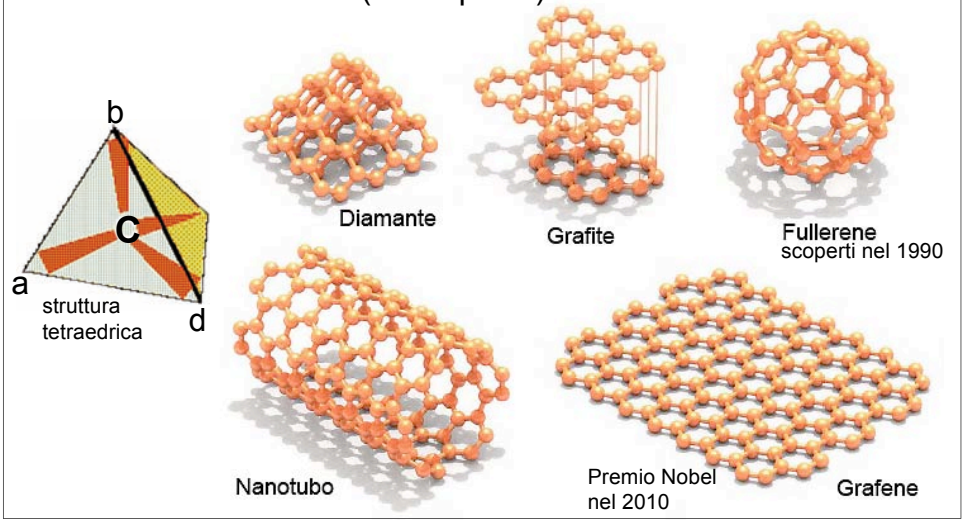
Dal Carbonio al Petrolio e ritorno
Il ciclo del Carbonio

Milena Bertacchini
Museo Universitario Gemma 1786
Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche
Università di Modena e Reggio Emilia

Cultura e Vita
Corso di Scienze A.A. 2013-2014
FLUSSI DI ENERGIA E CICLI DELLA MATERIA

Il Carbonio

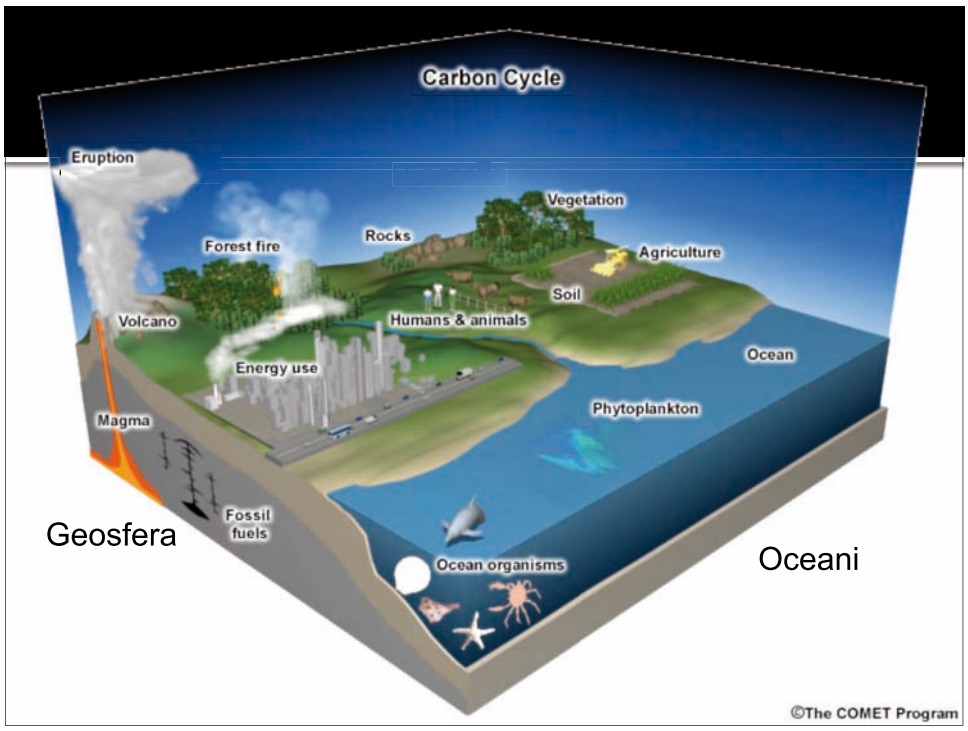
Alcune forme cristalline (allotropiche) del Carbonio



Il Carbonio

Il Carbonio è uno degli elementi essenziali della vita sulla Terra,

ed è anche la principale sorgente di energia utilizzata dall'uomo



Geosfera

Oceani

Biosfera - Atmosfera

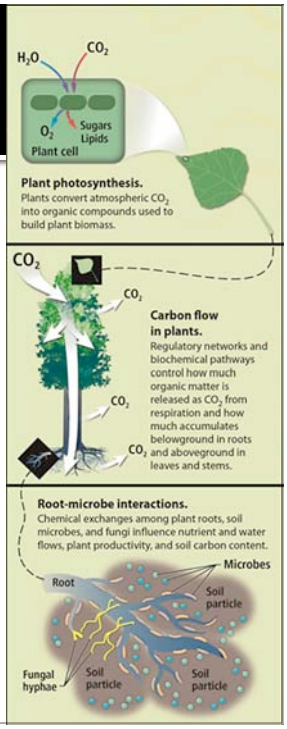
Fotosintesi

CO_2 + H_2O + energia solare ➔ CH_2O + O_2

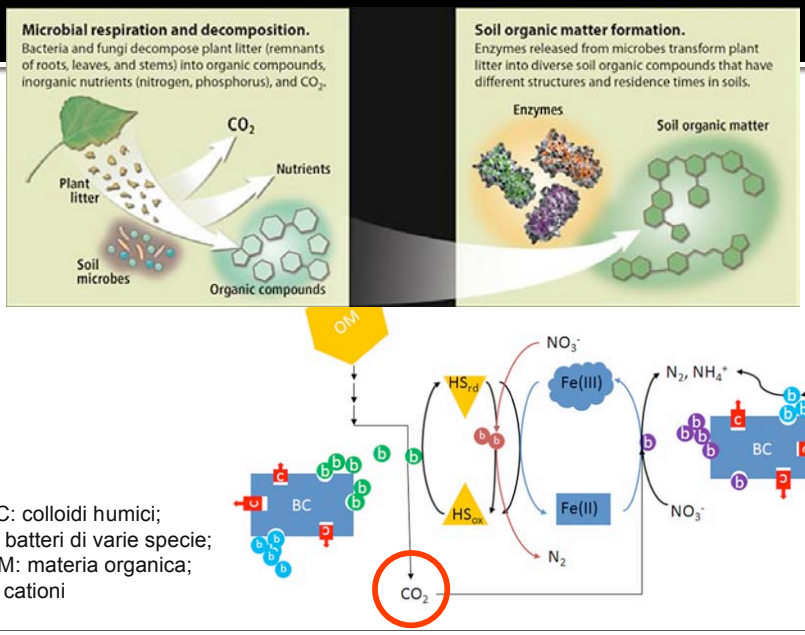
Respirazione

CH_2O + O_2 ➔ CO_2 + H_2O + energia

Quantifying photosynthesis, respiration, and other biological processes that are components of carbon cycling is difficult because the metabolic flux of material and energy through cells, organisms, and ecosystems is tightly linked to a particular regions abiotic environmental factors (e.g., temperature, precipitation amounts and timing, geographical features, nutrient availability, length of days and seasons, and sunlight exposure).



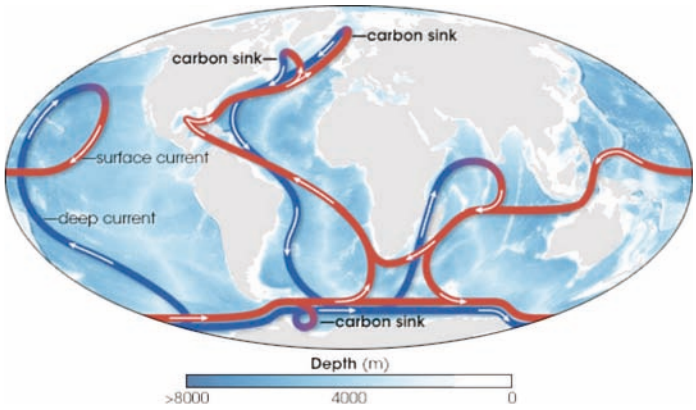
Litosfera - Atmosfera



BC: colloidi humici;
b: batteri di varie specie;
OM: materia organica;
c: cationi

Oceani - Atmosfera

The physical processes controlling the sinking of CO_2 into colder, deeper waters (where CO_2 is more soluble) and the mixing of ocean water at intermediate depths are known as the "**solubility pump**".



The global oceans are connected by deep currents (blue lines) and surface currents (red). Carbon from the atmosphere enters the ocean depths in areas of deep water formation in the North Atlantic and offshore of the Antarctic Peninsula. Where deep currents rise towards the surface, they can release "fossil" carbon dioxide stored centuries ago. (earthobservatory.nasa.gov)

Oceani - Atmosfera

Fotosintesi

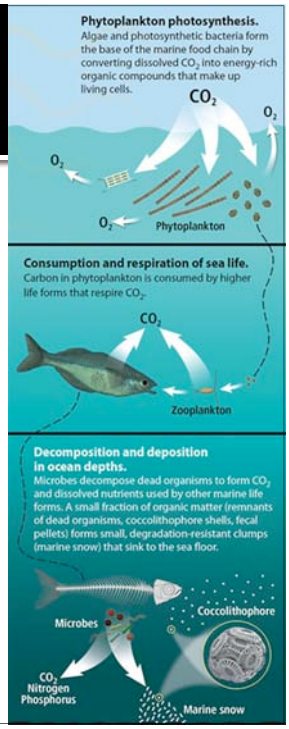
$CO_2 + H_2O$ + energia solare ➔ $CH_2O + O_2$

Respirazione

$CH_2O + O_2$ ➔ $CO_2 + H_2O$ + energia

Phytoplankton photosynthesis converts CO_2 into organic carbon that is largely returned to ocean water as CO_2 via microbial respiration and decomposition. The "**biological pump**" refers to the small fraction of organic carbon that forms into degradation-resistant clumps and sinks to the ocean floor.

Together the **solubility and biological pumps control** the amount of carbon transported to ocean depths and the **exchange of CO_2 between ocean and atmosphere**.



Volume di Carbonio (mld ton) scambiato in un anno

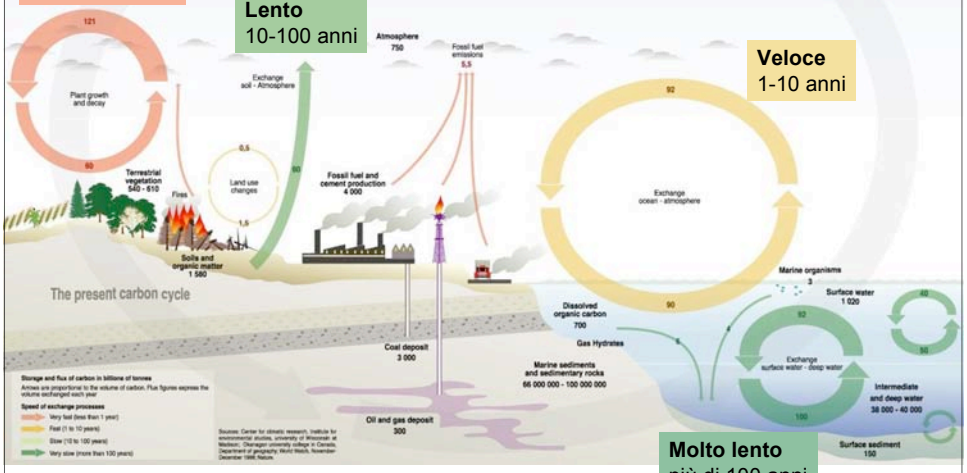
Il ciclo rapido del carbonio movimenta 10^{16} - 10^{17} grammi/anno di C

Molto veloce
meno di 1 anno

Lento
10-100 anni

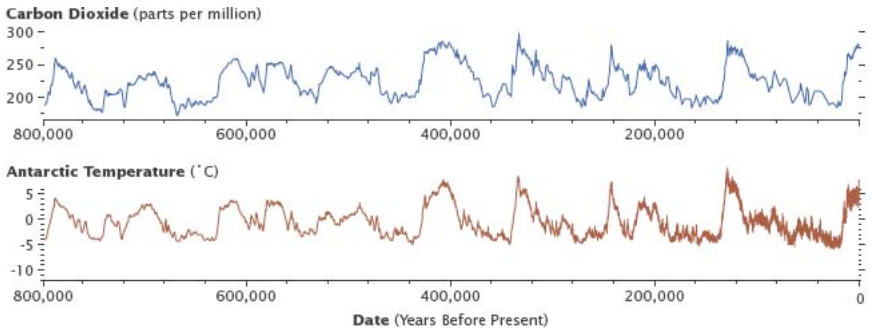
Veloce
1-10 anni

Molto lento
più di 100 anni



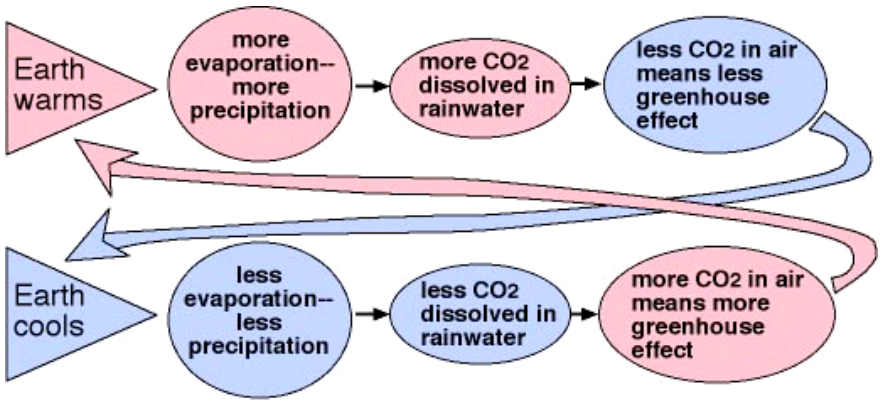
http://www.vitalgraphics.net/climate2.cfm?pageID=7#

Ciclo del Carbonio nel passato



In Earth's past, the carbon cycle has changed in response to climate change. Variations in Earth's orbit (cycles of 30.000 anni) alter the amount of energy Earth receives from the Sun and leads to a cycle of ice ages and warm periods like Earth's current climate.

Per periodi lunghi centinaia di migliaia di anni, il ciclo del carbonio agisce come un termostato contribuendo a stabilizzare la temperatura sulla Terra

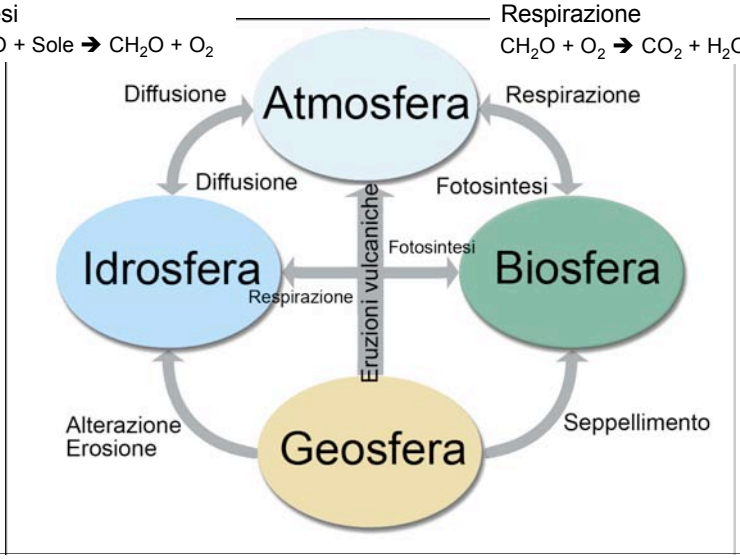


Carbon cycle is the Earth's thermostat

Ciclo del Carbonio

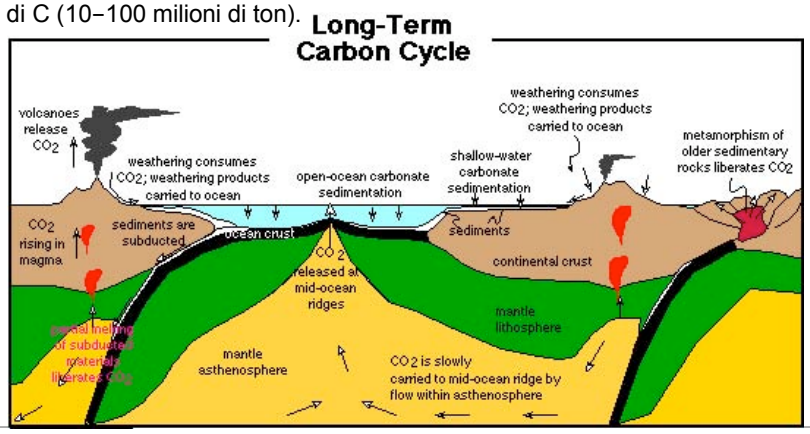
Fotosintesi
$CO_2 + H_2O + Sole \rightarrow CH_2O + O_2$

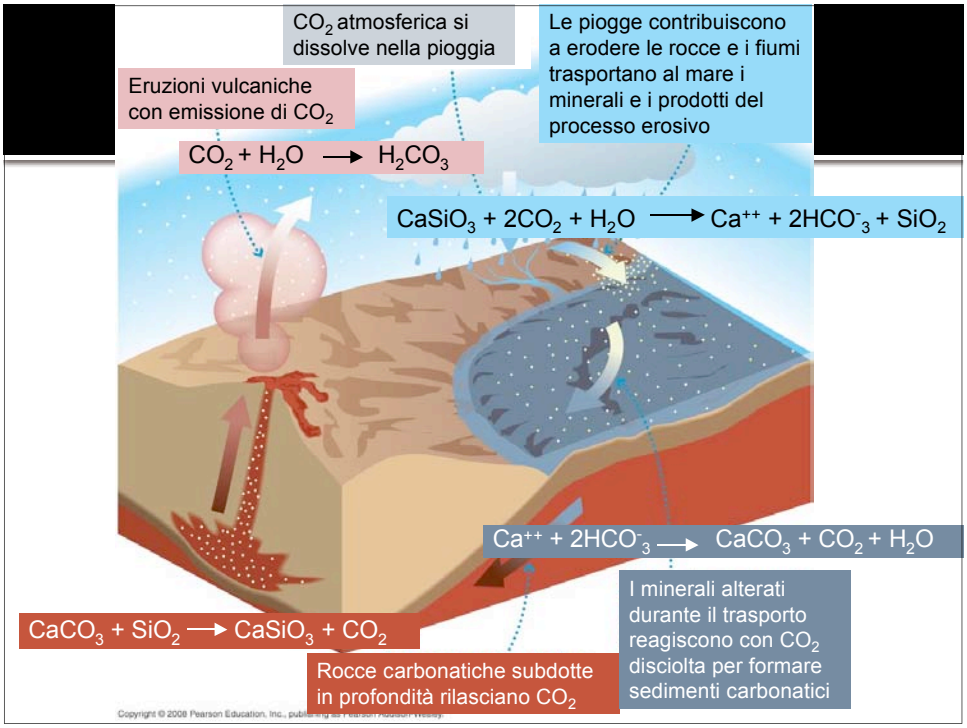
Respirazione
$CH_2O + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + energia$



Ciclo del Carbonio a lungo termine

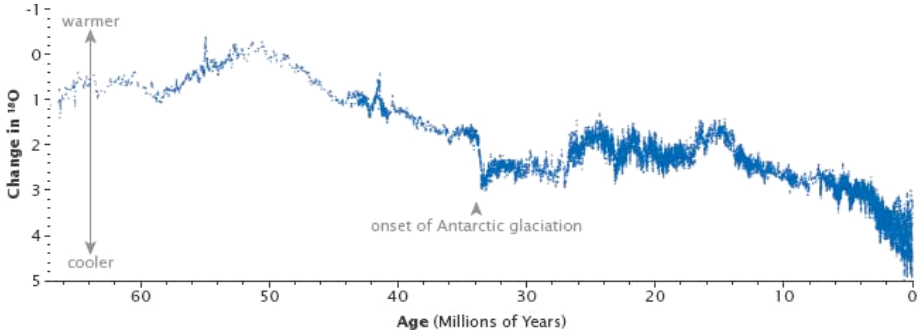
Il ciclo del carbonio a lungo termine controlla il contenuto di CO_2 e O_2 in atmosfera nei tempi geologici.
Il carbonio impiega **100-200 milioni di anni** per muoversi fra rocce, suoli, oceani e atmosfera. In media, il ciclo lento del carbonio mobilita ogni anno **10^{13} - 10^{14} grammi** di C (10–100 milioni di ton).



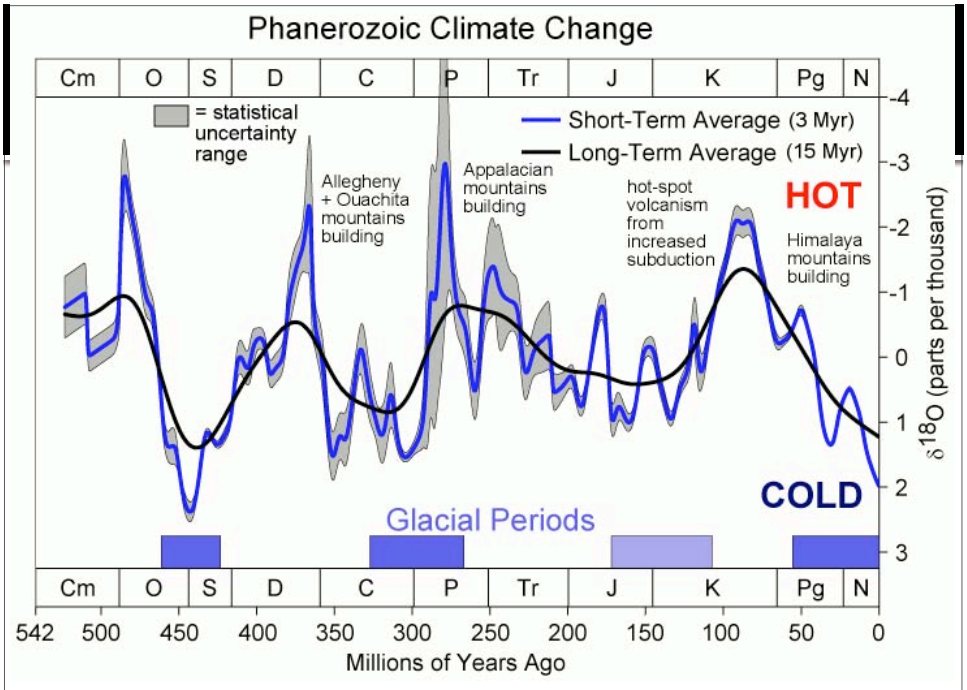


Ciclo del Carbonio nei tempi geologici

Per periodi alla scala dei tempi geologici, da milioni a decine di milioni di anni, i movimenti dati dalla tettonica a placche e i fenomeni ad essi collegati possono influenzare le temperature sulla Terra.



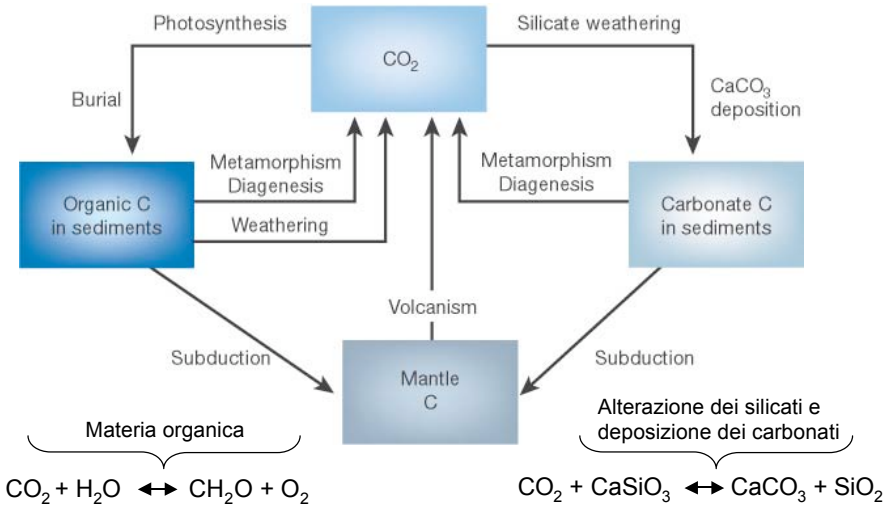
The uplift of the Himalaya, beginning 50 million years ago, reset Earth's thermostat by providing a large source of fresh rock to pull more carbon into the slow carbon cycle through chemical weathering. The resulting drop in temperatures and the formation of ice sheets changed the ratio between heavy and light oxygen in the deep ocean.



http://www.astronomynotes.com/solarsys/s11.htm

Ciclo del Carbonio a lungo termine

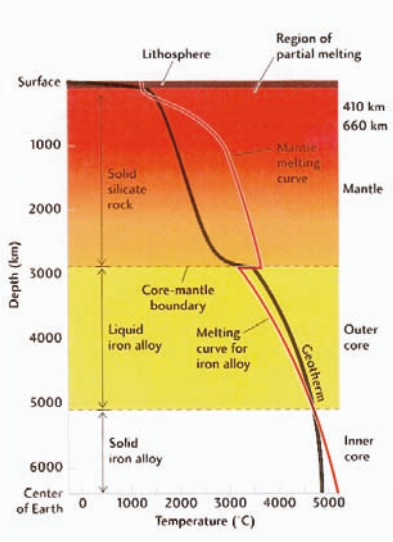
R.A. Berner, 2003, *Nature* **426**



Combustibili fossili

Gli idrocarburi liquidi e gassosi sono generati dalla decomposizione termica del **kerogene**, che è la materia organica contenuta nei giacimenti di roccia madre.
La temperatura di queste rocce cresce con l'aumento della profondità e, oltre una certa soglia, la frazione chimicamente labile del kerogene inizia a trasformarsi in composti petroliferi.

La materia organica presente nella maggior parte dei sedimenti assimilabili alla roccia madre è composta da una miscela di residui di organismi marini e di vegetazione terrestre.
A seconda della prevalenza di materiale organico dell'uno o dell'altro tipo, la roccia madre produrrà idrocarburi liquidi o gassosi.



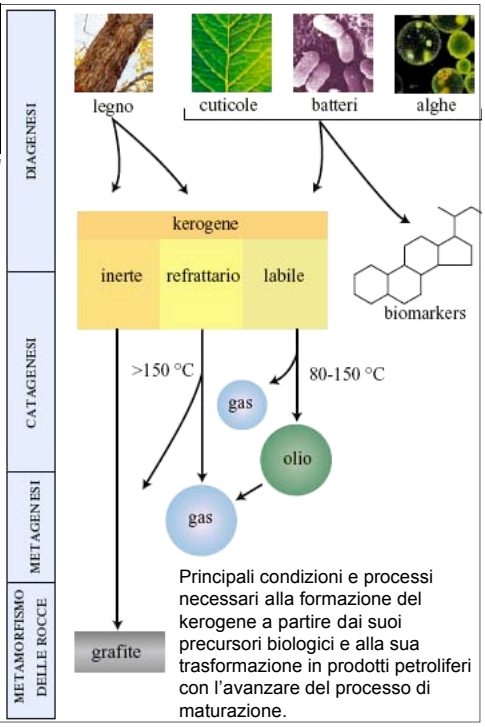
Combustibili fossil

Kerogene I: degradazione di **biomasse algali e batteriche** (alto rapporto H/C, basso O/C), rara, tipica degli scisti bituminosi.

Kerogene II: degradazione di **biomasse algali** (alto rapporto H/C, basso O/C) origina: petroli ("finestra dei liquidi" o "finestra dell'olio" T= 80-150°C)

Kerogene III: degradazione di **residui di piante terrestri e** decomposizione **organismi marini** (alto O/C, basso H/C) origina: carbone e gas naturale (T= 150-200°C)

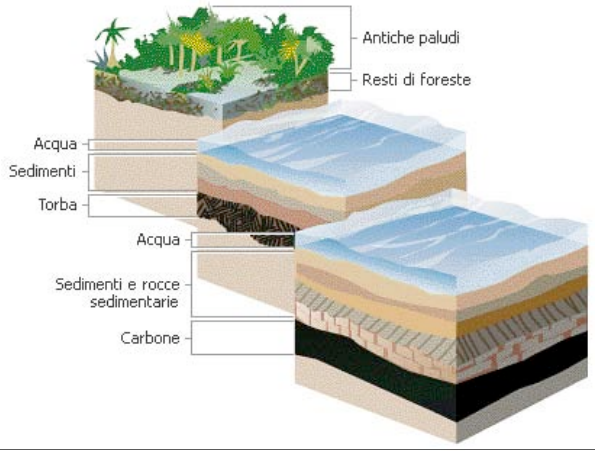
Kerogene "inerte", povero di idrogeno, origina grafite se sottoposto a metamorfismo di alte P e T.



Principali condizioni e processi necessari alla formazione del kerogene a partire dai suoi precursori biologici e alla sua trasformazione in prodotti petroliferi con l'avanzare del processo di maturazione.

Formazione del Carbone

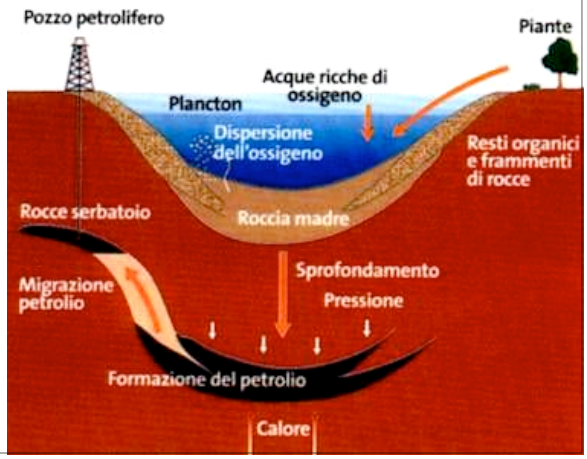
I sedimenti provenienti dall'accumulo di biomasse, con l'aumentare della profondità, della pressione e della temperatura cui sono soggetti con il seppellimento, subiscono una successione di reazioni chimiche.

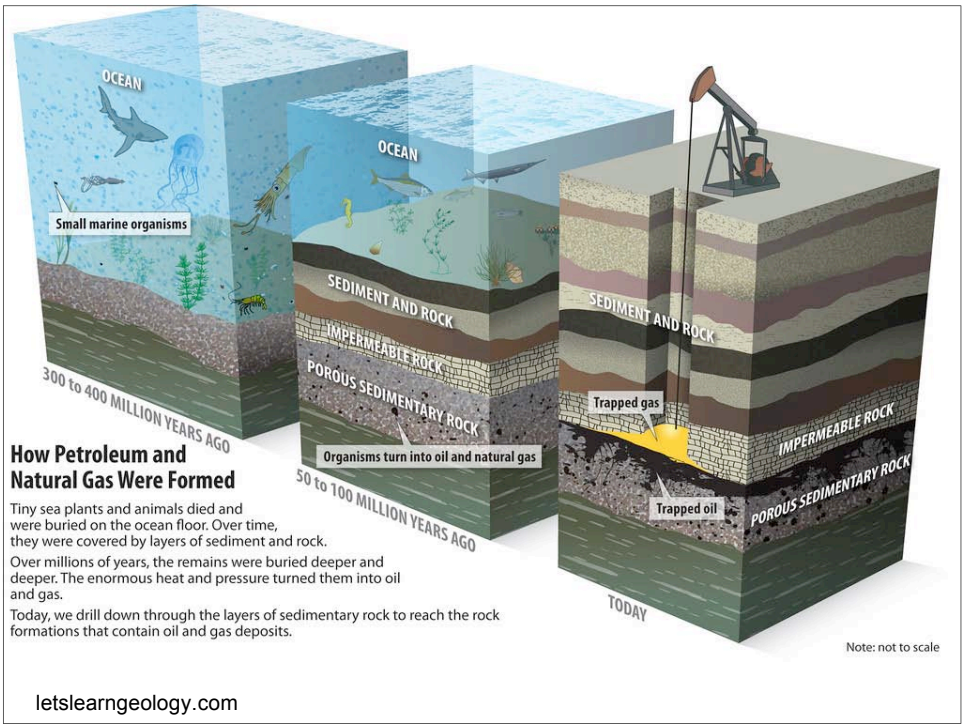


Formazione del Petrolio

Ad alcuni chilometri di profondità, a temperature fra gli 80° e i 150°, la materia organica è sottoposta a reazioni chimiche che la trasformano in idrocarburi liquidi o gassosi. Il tempo necessario per questo processo varia tra i 5 e i 10 milioni di anni per valori termici alti e 100 milioni di anni per valori termici bassi.

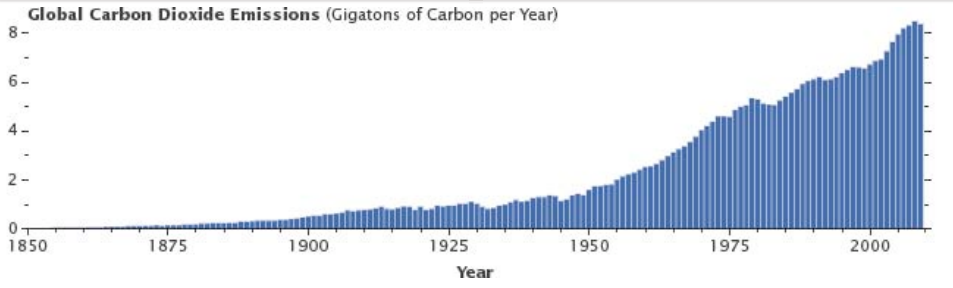
http://www.ovo.com/petrolio



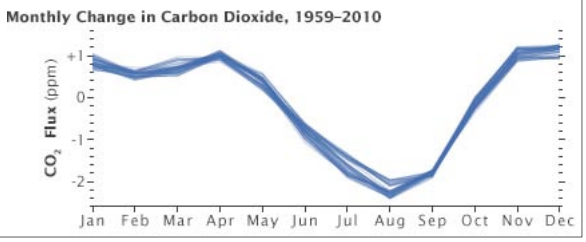


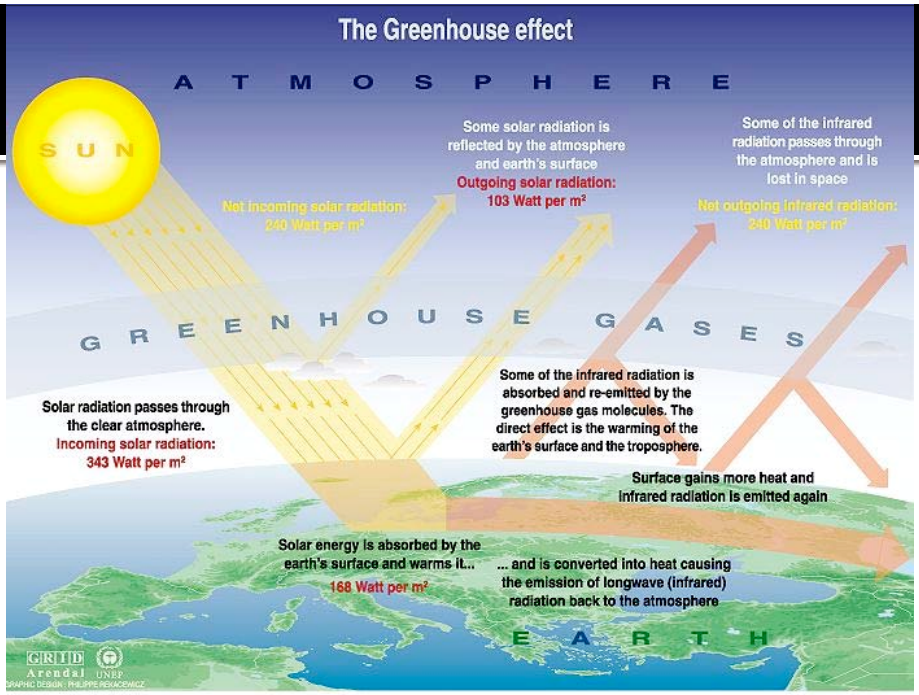
letslearngeology.com

Ciclo del Carbonio oggi



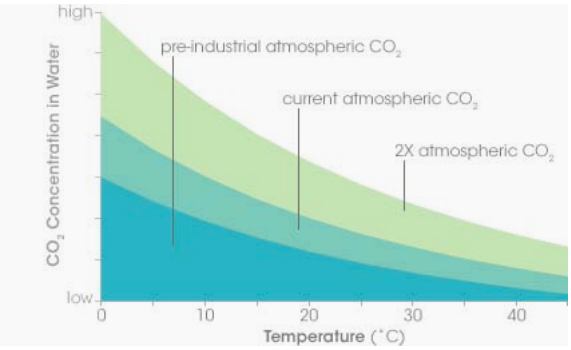
In **2009**, humans released about **8.4 billion tons of carbon** into the atmosphere by burning fossil fuel.
About half of these emissions are removed by the fast carbon cycle each year, the rest remain in the atmosphere





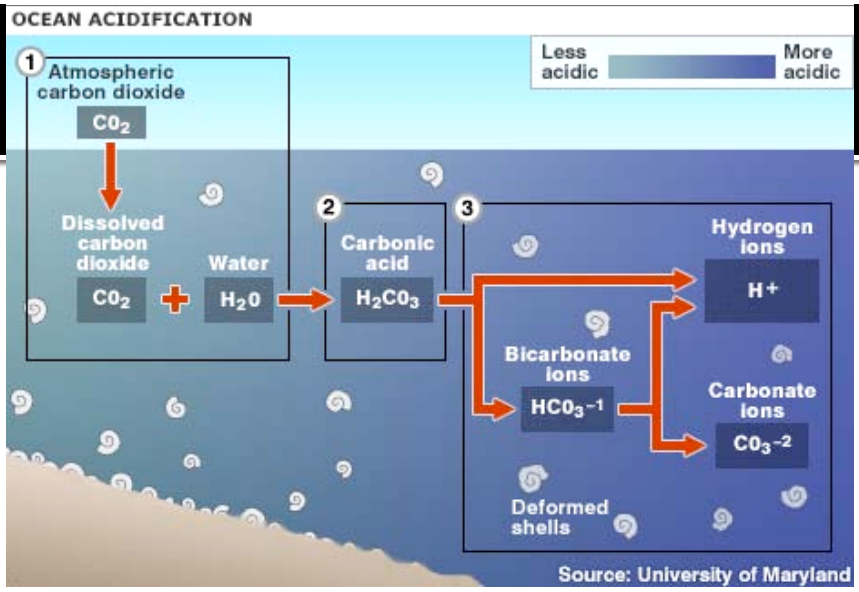
Sources: Okanagan university college in Canada, Department of geography, University of Oxford, school of geography; United States Environmental Protection Agency (EPA), Washington; Climate change 1995, The science of climate change, contribution of working group 1 to the second assessment report of the intergovernmental panel on climate change, UNEP and WMO, Cambridge university press, 1996.

Ciclo del Carbonio negli oceani

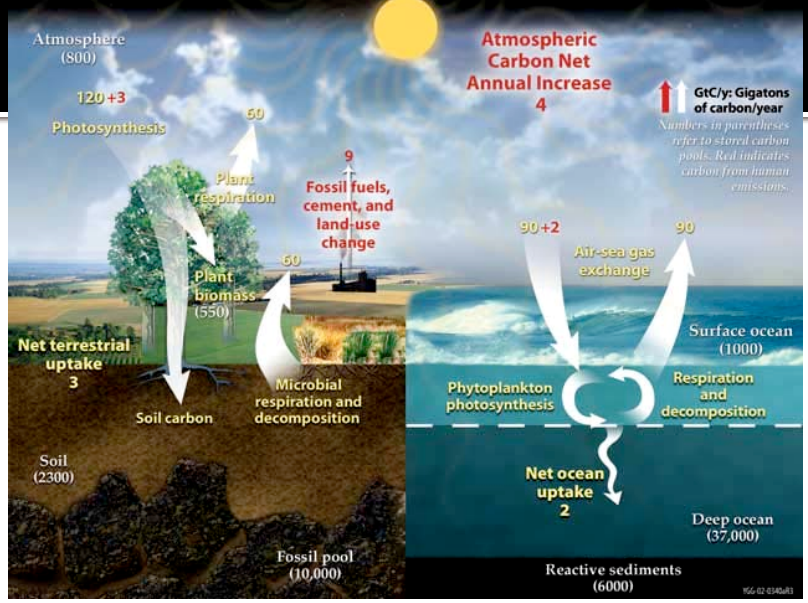


Quando
Temp. oceani **aumenta, diminuisce** dissoluz. CO_2

The concentration of carbon dioxide (CO_2) in ocean water (y axis) depends on the amount of CO_2 in the atmosphere (shaded curves) and the temperature of the water (x axis). This simplified graph shows that as atmospheric CO_2 increases from pre-industrial levels (blue) to double (2X) the pre-industrial amounts (light green), the ocean CO_2 concentration increases as well.

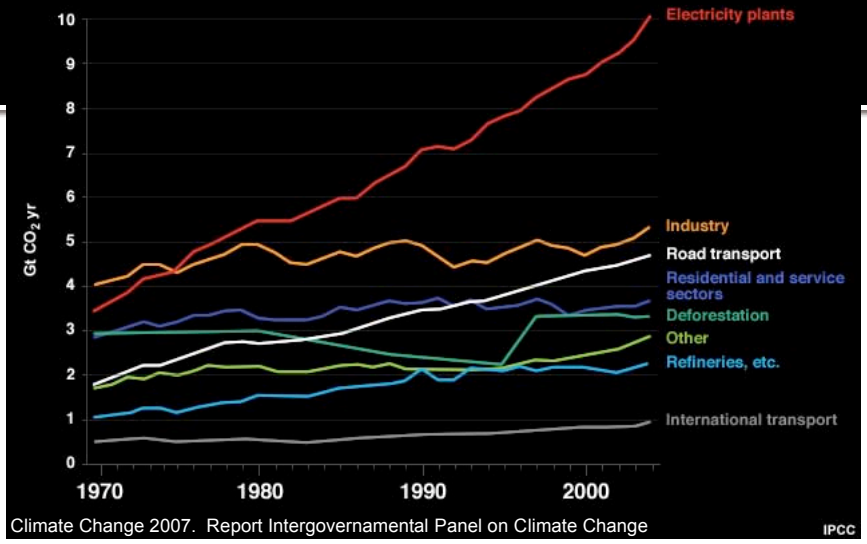


Ocean acidification is primarily as a result of burning fossil fuels.
http://www.duikforum.nl/duik-nieuws-engels/29890-threats-ocean-acidification.html



Valori: in giallo flussi naturali, in rosso flussi da attività antropica (flussi in Gt: mld ton)

http://earthobservatory.nasa.gov



Worldwide, burning fossil fuels is the major source of CO_2, but CO_2 can also come from cutting trees, burning forests or grasslands, agriculture, and making cement.