriva al mare viene depositato nei sedimenti profondi

e viene escluso dal ciclo per centinaia di milioni di anni!

Una piccola parte del fosforo torna sulla terraferma grazie al guano

escrementi di uccelli che si nutrono di pesci

4. Ciclo dello Zolfo



Il ciclo dello Zolfo



CICLO DELLO ZOLFO

Zolfo: componente
fondamentale delle proteine

la biosfera contiene poco zolfo

Riserve principali

Rocce sedimentarie

Oceano (solfato)

Evaporiti da H₂O marine

Nel ciclo dello zolfo avvengono una serie di trasformazioni microbiche che comportano il cambiamento dello stato di ossidazione da +6 nel solfato a -2 nei solfuri

Le piante assorbono solfato

lo riducono

Lo incamerano negli aminoacidi
cisteina e metionina e quindi
nelle proteine

Lo zolfo incamerato nella SO
fluisce nella catena alimentare
e ritorna in ciclo

come solfato per effetto della
degradazione microbica

come escrezioni animali
(poco)

Le forme gassose dello zolfo hanno vita molto breve nell'atmosfera

Subiscono l'ossidazione a solfato che viene depositato dalle precipitazioni su terre ed oceani

Lo zolfo è poco abbondante nell'atmosfera ma il flusso è di notevole entità

Con l'estrazione e l'utilizzazione dei combustibili fossili l'



mobilita enormi quantità di zolfo

facendo aumentare lo zolfo ossidato a spese di quello ridotto

Importanti sono le immissioni SO_2 responsabili delle piogge acide

Metà dello zolfo immesso nell'atmosfera dalle terre emerse viene ridepositato con precipitazioni

Il rimanente è trasportato nel mare

Dall'attività antropica viene un quarto del solfato nei fiumi, il resto da rocce e dilavamento

Il mare accumula solfato 10^{14} g zolfo per anno

Gli oceani sono la fonte principale di **DMS** nell'atmosfera

Questo gas è responsabile dell'odore di mare delle zone costiere

Deriva dalla decomposizione del fitoplancton

Contribuisce per il 50 % alle immissioni biotiche di zolfo nell'atmosfera

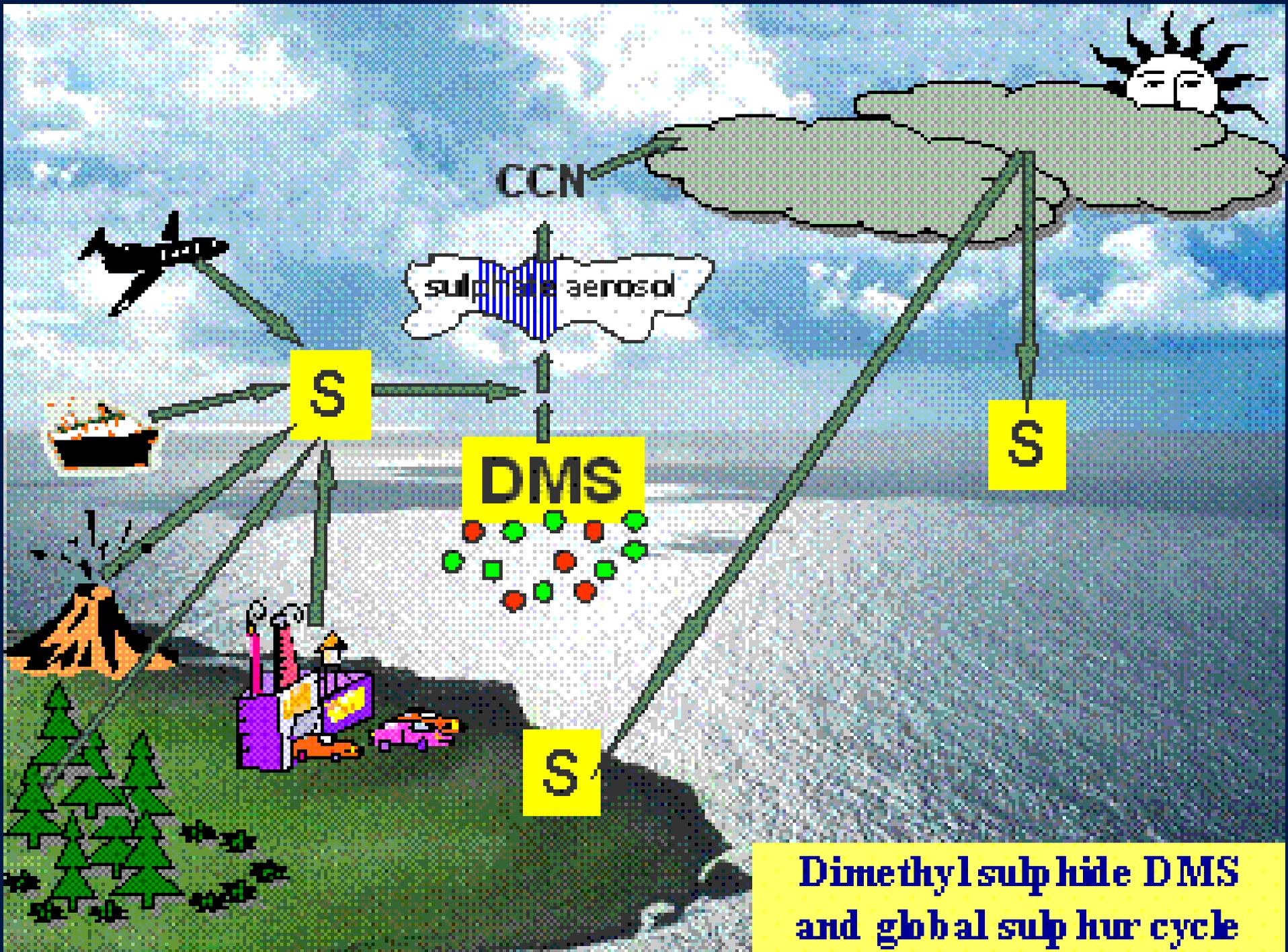
Nell'atmosfera DMS si ossida a Solfato

Il **DMS** influenza il clima perché la sua ossidazione a solfato fa aumentare i nuclei di condensazione (CCN) nell'atmosfera

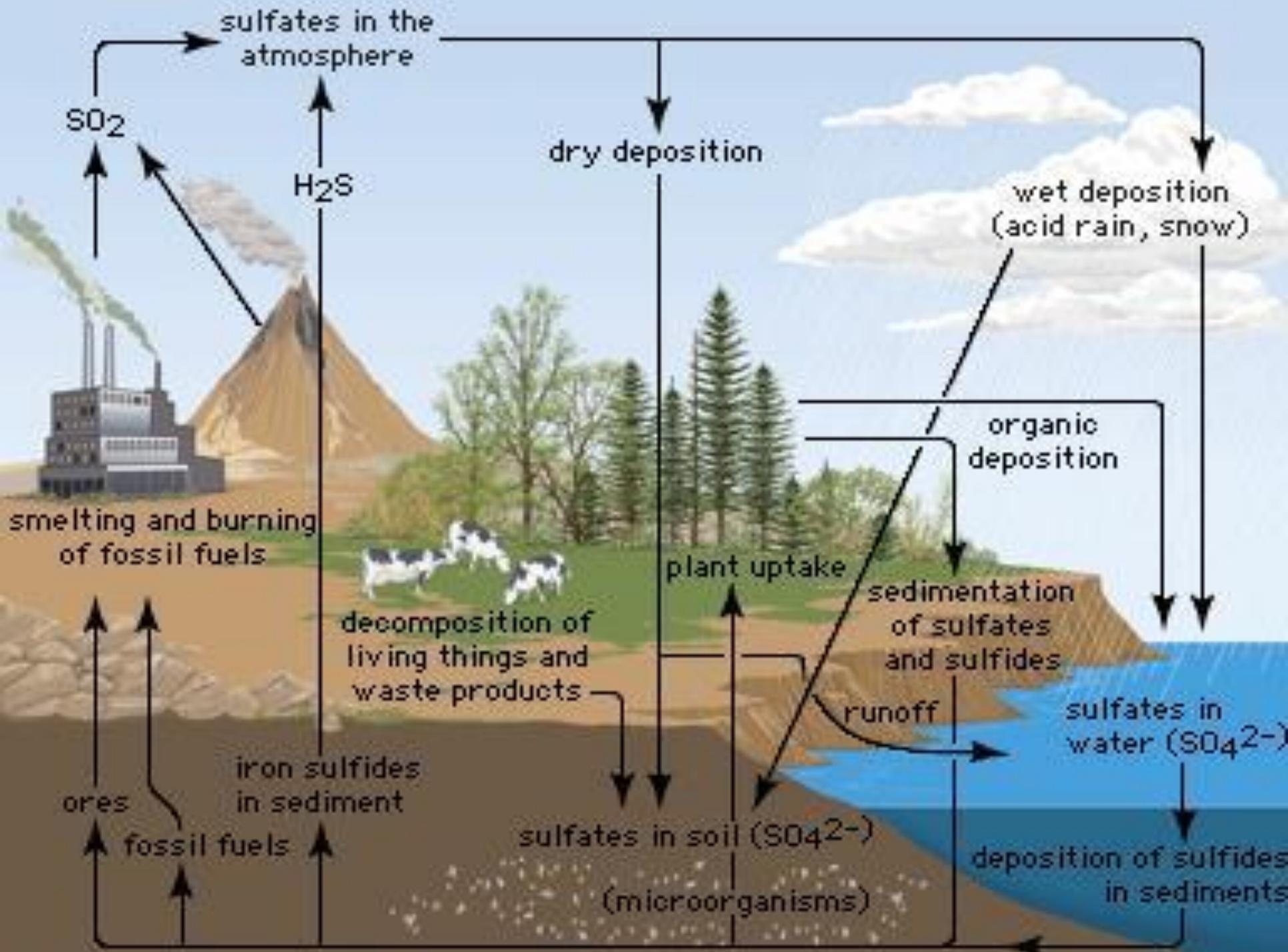
Aumento della nuvolosità

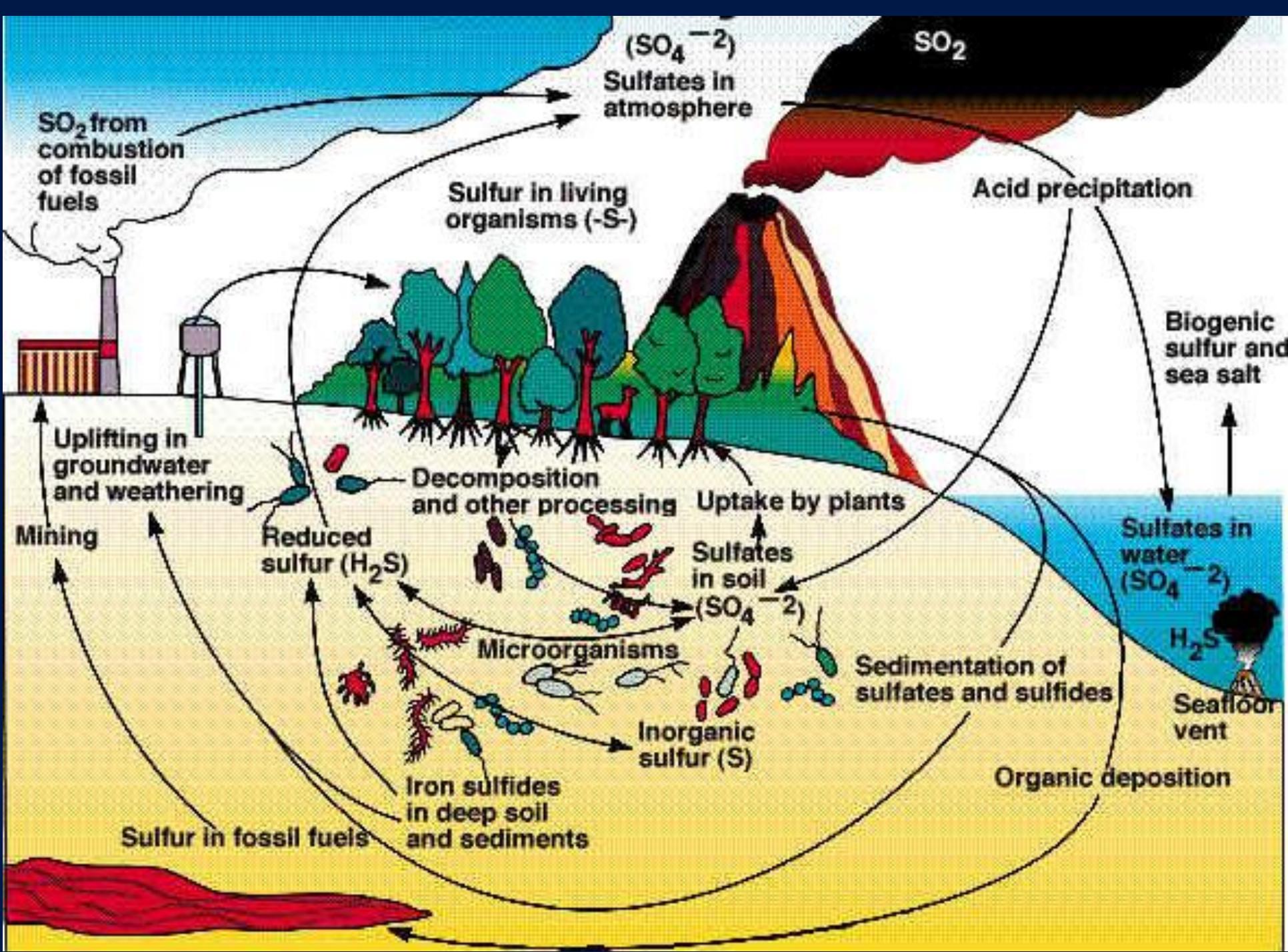
Le nuvole riflettono la radiazione solare causando il raffreddamento globale della terra

Il **DMS** e le emissioni di **SO₂** antropogeniche avrebbero quindi un effetto di contrasto sull'effetto serra



**Dimethyl sulphide DMS
and global sulphur cycle**





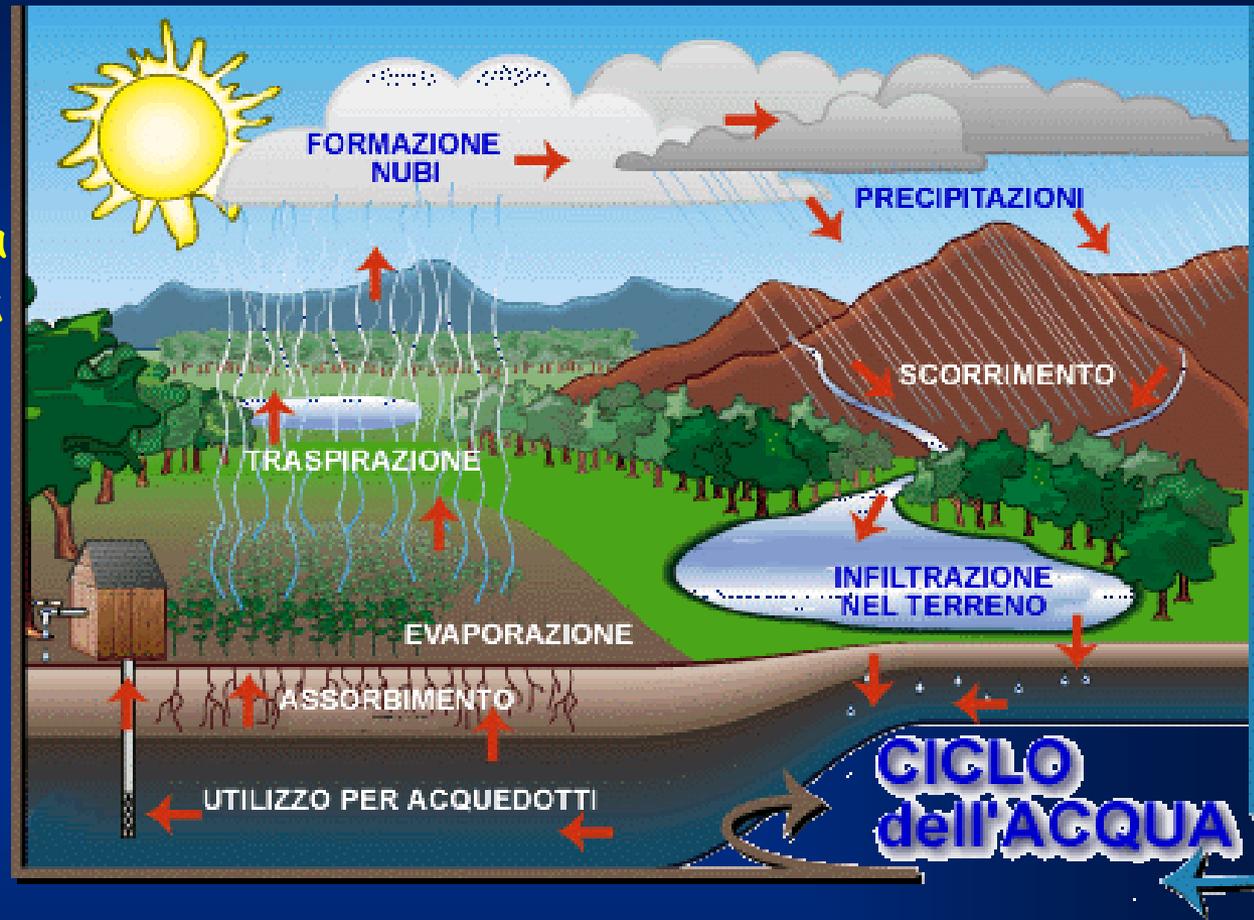
5. CICLO DELL'ACQUA

Il ciclo dell'acqua è un ciclo gassoso che consiste nella circolazione dell'acqua tra atmosfera, terra, acque superficiali, acque sotterranee ed organismi viventi, includendo i cambiamenti di stato fisico dell'acqua tra le fasi liquida, solida e gassosa.

Il ciclo idrologico è il più semplice dei cicli perché gran parte dell'acqua non subisce trasformazioni chimiche.

Il più grande serbatoio d'acqua è l'oceano.
Il ciclo è mosso dall'energia solare che fa evaporare l'acqua e dalla forza di gravità che riporta l'acqua al suolo come precipitazioni.

Il corpo dei viventi è composto per circa il 70% di acqua quindi anche gli ecosistemi rientrano nel ciclo idrologico.



L'acqua è assorbita dalle **piante** e ritorna in atmosfera per evaporazione dalle foglie.
Gli **organismi eterotrofi** la ricavano dal cibo o la bevono direttamente.

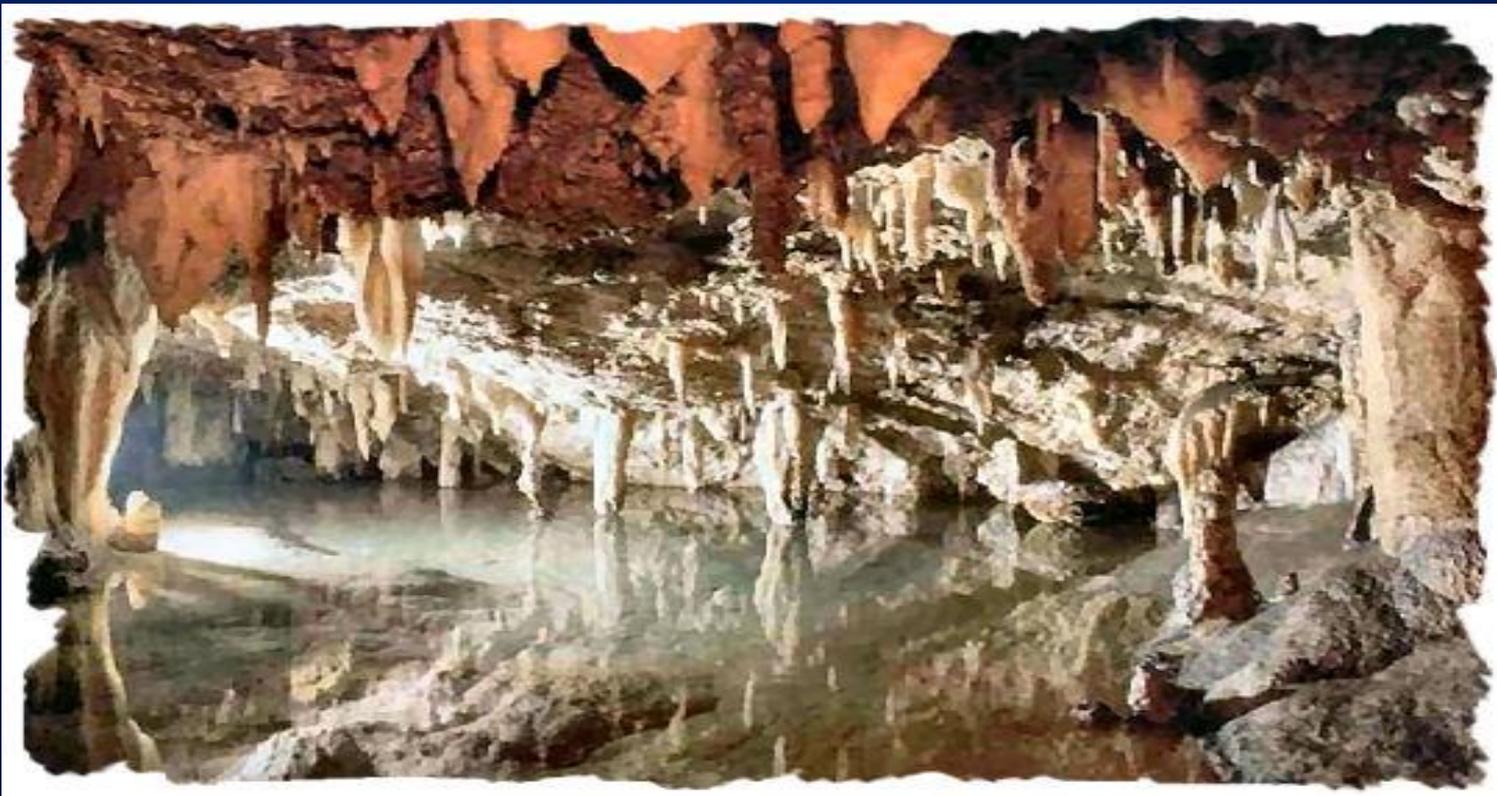
CICLO DELL'ACQUA



- L'acqua segue questi processi fisici: evaporazione, condensazione, precipitazione, infiltrazione, scorrimento e flusso sotterraneo.
- Dal momento del suo arrivo nel mare una molecola d'acqua ci mette in media 2.000 anni per rievaporare
- Rimane nell'atmosfera mediamente 12 giorni prima di condensare e precipitare nuovamente come pioggia, neve o grandine ed infiltrarsi nel suolo.

CICLO DELL'ACQUA

- La quantità di acqua che si infiltra nel terreno dipende principalmente dalla permeabilità del suolo o della roccia.
- Le acque sotterranee tendono a muoversi molto lentamente infatti possono ritornare alla superficie anche dopo 10.000 anni: in questi casi si tratta di "acque fossili".



CICLO DELL'ACQUA

- Sotto l'azione della forza di gravità l'acqua ritorna alla superficie ad altezze inferiori a quella del punto di infiltrazione.
- Poi inizia lo scorrimento, tramite il quale l'acqua superficiale si muove, in pendenza, verso il mare ma può stazionare nei laghi per un certo tempo.
- Non tutta l'acqua ritorna al mare per scorrimento; gran parte evapora prima di raggiungere il mare.



CICLO DELL'ACQUA



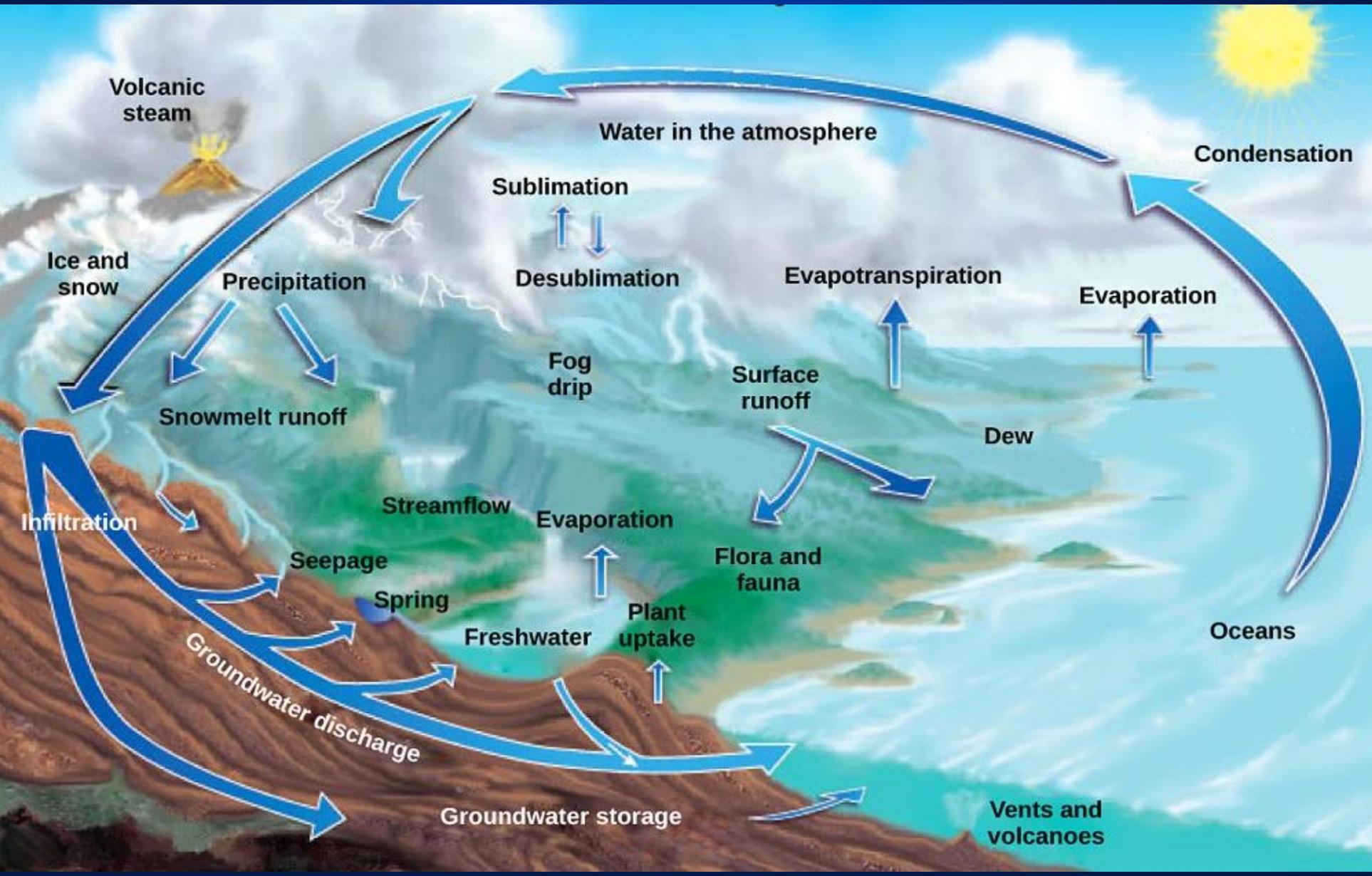
EFFETTO DI REGOLAZIONE DEL CLIMA

L'acqua riceve energia dal Sole che, facendo evaporare l'acqua presente negli oceani, ne riduce la temperatura. Senza l'effetto di raffreddamento generato dagli oceani l'effetto serra porterebbe la temperatura superficiale del nostro pianeta a 67 °C.

CICLO DELL'ACQUA

- A causa del riscaldamento globale sono aumentati i tassi di evaporazione e precipitazione.
- Si assiste anche ad una costante ritirata dei ghiacciai, poichè l'apporto di acqua ai ghiacciai non è sufficiente a compensarne la perdita per scioglimento e sublimazione.
- A partire dal 1850, anno in cui è terminata la piccola era glaciale iniziata nel XIV secolo, il ritiro dei ghiacci è stato notevole.
- Attività umane che possono alterare il ciclo idrologico:
 - Agricoltura
 - Inquinamento atmosferico
 - Costruzione di dighe
 - Deforestazione
 - Estrazione dell'acqua dalla falda freatica mediante pozzi
 - Sottrazione di acqua dai fiumi
 - Urbanizzazione

CICLO DELL'ACQUA



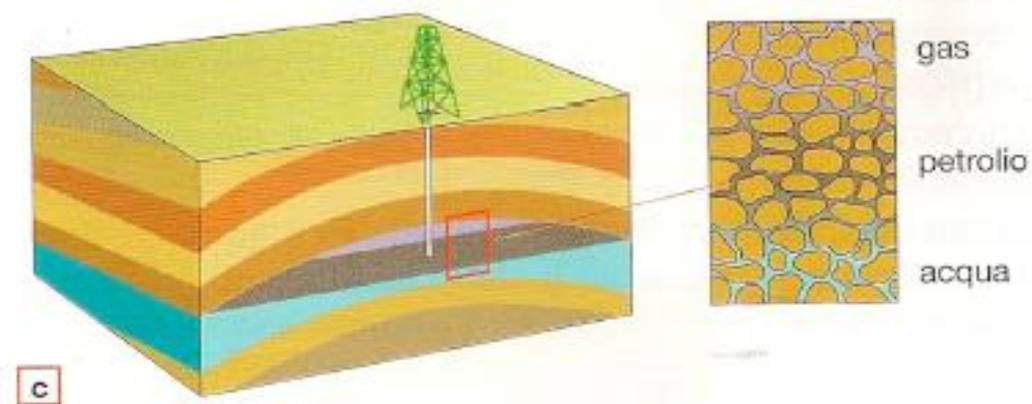
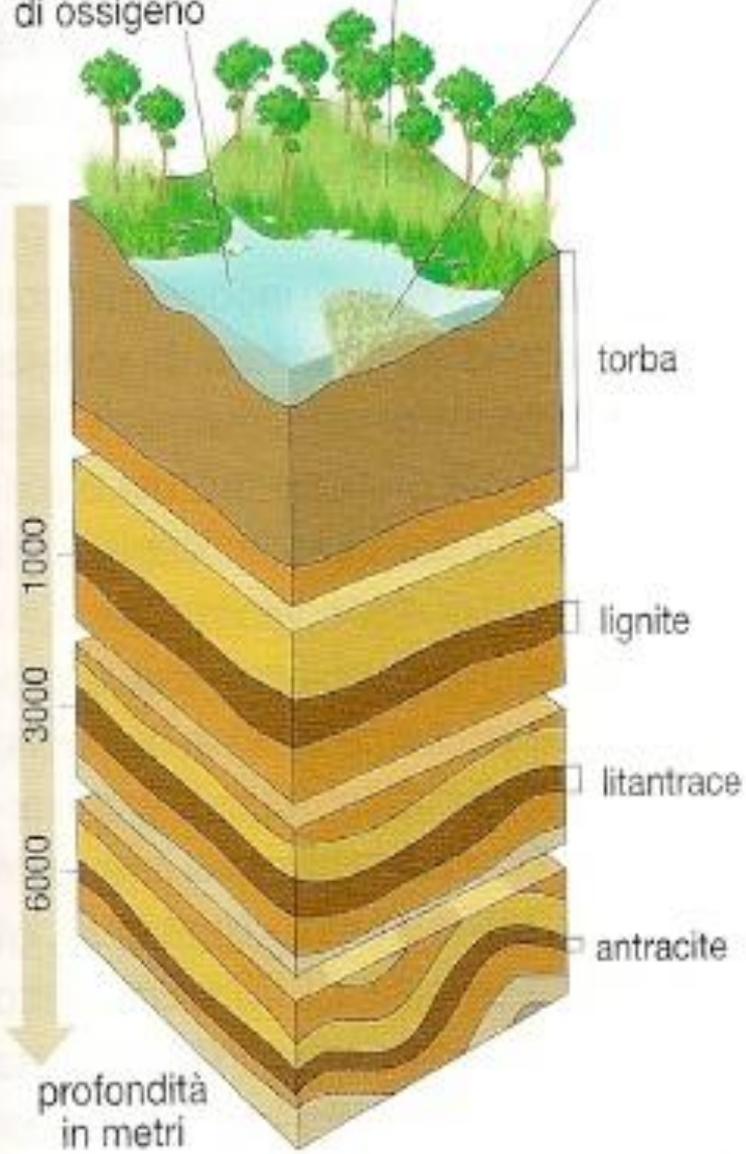
INTERFERENZE DELL'UOMO NEL FLUSSO DELL'ENERGIA E NEI CICLI DEI NUTRIENTI

- I combustibili fossili sono rocce sedimentarie organogene.
- I materiali organici ricoperti da sedimenti argillosi impermeabili (tali da bloccare la decomposizione operata dall'ossigeno) si conservano e possono subire una trasformazione più lunga, rispetto a quanto avviene per le altre rocce organogene (carbonatiche e silicee).
- Possono originare:
 - **Carboni fossili** (resti di origine vegetale sottoposti all'azione di batteri anaerobi su fondali salmastri).
 - **Giacimenti di idrocarburi** (sostanze organiche che, depositatisi sui fondali marini, hanno subito l'azione da parte di batteri anaerobi).

acqua stagnante
povera
di ossigeno

vegetazione
palustre

resti
vegetali



- I popoli primitivi vivevano esclusivamente grazie al flusso di energia proveniente dal Sole e producevano pochi rifiuti che l'ambiente poteva reintrodurre facilmente nel ciclo dei nutrienti
- Col progresso tecnologico e l'aumento della popolazione i soli processi naturali non sono più in grado di sostenere le necessità dell'uomo
- A partire dalla rivoluzione industriale, a metà ottocento, è iniziato lo sfruttamento dei combustibili fossili come fonte di energia primaria
- Il ricorso a questi ha, in massima parte, causato l'insorgenza di alcuni problemi ambientali.

Alterazioni dei cicli biogeochimici indotte da attività umane

Le attività umane hanno modificato in modo sostanziale sia le quantità degli elementi in circolo sia la modalità di presenza e di diffusione di questi elementi negli ecosistemi

CONSEGUENZE: livelli superiori alla media di taluni elementi possono essere tossici per gli organismi o provocare cambiamenti ambientali

Le modificazioni dei cicli biogeochimici operate dall'uomo possono causare:

- EFFETTI A LIVELLO LOCALE come l'eutrofizzazione in un lago
- EFFETTI A LIVELLO REGIONALE come le piogge acide
- EFFETTI A LIVELLO GLOBALE come il cambiamento del clima (Global Change)

Modifica dei cicli di P e N

Eutrofizzazione dei corpi idrici



Accumulo di composti di Fosforo e Azoto
in corpi idrici recettori di acque reflue o
di acque di dilavamento di aree agricole

L'eutrofizzazione è un effetto locale

La nostra specie, che tende a concentrarsi nelle aree dove vi è disponibilità d'acqua, immette direttamente o indirettamente grandi quantità di nutrienti nei laghi e nei fiumi.

Gran parte di questi nutrienti sono fosfati provenienti da rifiuti domestici e industriali

Una parte consistente deriva dall'uso di fertilizzanti in agricoltura

Alcuni nutrienti arrivano con le precipitazioni

Sono le attività umane che hanno nettamente aumentato le quantità di nutrienti che entrano nelle raccolte di acqua dolce

Problemi di eutrofizzazione in Adriatico...già visti



Modifica dei cicli di S e N

Accumulo di Acido Solforico (H_2SO_4) ed
Acido Nitrico (HNO_3) in atmosfera



PIOGGE ACIDE

Le piogge acide sono un effetto regionale

Un'alterazione causata dalle attività umane su due importanti cicli biogeochimici, con un importante effetto regionale è rappresentato dalle **piogge acide** → pioggia o neve il cui pH risulta inferiore alla norma per la presenza di acido solforico (H_2SO_4) e acido nitrico (HNO_3)

Questi composti, derivati in larga misura dalla combustione di combustibili fossili, entrano nell'atmosfera e possono essere trasportati per centinaia di chilometri prima di ritornare sulla superficie terrestre con la pioggia o insieme a materiale particolato

- Le piogge acide sono causate dal sovraccarico di due cicli biogeotermici S e N: ogni anno vengono scaricate nell'atmosfera milioni di tonnellate di biossido di zolfo e di ossidi di azoto

- Nell'atmosfera SO_2 e gli ossidi di azoto si combinano con il vapore acqueo, formando rispettivamente acido solforico (H_2SO_4) e acido nitrico (HNO_3).

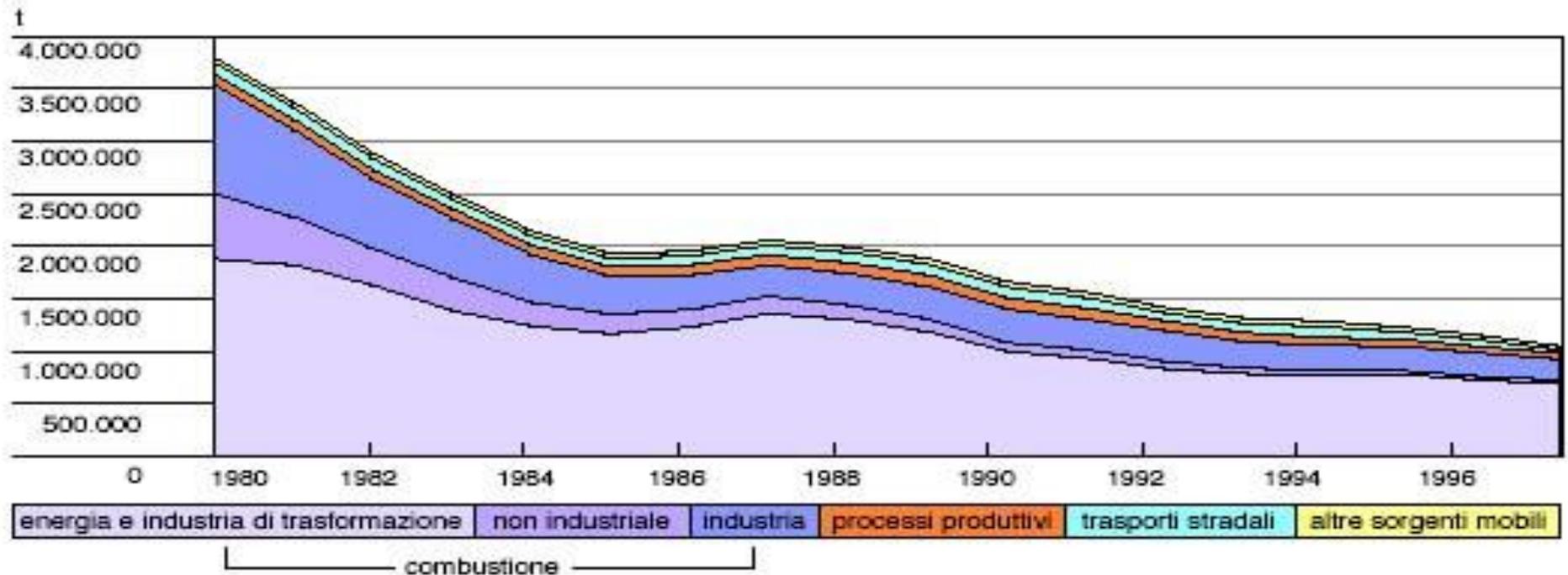
- La soluzione, che ricade al suolo come gocce di pioggia, o particelle di dimensioni microscopiche, provoca i danni anche ad edifici e statue.



Statua calcarea con danno determinato da piogge acide

- I danni maggiori sono però procurati all'ambiente, in quanto le piogge acide:
 - Aumentano il grado di acidità dei laghi, rendendoli incompatibili con la vita di molti organismi.
 - Interferiscono con la crescita delle piante (le indeboliscono e le rendono vulnerabili).
 - Espongono animali e piante all'azione di alcuni metalli tossici, solubili in acqua acidificata (alluminio, mercurio, piombo).

Emissioni di biossido di zolfo (SO_2) in Italia per macrosettore (tonnellate), 1980-1997



Gli effetti delle deposizioni acide sono:

- danni ecologici ai sistemi terrestri se il pH scende al di sotto di 5
- danni per sistemi acquatici se pH è inferiore a 5.5
- aumento di malattie dell'apparato respiratorio (es. bronchiti e asma)
- danni alle parti metalliche di automobili ecc.

Il problema riguarda tutti i principali paesi industrializzati, in particolare le regioni orientali del Nord-America

In Scandinavia sono dovute alla presenza delle industrie in Inghilterra e in Germania

Nel New England, il pH normale delle precipitazioni è circa 5.6, però è sceso a un valore medio di circa 4.1, raggiungendo in alcuni casi di forte tempeste valori addirittura di 3.0

Precipitazioni con un pH di 3.0 o meno provocano danni diretti alle foglie delle piante, riducendo i tassi di fotosintesi

Nell'Europa centrale le piogge acide hanno provocato danni più o meno consistenti al 15-20% delle foreste

Effetti del tempo

Emissioni

Deposizioni acide

SO₂
H₂O₂
PAN

NO_x
O₃
Altri

Tempo secco

Scarse precipitazioni

Danni diretti sulle foglie e sugli "aghi"

Danni alla corteccia

Aumento della evapotraspirazione

Aumento della traspirazione

Acidificazione del suolo

Nitrati

Solfati

Magnesio

Alluminio

Calcio

Potassio

Acidi

Rilascio di ioni di metalli tossici

Lisciviazione di nutrienti del suolo

Acidi e nutrienti del suolo

Danni alle radici più piccole

Morte di microrganismi essenziali del suolo

Disturbo all'assunzione di nutrienti

Disturbo all'assunzione di acqua

Carenza di acqua

Mancanza di nutrienti

Aumento della sensibilità a gelo, insetti nocivi, funghi, licheni e malattie

Morte di foglie e "aghi"

Fotosintesi e crescita ridotte

Danni alle radici degli alberi

Morte degli alberi

Acque sotterranee

Lago

Conseguenze delle piogge acide

Sulla vegetazione

L'aggressione nei confronti delle piante è duplice. Può avvenire attraverso le foglie, oppure attraverso modificazioni nella composizione chimica del terreno.

Nelle foglie si accumulano inutilizzati i solfiti che, ad alta concentrazione, causano la distruzione della clorofilla, il collasso delle cellule e la necrosi dei tessuti; nel terreno acidificato, invece, si libera lo ione alluminio che è in grado di sostituire il calcio dai suoi siti di legame sui peli radicali delle piante; avviene una diminuzione dell'apporto dei nutrienti e la pianta si indebolisce notevolmente, esponendosi all'attacco di insetti, malattie e variazioni climatiche eccessive.

Effetti delle piogge acide sulle foglie



Sui materiali

Le precipitazioni acide svolgono sia un'azione di tipo corrosivo, sia un'azione prettamente meccanica di dilavamento del materiale reso friabile e solubile dagli acidi.

I materiali soggetti all'azione erosiva delle piogge acide sono: pietra calcarea, cemento armato, ferro, rame, ...





HANC BI VIVENTI FERRA
RIAGRATA COIVMNA



1908



1969

PORTALE S. Maria in Vado- Ferrara

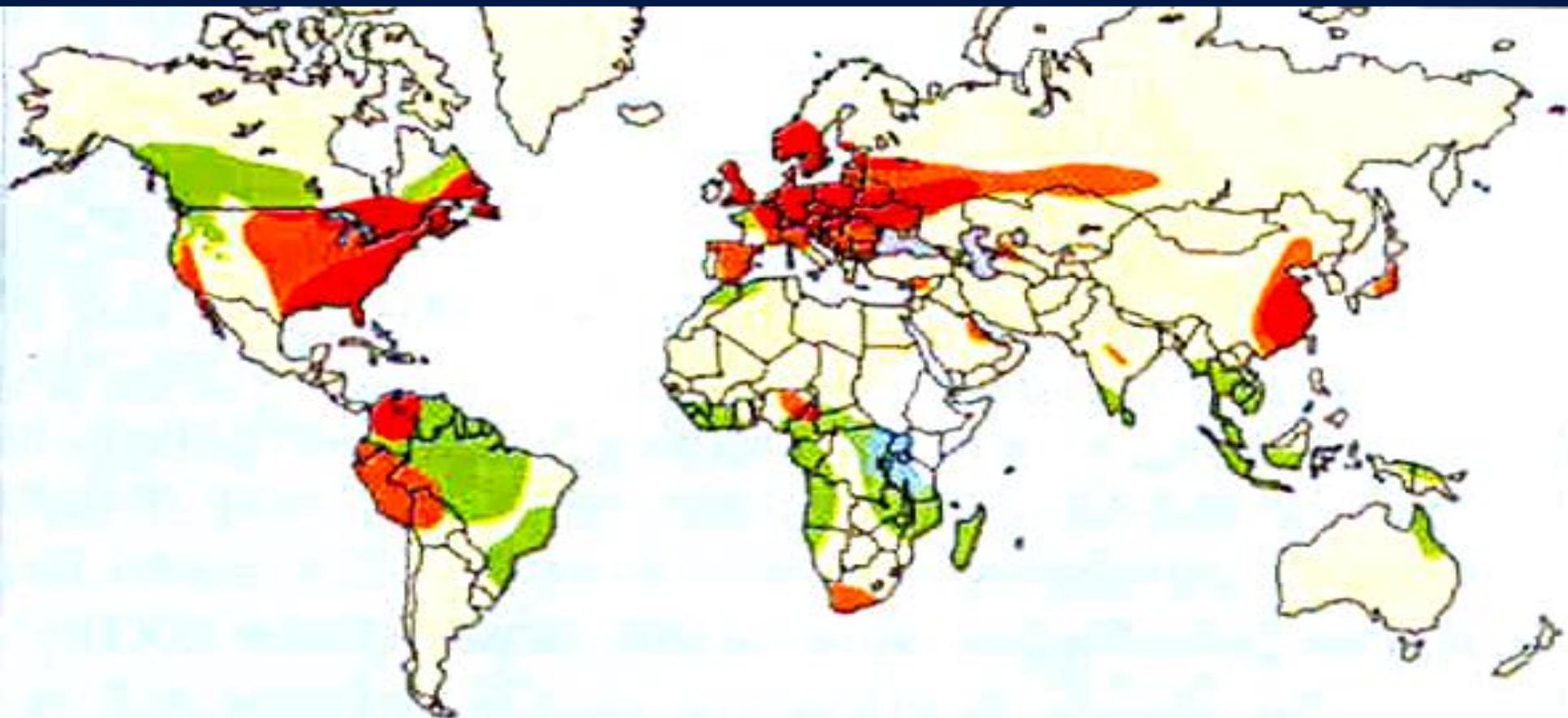




Sull'uomo

Le precipitazioni acide non rappresentano un pericolo diretto per la salute umana. Possono insorgere dei danni alla salute indirettamente, cioè nel caso in cui ci si nutra di alimenti provenienti da acque acide, per esempio pesci che abbiano accumulato nel loro corpo grandi quantità di metalli tossici (alluminio, manganese, zinco, mercurio, cadmio) liberati dai suoli e dilavati nelle acque per effetto dell'acidificazione.

In ogni caso, i danni più gravi sono provocati dagli inquinanti che causano le piogge acide (il biossido di zolfo e gli ossidi d'azoto), che interagiscono nell'atmosfera formando delle particelle di solfati e nitrati che possono essere trasportate anche a grande distanza dai venti; queste particelle possono poi essere ispirate e così penetrare in profondità nei polmoni.



Suoli sensibili, aree con problemi potenziali



Aree con inquinamento atmosferico: le emissioni causano le deposizioni acide



Aree che presentano problemi (compresi laghi e fiumi)

Secondo la maggior parte degli scienziati la soluzione migliore è la *prevenzione* che include:

- la riduzione dell'uso dell'energia e quindi dell'inquinamento dell'aria con il miglioramento dell'efficienza,
- il cambiamento dal carbone al gas naturale meno inquinante e alle risorse di energia rinnovabile,
- la rimozione dello zolfo prima di essere bruciato,
- l'uso di carbone a basso tenore di zolfo,
- la rimozione del particolato di SO_2 e di ossidi di azoto dai gas delle ciminiere,
- la rimozione degli ossidi di azoto dai gas di scarico dei veicoli
- la tassazione delle emissioni di SO_2 (un simile approccio ha ridotto queste emissioni del 30% in Svezia tra il 1989 e il 1996).

Modifica del ciclo del carbonio

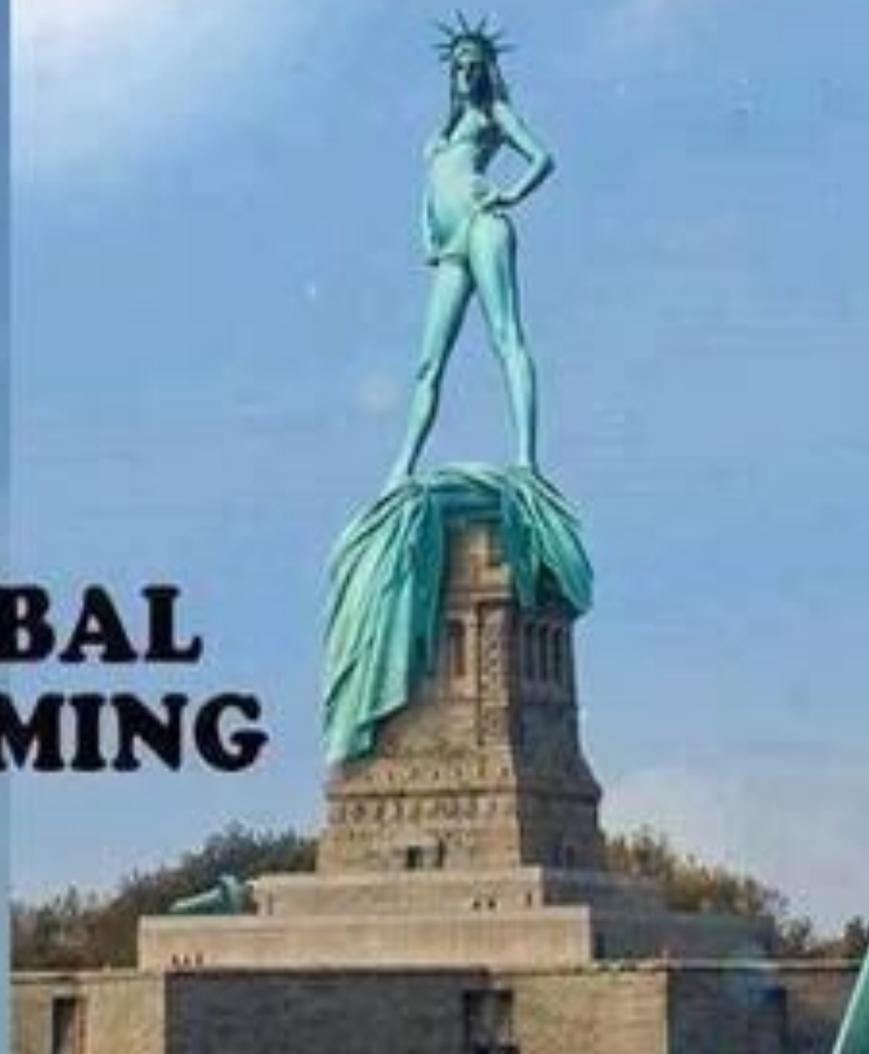
Accumulo di anidride carbonica in
atmosfera per utilizzo di giacimenti
carboniferi e petroliferi a scopo
energetico



EFFETTO SERRA



**GLOBAL
WARMING**



Le alterazioni del ciclo del carbonio rappresentano un effetto globale

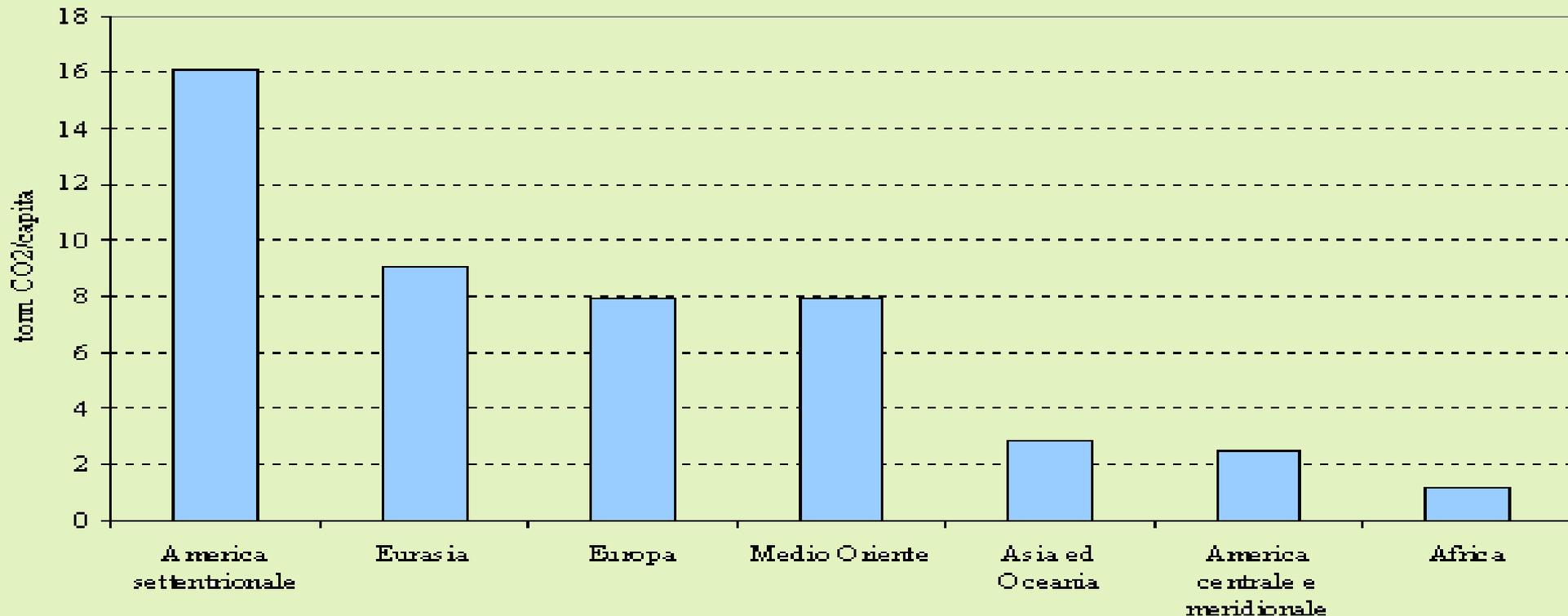
Il ciclo biogeochimico più alterato dalle attività umane è quello del carbonio.

Dal 1958 i climatologi hanno effettuato vari rilevamenti come misurazioni delle concentrazioni di CO_2 nell'atmosfera sul monte Mauna Loa nelle Hawaii → le concentrazioni segnano un lento ma costante aumento.

150 anni fa (prima della rivoluzione industriale) la concentrazione di anidride carbonica nell'atmosfera era circa 265 ppm → Oggi è 350 ppm

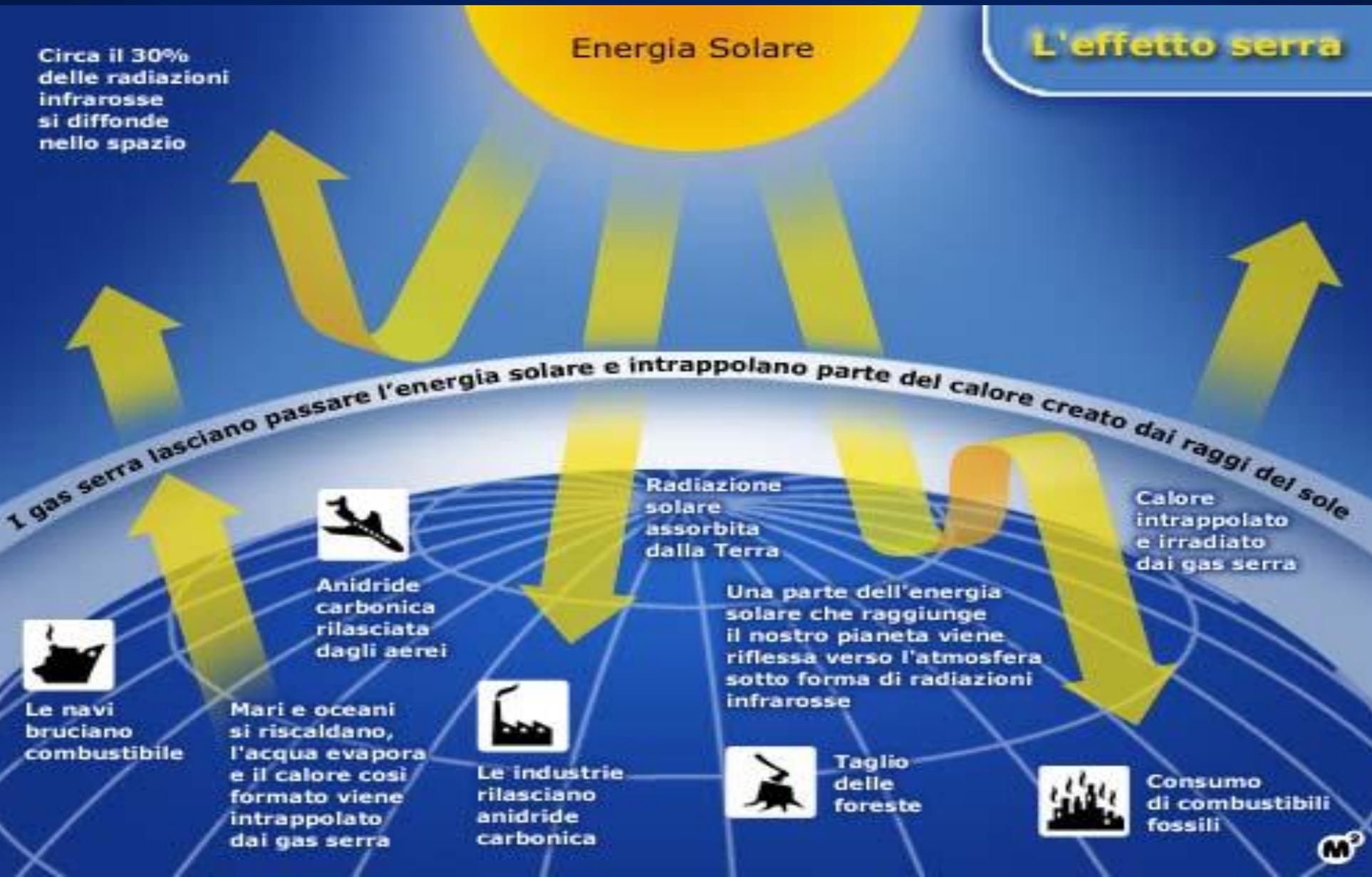
- L'effetto serra è prodotto dalle interferenze con il ciclo del carbonio.
- L'accumulo di CO_2 nell'atmosfera è ascrivibile a due attività umane:
 - Impiego dei combustibili fossili
 - Deforestazione su grande scala

Emissioni pro capite di CO_2 da consumo di fonti fossili (2005)



Fonte: Elaborazioni RIE su dati Department of Energy - Energy Information Administration.

Come in una serra la CO_2 compie la stessa funzione delle pareti di vetro: le radiazioni solari la attraversano ma quelle riflesse dalla terra non riescono ad attraversarla e l'atmosfera si riscalda.

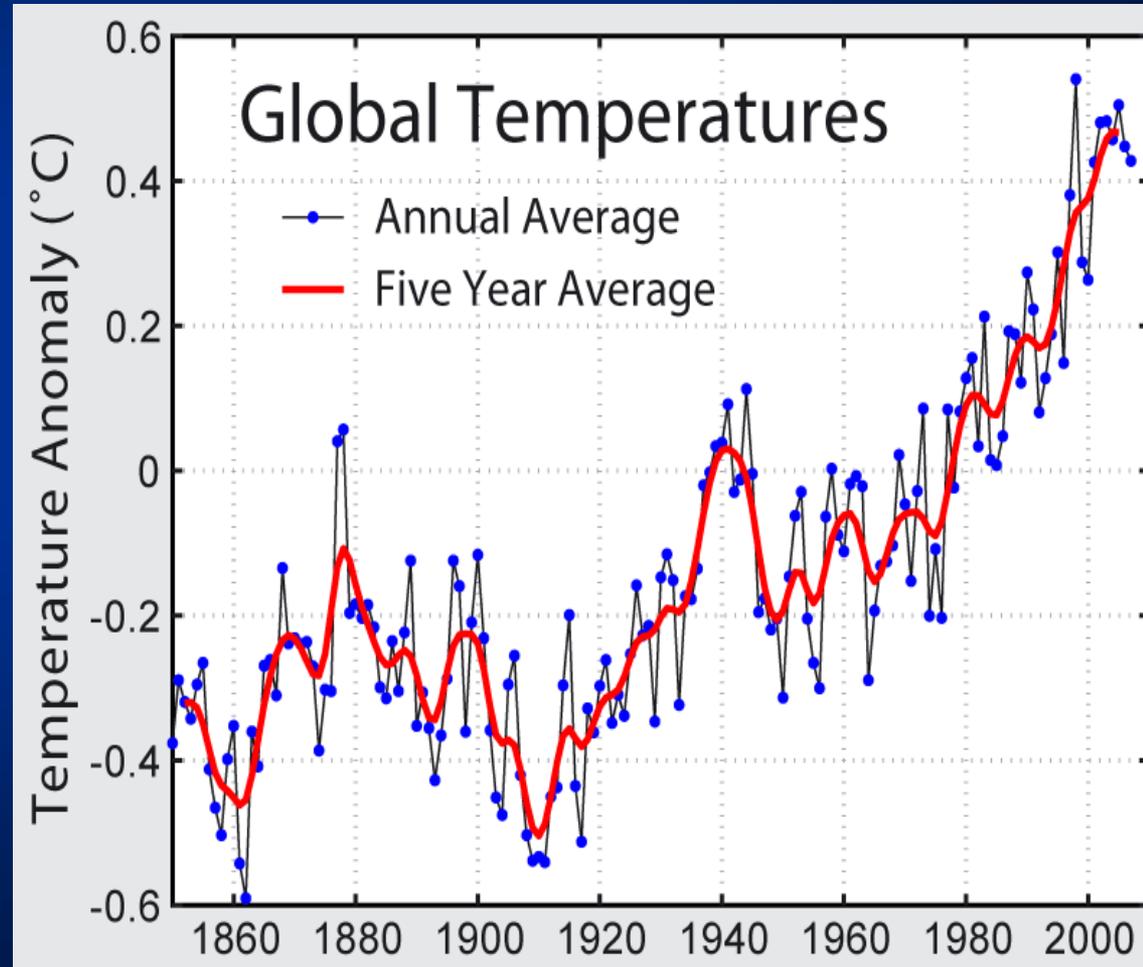


Conseguenze del surriscaldamento globale sono:

1. Scioglimento delle calotte polari e dei ghiacciai con aumento del livello del mare

2. Spostamento delle fasce climatiche con variazioni nella temperatura media e nella piovosità che potrebbero determinare:

- Crollo dell'agricoltura
- Danni notevoli alle foreste



...CI SONO STATI ANCHE MOMENTI DI RAFFREDDAMENTO

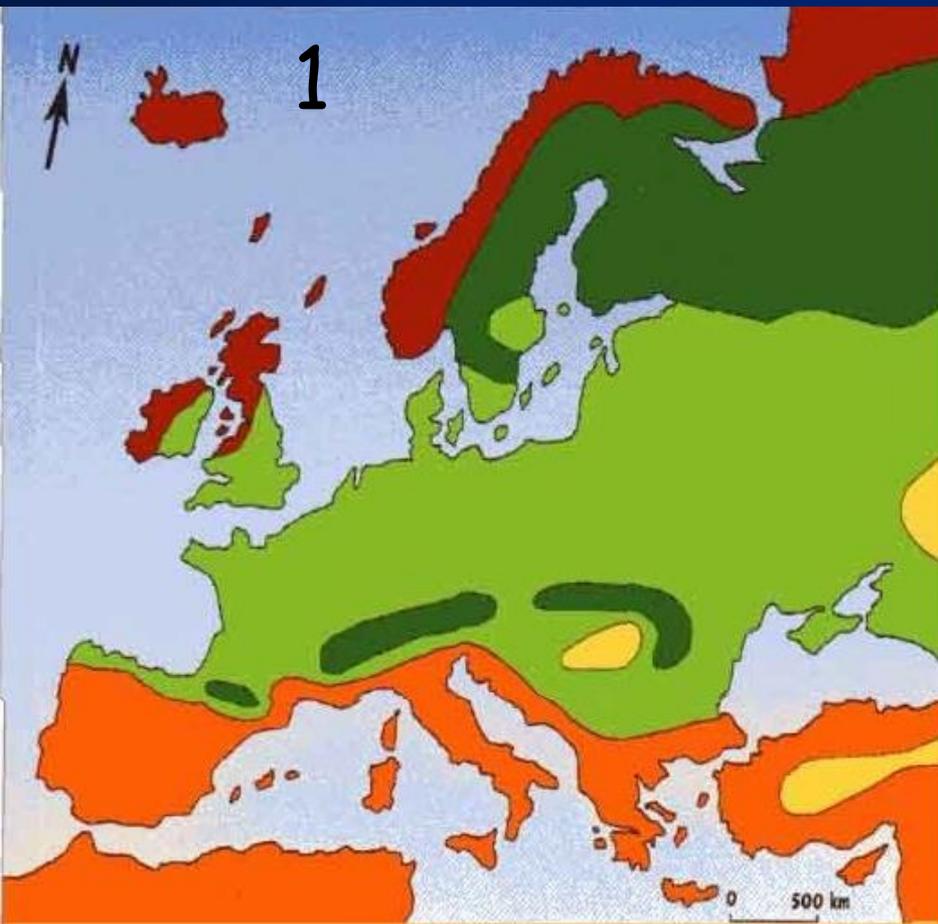
DURANTE LE GLACIAZIONI DEL QUATERNARIO LA TEMPERATURA MEDIA DELLA TERRA ERA DI SOLI 4 - 5 °C INFERIORE A QUELLA DI OGGI



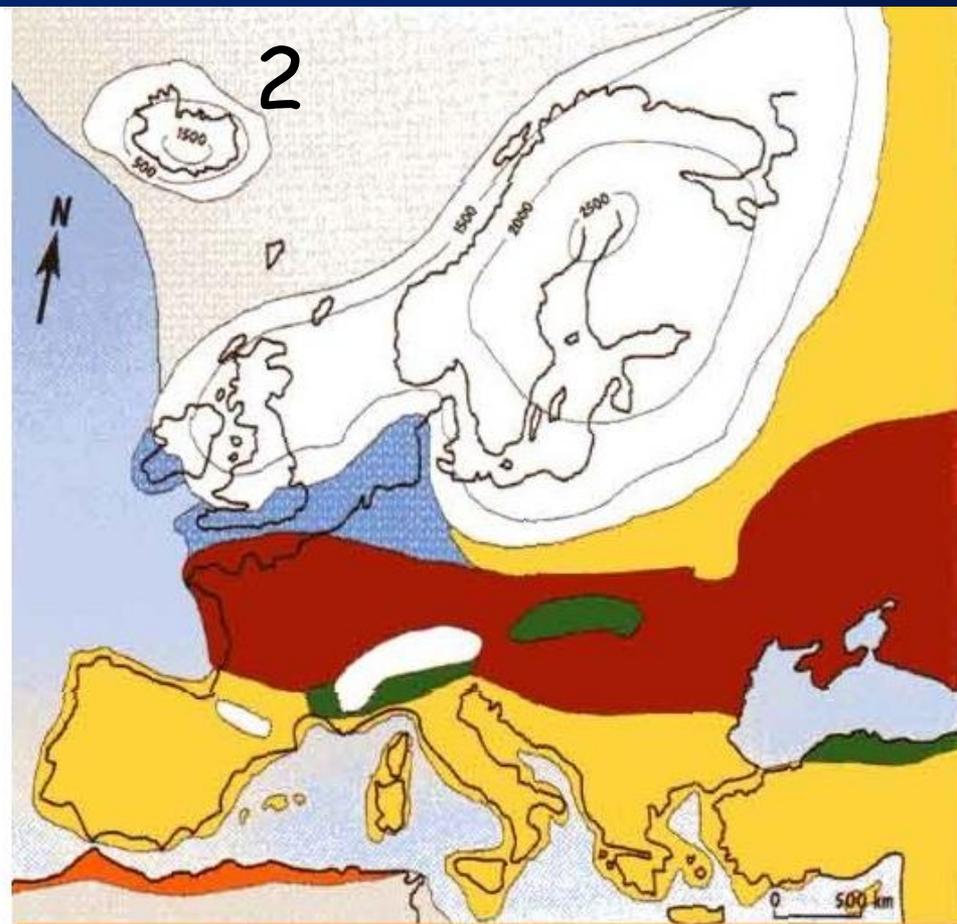
AMERICA DEL NORD ED EUROPA 20.000 ANNI FA - ULTIMA FASE WURM

E L'EFFETTO SULLE COSTE

1. Ingressione

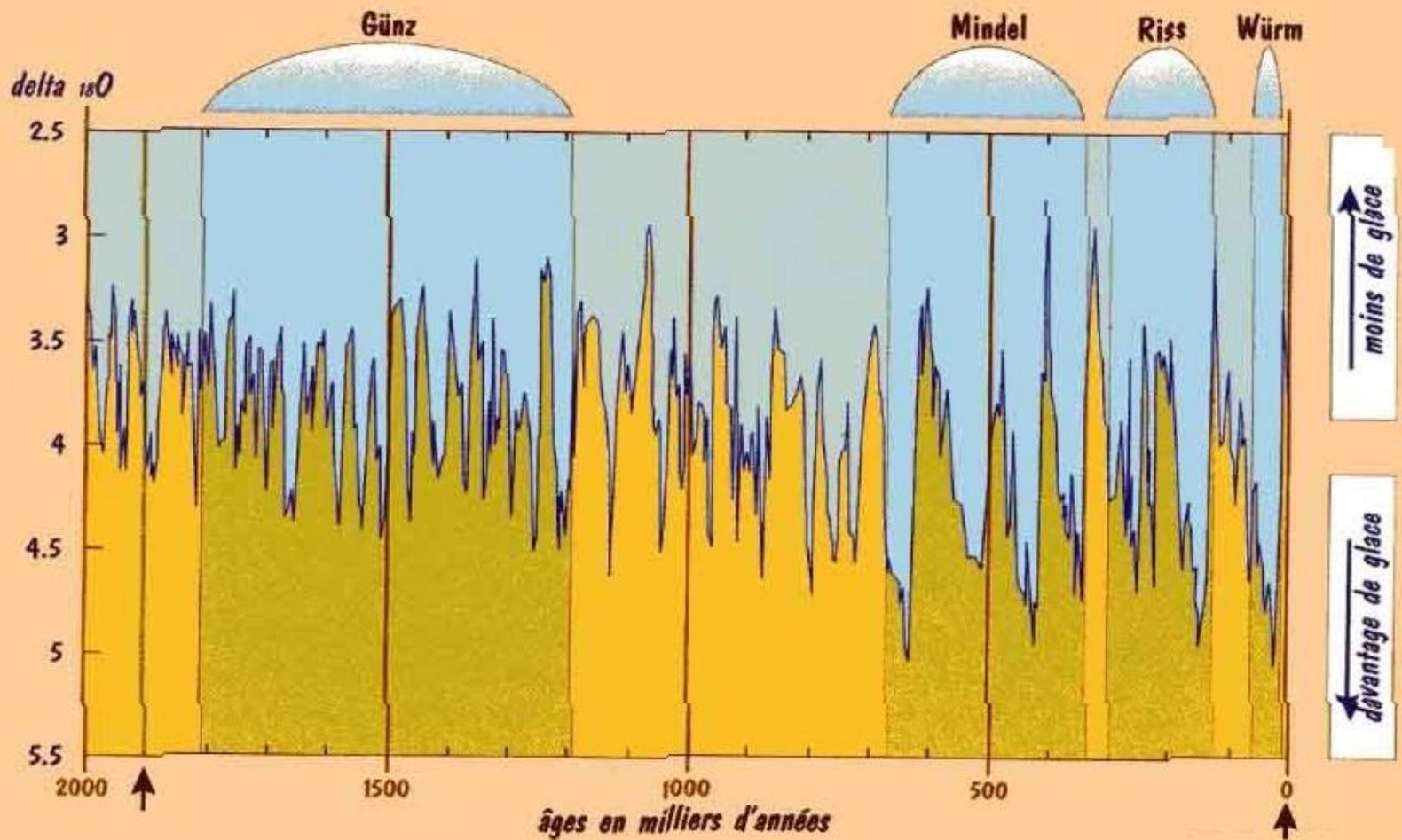


2. Regressione



Ma non si è trattato di un semplice
abbassamento di temperatura.....ma di una
serie di oscillazioni come vedete nella
prossima slide

Phases glaciaires classiques



Inizio del
quaternario

1,8 Ma

Attuale

E... circa 6.000 anni fa la temperatura era di 2 °C superiore a quella attuale

Variazioni modeste della temperatura (di pochi gradi) determinano drastici cambiamenti climatici

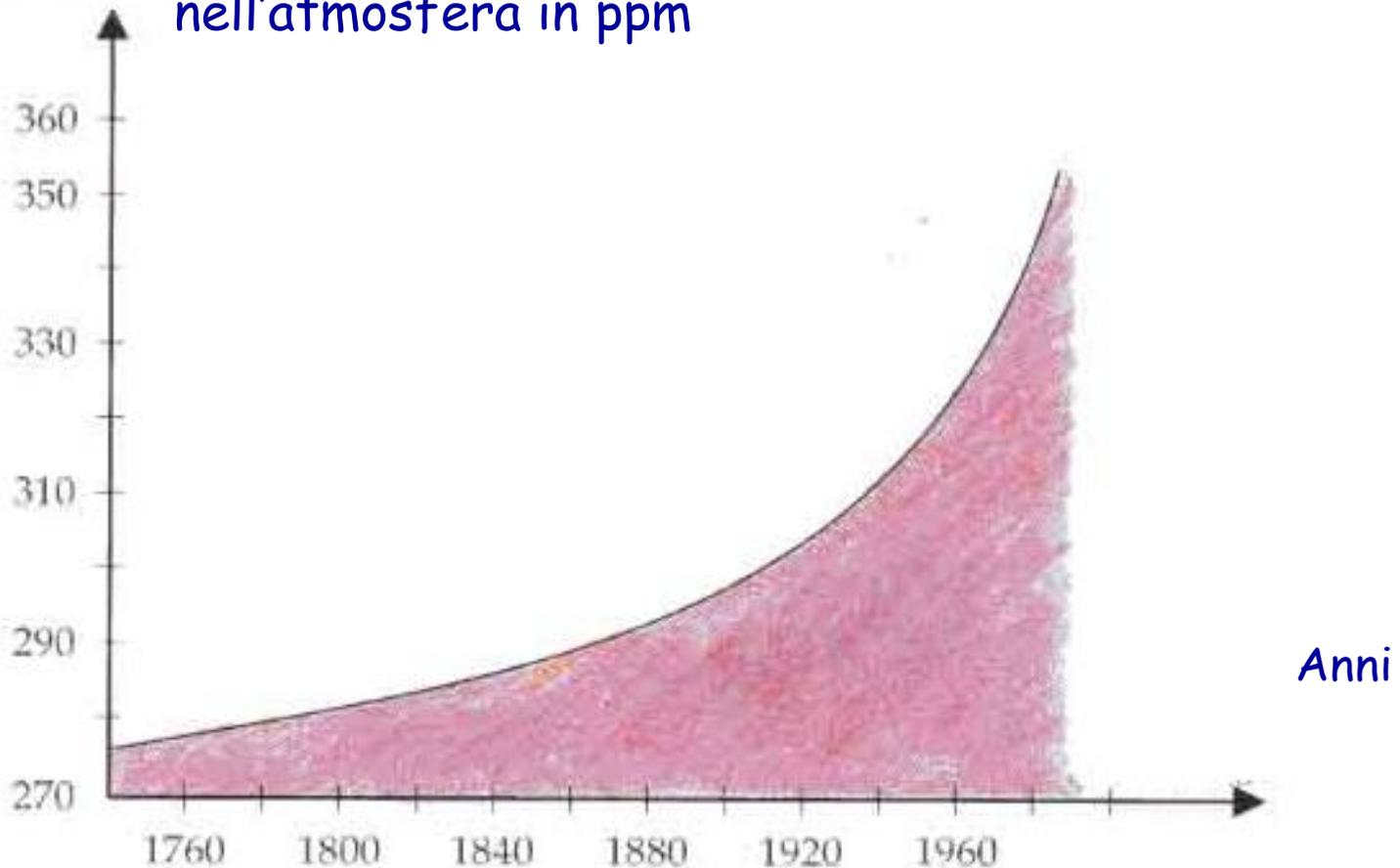
ORA in meno di 100 anni si è registrato un aumento di gas serra importante

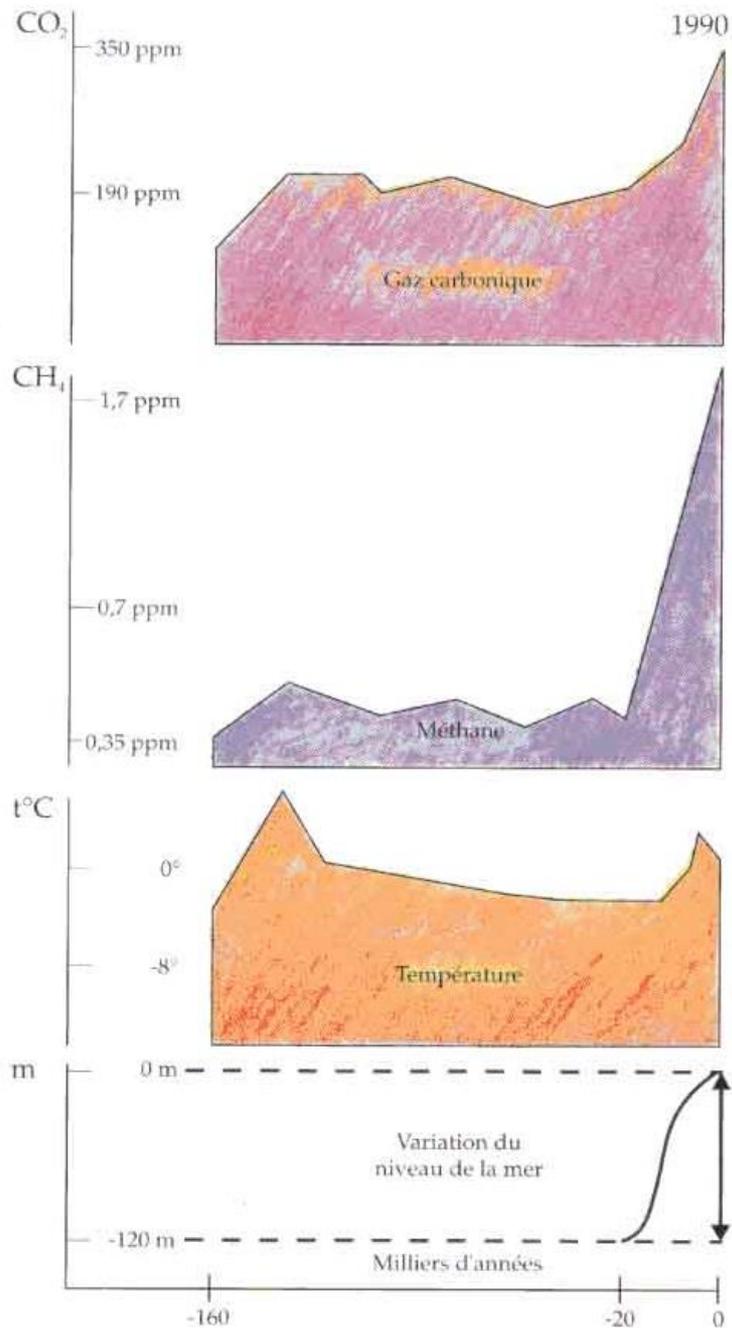
La CO_2 è aumentata, nell'era INDUSTRIALE, dello stesso ordine di grandezza degli ultimi 20.000 anni

Valutazione della CO_2 in ATMOSFERA a partire dalle carote prelevate in ANTARTICO

L'inizio dell'epoca INDUSTRIALE segna una crescita enorme

Concentrazione di CO_2
nell'atmosfera in ppm





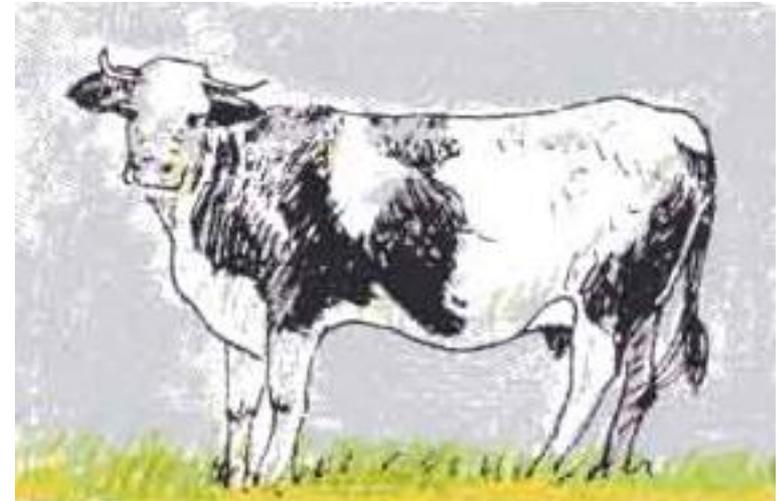
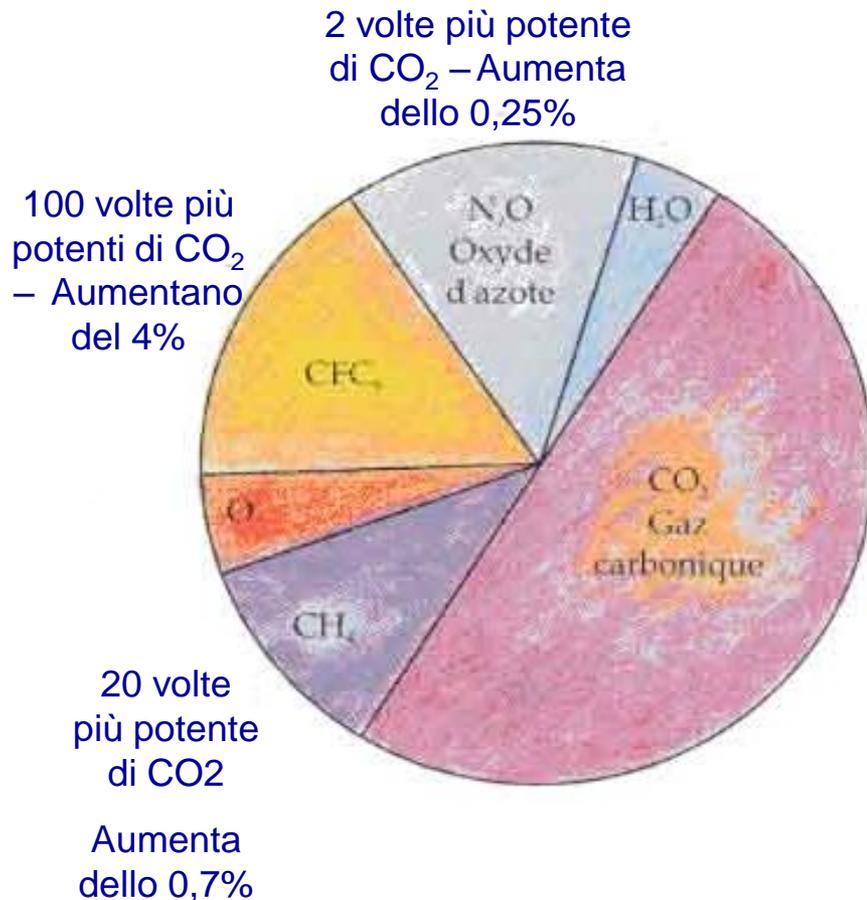
OGGI

I tassi di CO₂ e di metano sono aumentati significativamente

Si possono mettere in relazione con un netto riscaldamento

ed un significativo aumento del livello del MARE

Proporzioni relative dei diversi GAS SERRA risultanti dalle attività umane e responsabili del riscaldamento del pianeta



Molti processi liberano CH₄ es. la digestione dei ruminanti libera nell'atmosfera 200g di metano /bovino/giorno

I paesi sviluppati sono i più grossi produttori di CO_2



4 kg CO_2 /giorno

Italiano



15 kg CO_2 /giorno

Americano



1 kg CO_2 /giorno

Africano o altro PVS

Nel 1992 viene adottata una Convenzione Quadro per ulteriori programmi internazionali per bloccare il riscaldamento

Nel 1995 a Berlino si vede l'impossibilità di perseguire strategie efficaci

Due anni dopo 10.000 delegati si riuniscono a Kyoto...

IMPORTANZA DELL'OZONO

1% di O_3 in meno = 2% di UV in più

Previsioni:

la diminuzione dell'Ozono provocherà negli AMERICANI nati prima del 2075 da 3 a 15 milioni di CANCRO alla pelle in più

POSSIBILI DOMANDE

- Quali le soluzioni ??
- Esistono meccanismi di regolazione ??
- Quali i sistemi per invertire la rotta ??

Per fortuna.....

I sistemi viventi sono in continuo e costante cambiamento....

- **Inerzia, persistenza, resistenza**
 - Abilità dei sistemi viventi a resistere o a sopravvivere dopo modesti disturbi
- **Resilienza**
 - Abilità dei sistemi viventi a ripristinarsi attraverso le successioni secondarie dopo un moderato evento perturbativo

GLI ECOSISTEMI SONO SISTEMI APERTI

→ LA STABILITA' in ecologia NON ESISTE

E' UN EQUILIBRIO DINAMICO

UNA CONTINUA TRASFORMAZIONE

Ci possono essere degli

IMPATTI AMBIENTALI=

**TUTTE LE VARIAZIONI GENERATE
SULL'AMBIENTE DALLE AZIONI
ANTROPICHE**

Possono essere positivi o negativi

RESILIENZA

IMPATTO

Stato dell'ambiente

STATO INIZIALE

Elasticità

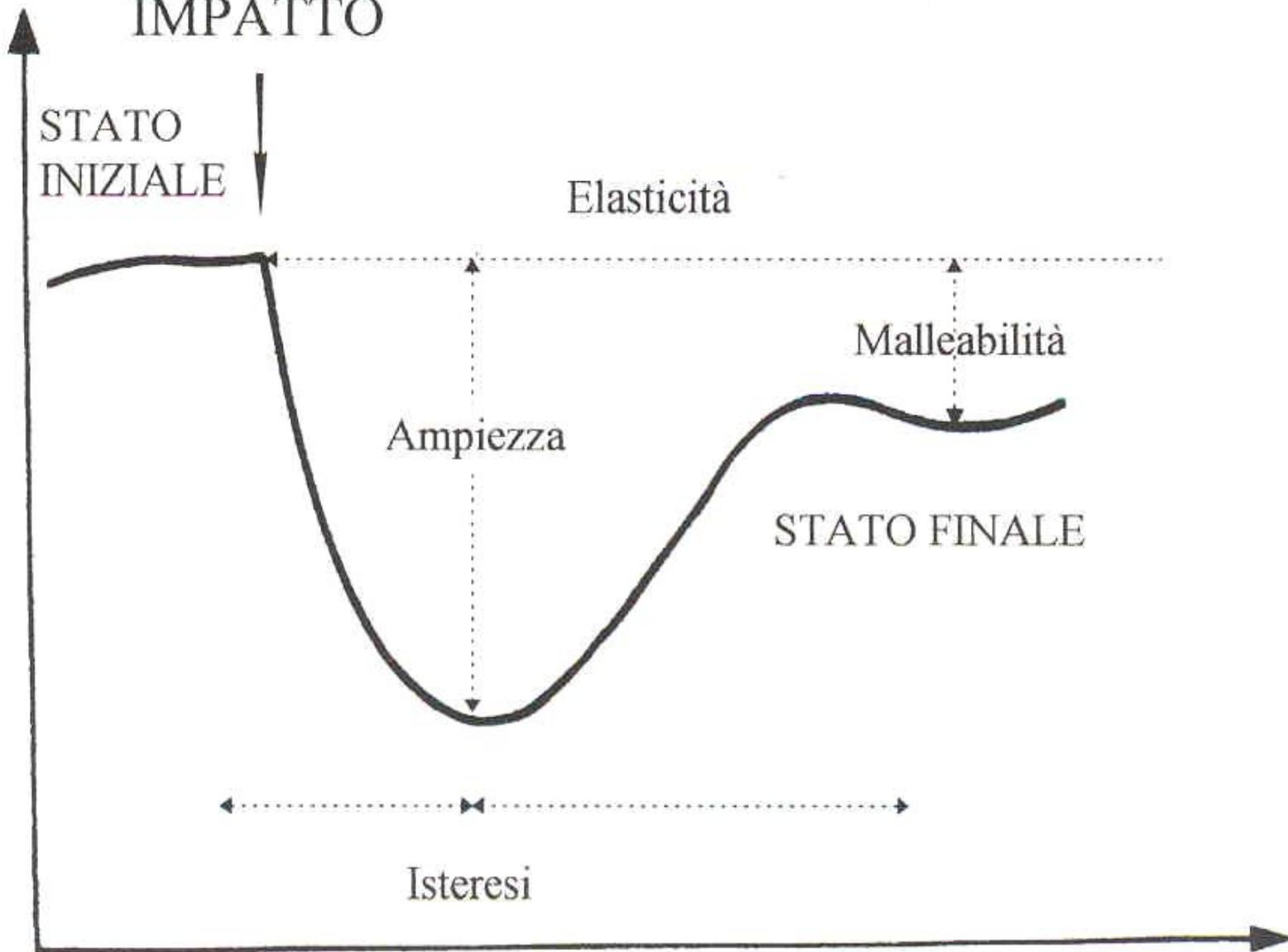
Malleabilità

Ampiezza

STATO FINALE

Isteresi

Tempo



La stabilità di un ecosistema è data dalla
sua capacità di resistere alle
perturbazioni =
stabilità di resistenza

e
una volta che l'azione destabilizzante sia
terminata, di ritornare alla condizione
che aveva prima che venisse perturbato
=
stabilità di resilienza

Resilienza: una parola, tanti significati

La **resilienza** è la capacità di un sistema di adattarsi al cambiamento:

- In ingegneria, la **resilienza** è la capacità di un materiale di assorbire energia di deformazione elastica
- In informatica, la **resilienza** è la capacità di un sistema di adattarsi alle condizioni d'uso e di resistere all'usura in modo da garantire la disponibilità dei servizi erogati
- In psicologia la **resilienza** è la capacità di far fronte in maniera positiva agli eventi traumatici
- Nell'arte la **resilienza** è la capacità dell'opera di conservare attraverso l'estetica la sua particolarità, nonostante la crescente soggettivazione.
- Nel risk management la **resilienza** è la capacità intrinseca di un sistema di modificare il proprio funzionamento prima, durante e in seguito ad un cambiamento o ad un perturbazione, in modo da poter continuare le operazioni necessarie sia in condizioni previste che in condizioni impreviste.
- In ecologia e biologia, la **resilienza** è la capacità di una materia vivente di autoripararsi dopo un danno o quella di una comunità o di un sistema ecologico di ritornare al suo stato iniziale, dopo essere stata sottoposta a una perturbazione che ha modificato quello stato