



FONDAZIONE
GIUSEPPE OCCHIALINI

Studio e previsioni dello stato del sistema

*Federico Porcù (federico.porcu@unibo.it)
Dipartimento di Fisica e Astronomia
Università di Bologna*

**un esempio di interazione tra sottosistemi: El nino
forzanti sul sistema climatico (GHG)
proiezioni climatiche**

meccanismi di retroazione (feed back)

una forzatura su una componente del sistema produce un effetto che modifica l'impatto della forzatura

feed back positivo: l'impatto aumenta
instabilità

feed back negativo: l'impatto diminuisce
stabilità

feed back negativo

aumento di T \Rightarrow aumento di wv \Rightarrow aumento di copertura nubi \Rightarrow aumento albedo planetaria \Rightarrow diminuzione di T

feed back positivo

aumento di T \Rightarrow aumento di wv \Rightarrow aumento effetto serra \Rightarrow aumento di T

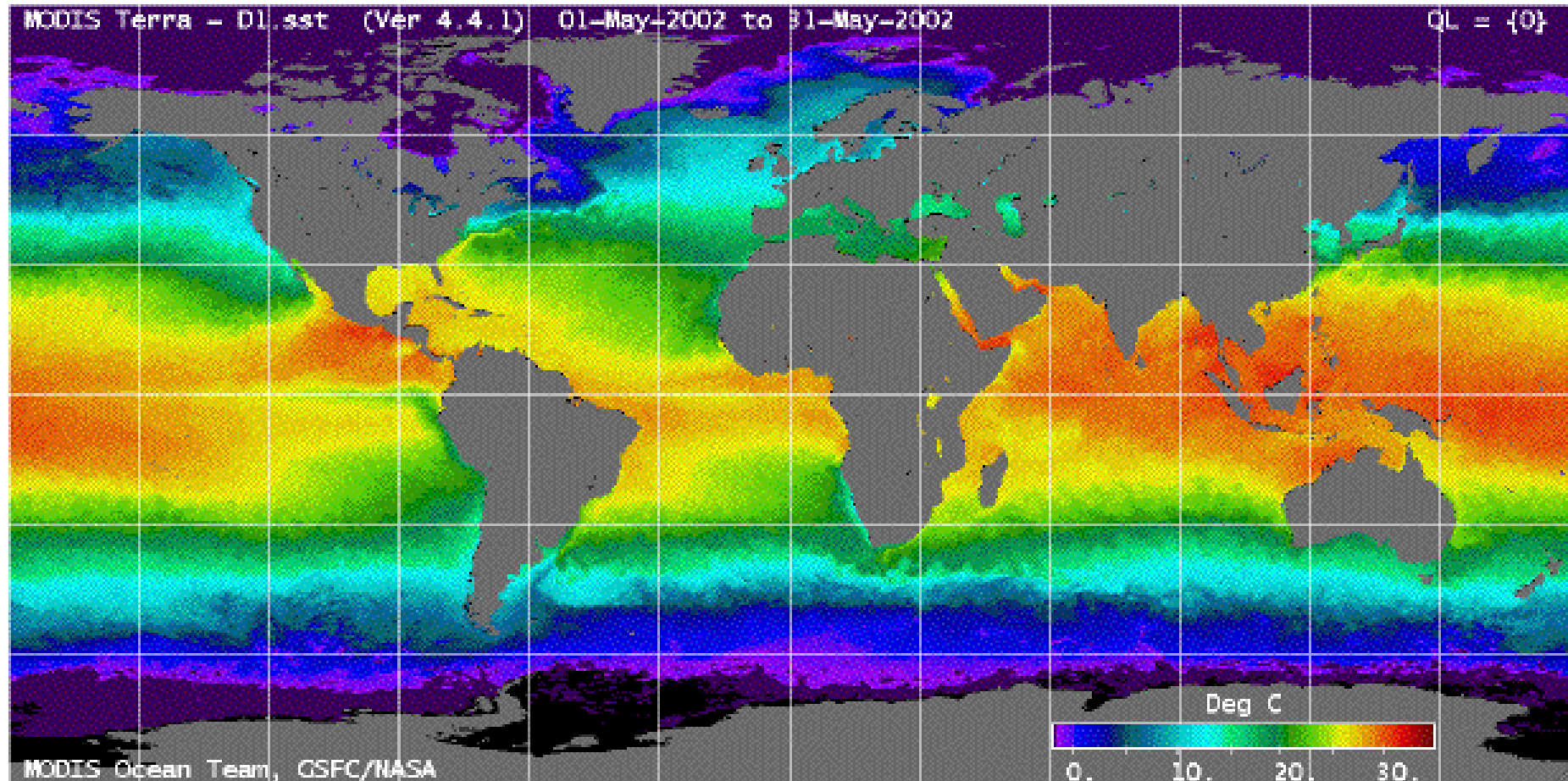
diminuzione di T \Rightarrow aumento ghiaccio superficiale \Rightarrow aumento di albedo planetaria \Rightarrow diminuzione di T

Interazione Atmosfera/Oceano

- l'atmosfera influenza l'oceano principalmente a causa dello stress del vento superficiale;**

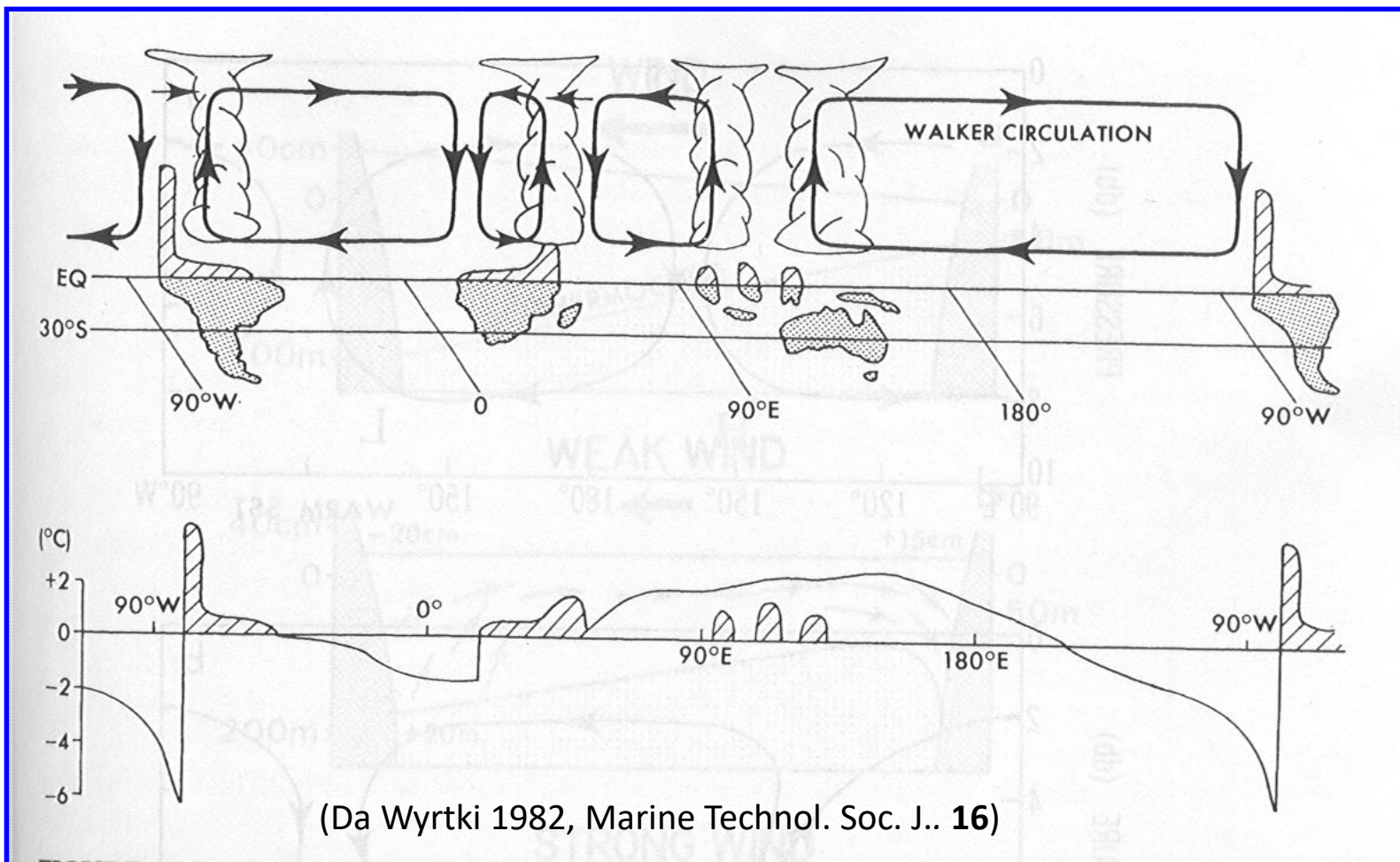
- l'oceano influenza l'atmosfera principalmente a causa di anomalie nella temperatura della sua superficie (*Sea Surface Temperature SST*) e del conseguente flusso verticale di calore sensibile e latente.**

temperatura media oceanica



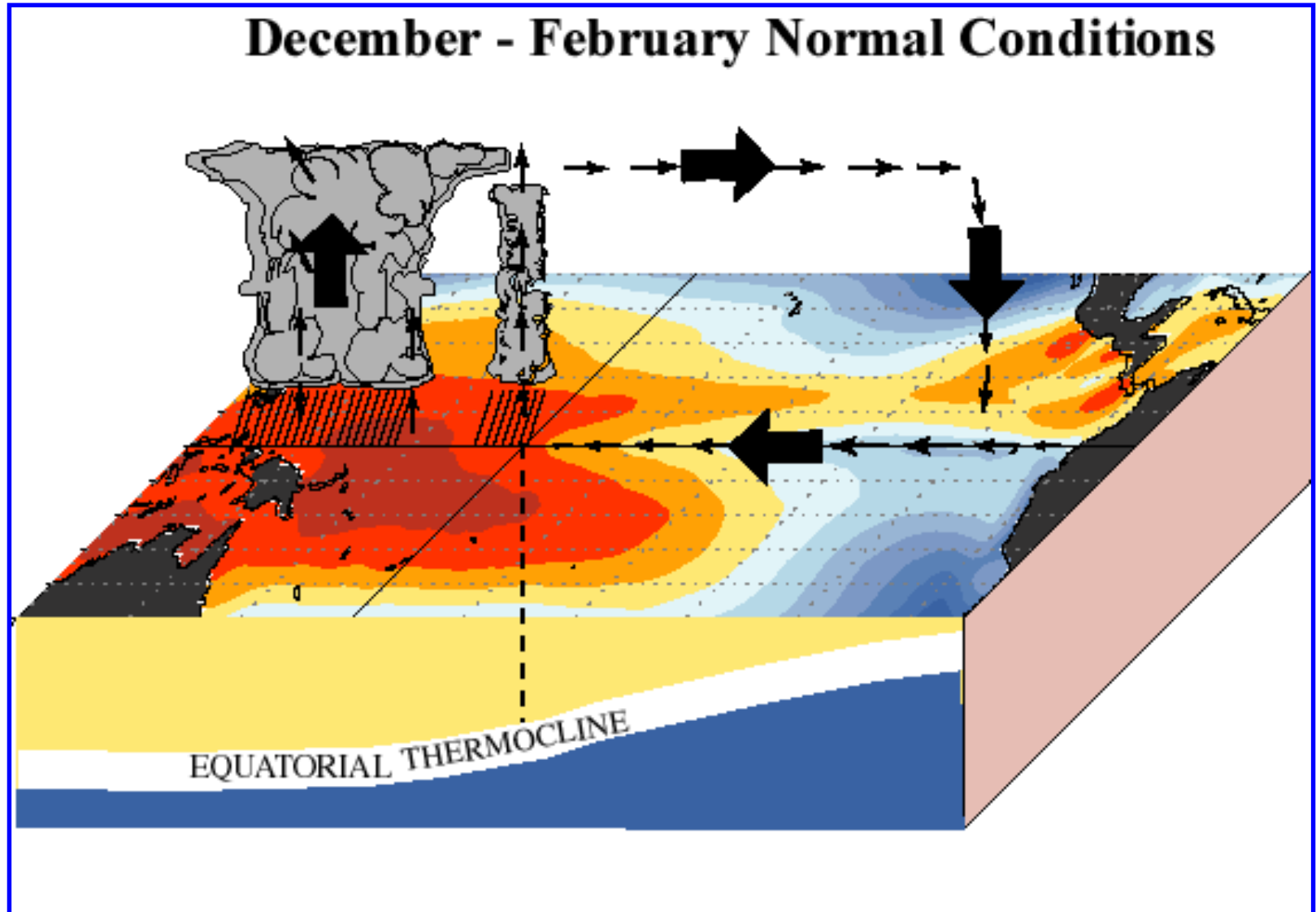
Circolazione Atmosferica Equatoriale

Schema della normale circolazione di Walker lungo l'equatore. Risalita di aria e pioggia insistente sul Indonesia, Pacifico occidentale, Africa sud orientale e Amazzonia, mentre condizioni di scarsa precipitazione nel Pacifico orientale e nell'Africa sud-occidentale. Il grafico in basso mostra inoltre il profilo dell'anomalia di temperatura lungo l'equatore.



(Da Wyrтки 1982, Marine Technol. Soc. J.. 16)

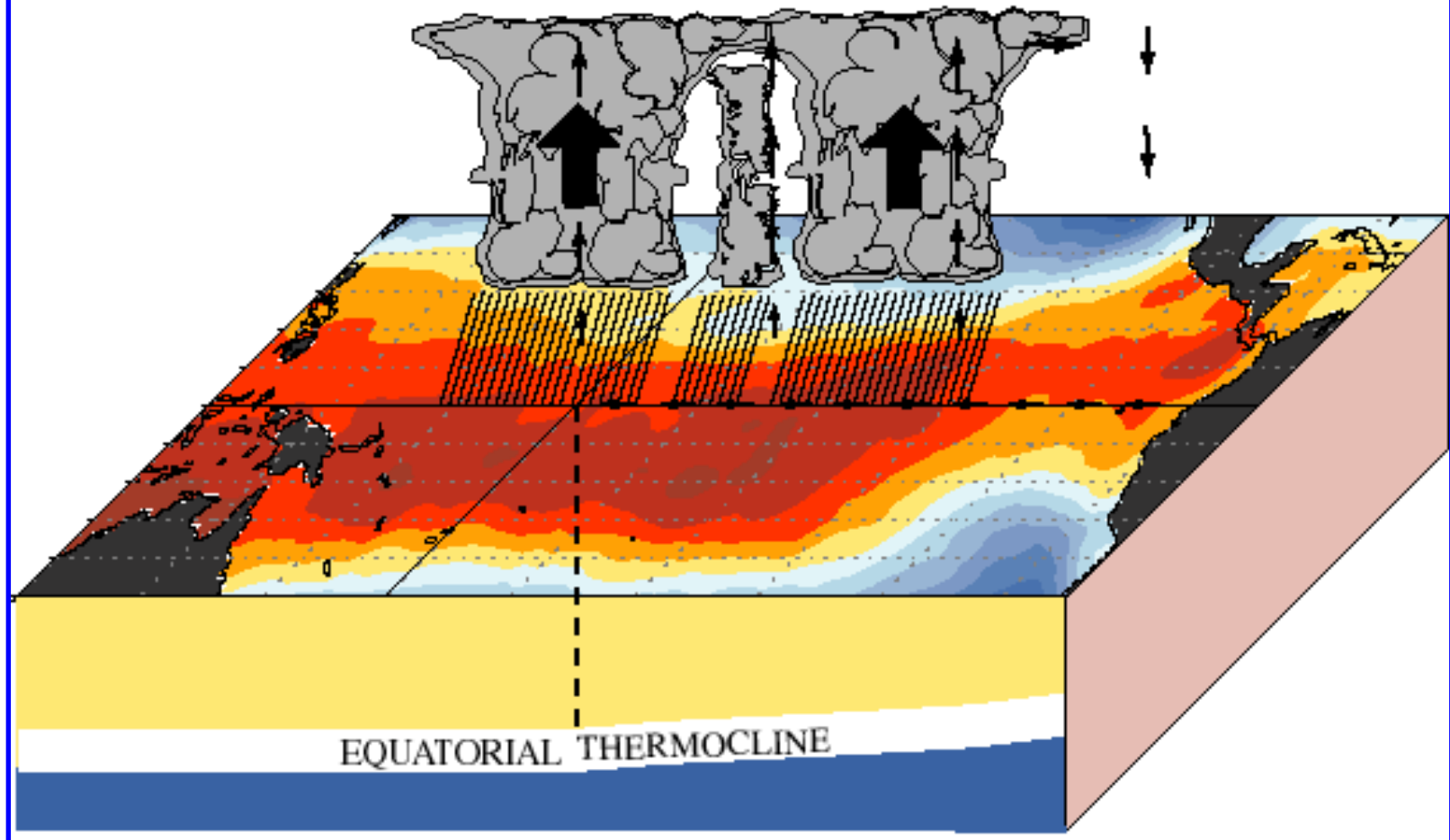
Circolazione Atmosferica Equatoriale



Circolazione Atmosferica Equatoriale

Condizione ENSO – El Niño

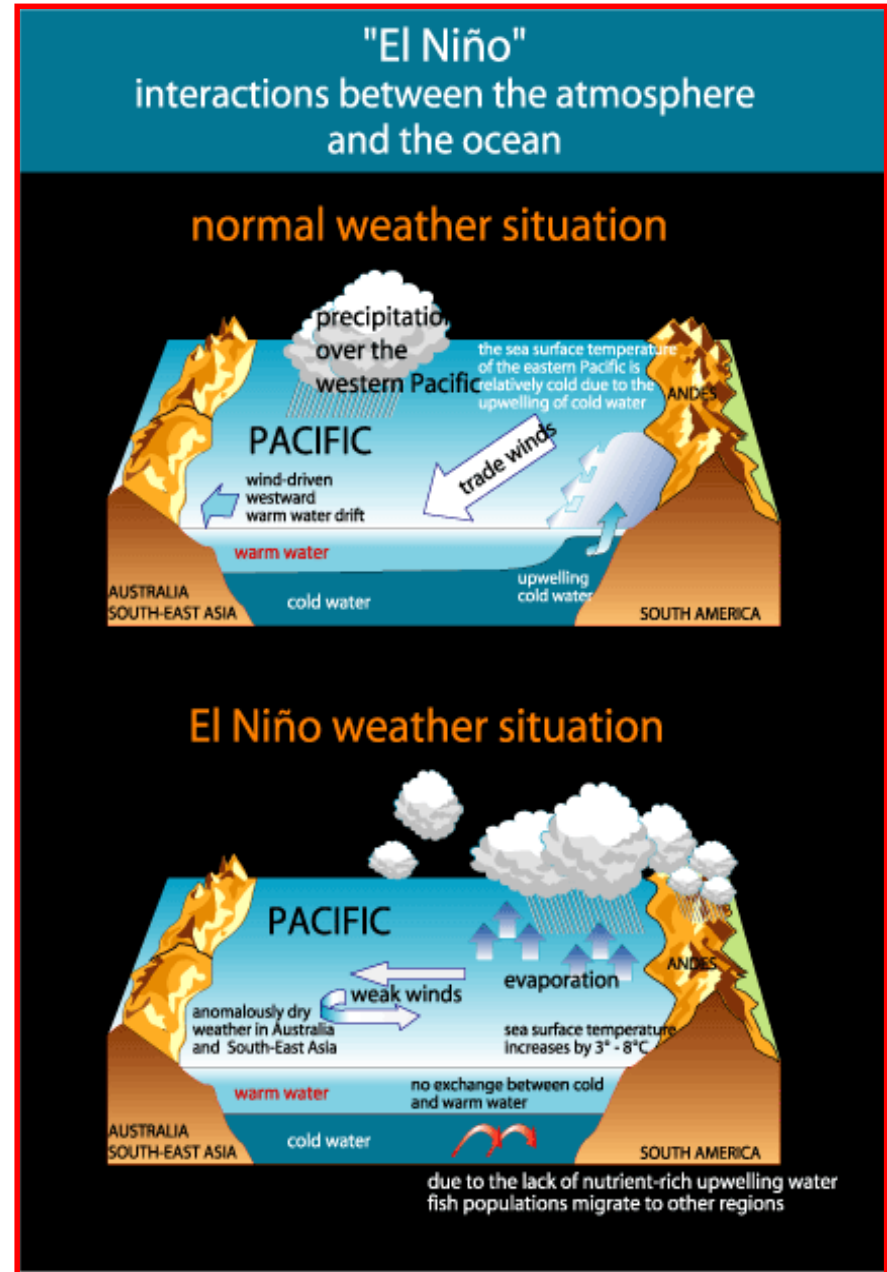
December - February El Niño Conditions



Circolazione Atmosferica Equatoriale - Condizione ENSO

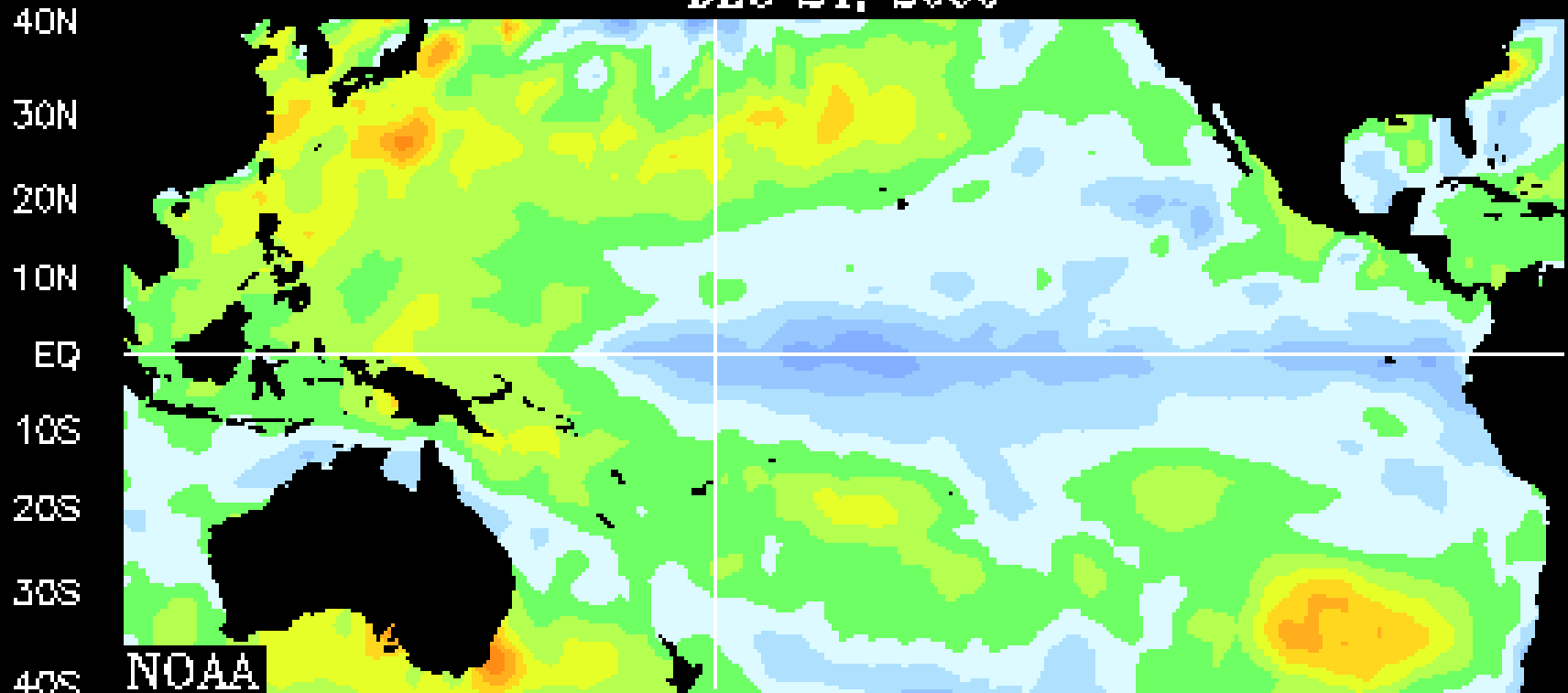
Negli anni “normali” il forte gradiente di temperatura superficiale (freddo a est caldo a ovest) nel Pacifico equatoriale è accompagnato da **forti venti alisei** che spingono le acque superficiali verso ovest permettendo a quelle più fredde e profonde di risalire in superficie. La **risalita delle acque** rafforza a sua volta il gradiente di temperatura superficiale mantenendo gli alisei.

Un **indebolimento degli alisei** nel Pacifico centrale **indebolisce l'upwelling** e fa aumentare la temperatura del Pacifico orientale. Questo fenomeno contribuisce a indebolire ulteriormente gli alisei. Il rafforzarsi vicendevole di questi effetti contribuisce all'instaurarsi di un El Niño.

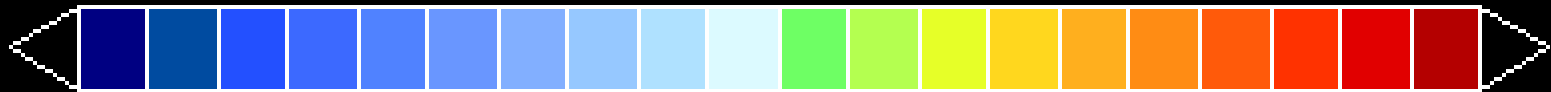


SST ANOMALIES °C

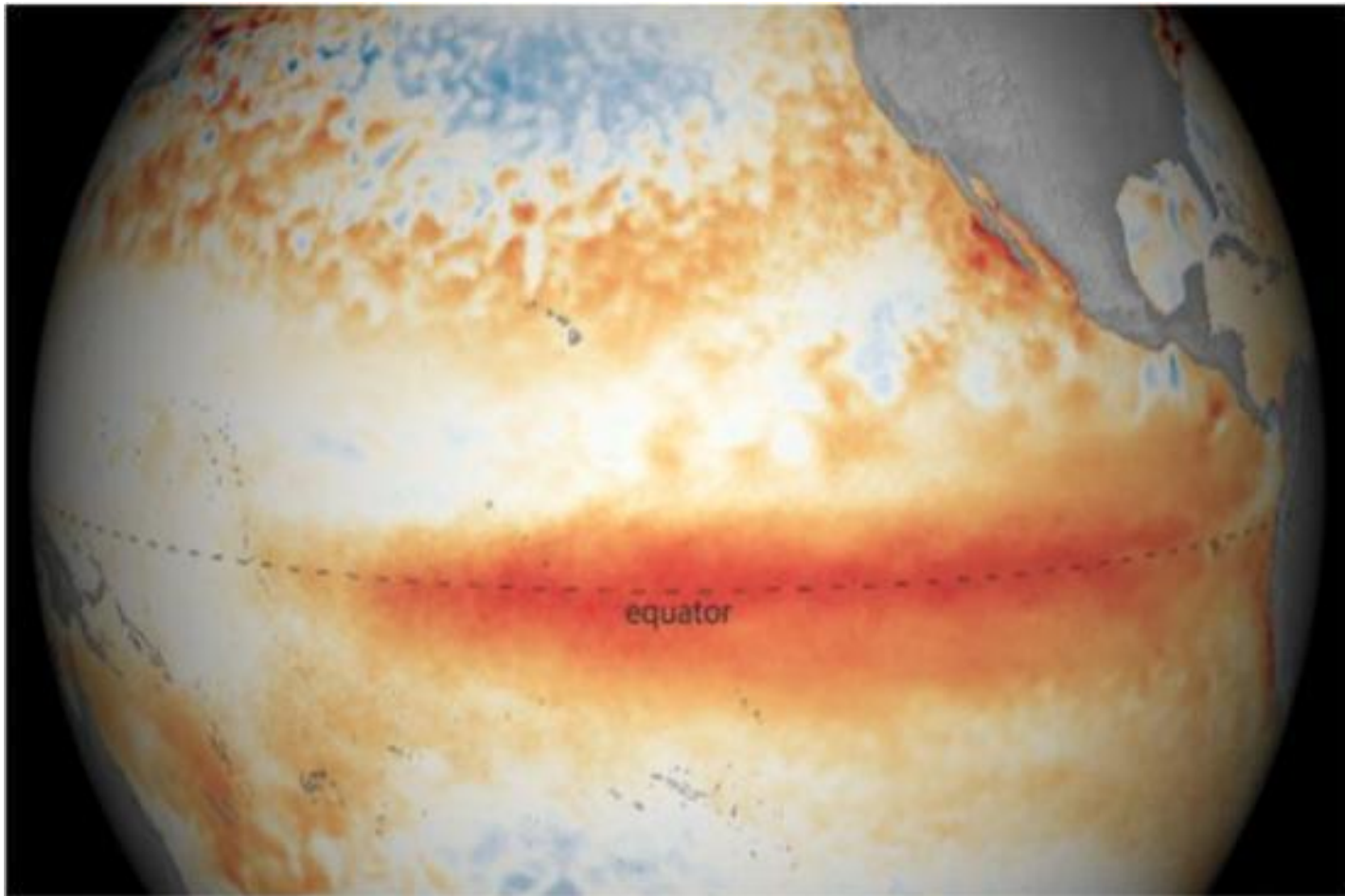
DEC 24, 2000



120E 150E 180 150W 120W 90W



-5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5

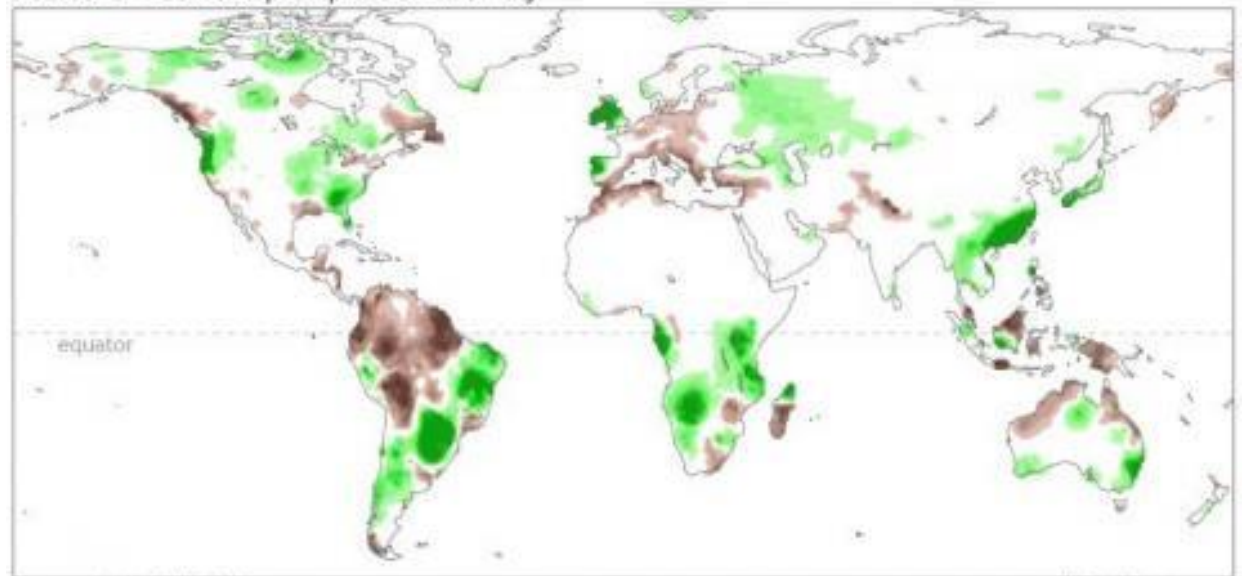


February 2016
compared to 1981-2010



Climate.gov/NNVL
Data: Geo-Polar SST

Dec 2015–Feb 2016 precipitation anomaly



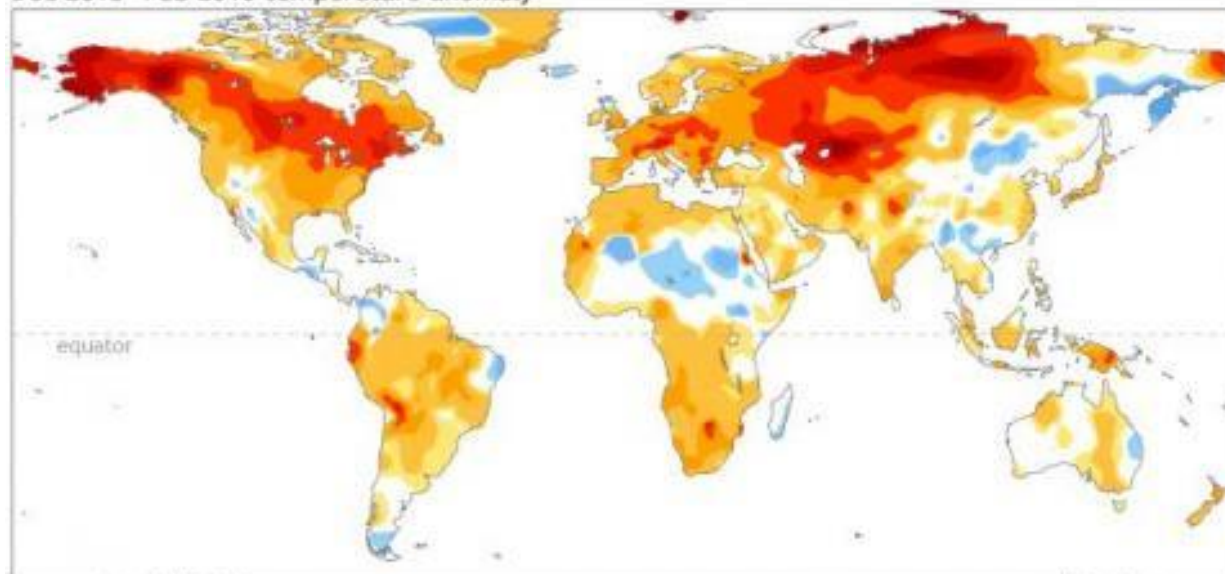
Compared to 1981–2010

Difference from average (mm)

NOAA Climate.gov
Data: CPC

-2.0 -1.5 -1.25 1.0 -0.75 -0.5 -0.25 0.25 0.5 0.75 1.0 1.25 1.5 2.0

Dec 2015–Feb 2016 temperature anomaly



Compared to 1981–2010

Difference from average temperature (°C)

NOAA Climate.gov
Data: CPC

-2 -1 -0.5 0.5 1 2 3 4 5 6

FORZANTI NATURALI

VARIAZIONE DELLA RADIAZIONE SOLARE

Diretta



Attività Solare

Indiretta



Milankovitch

INTERAZIONI TRA DIVERSE COMPONENTI

El Niño

ERUZIONI VULCANICHE

DERIVA DEI CONTINENTI

FORZANTI ANTROPICHE

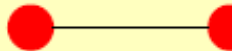
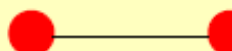
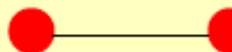


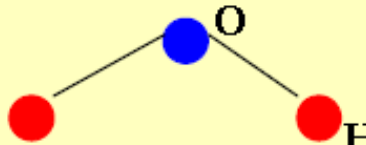
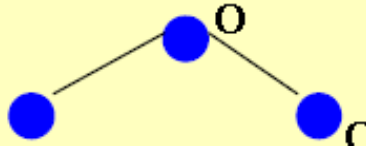
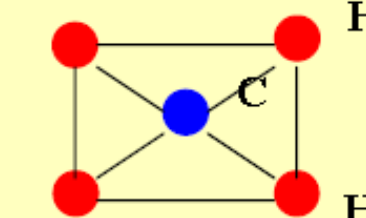
IMMISSIONE DI GAS IN ATMOSFERA

IMMISSIONE DI AEROSOL IN ATMOSFERA

SFRUTTAMENTO DEL TERRENO

forzanti - GHG I

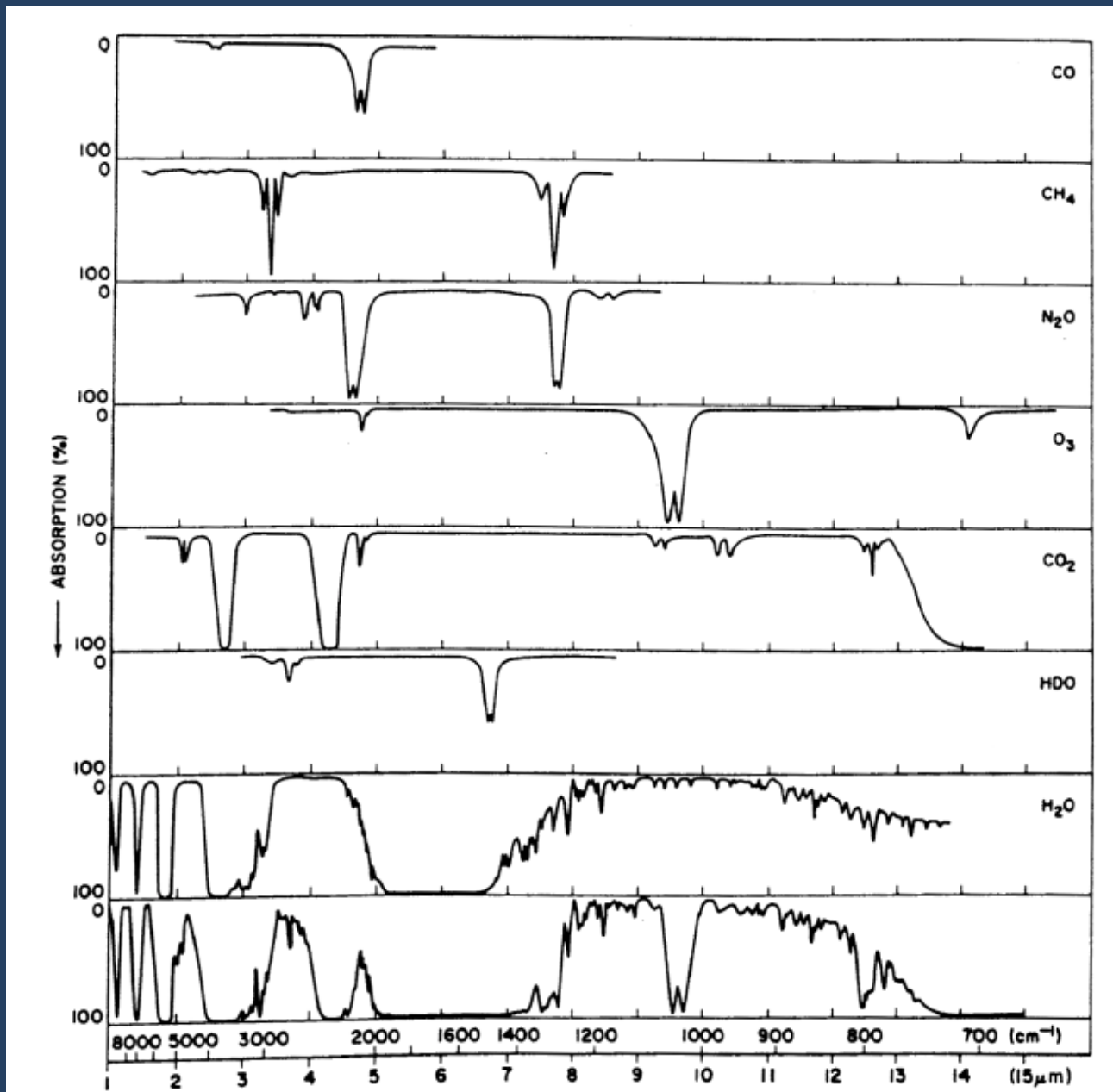
interazione tra radiazione e costituenti atmosferici

Molecule	Structure	Permanent dipole moment	May acquire dipole moment
N ₂	N  N	No	No
O ₂	O  O	No	No
CO	C  O	Yes	Yes
CO ₂	O  O	No	Yes (in two vibrational modes)
N ₂ O	N  N O	Yes	Yes
H ₂ O	 O H H	Yes	Yes
O ₃	 O O O	Yes	Yes
CH ₄	 C H H H H	No	Yes (in two vibrational modes)

Peixoto and Oort (1998)

forzanti - GHG II

spettri di assorbimento dei gas atmosferici

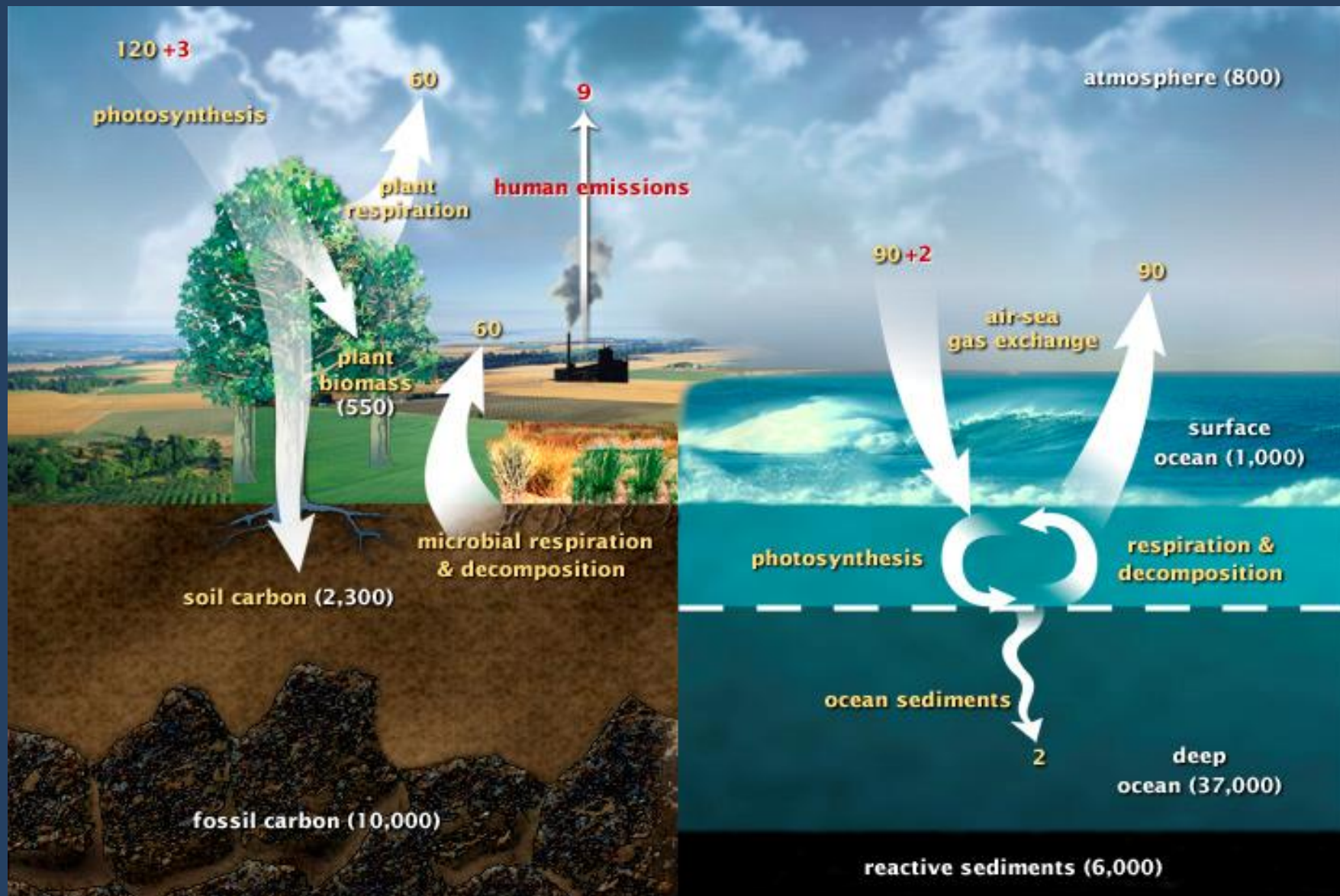


(Valley, 1965)

forzanti - GHG III

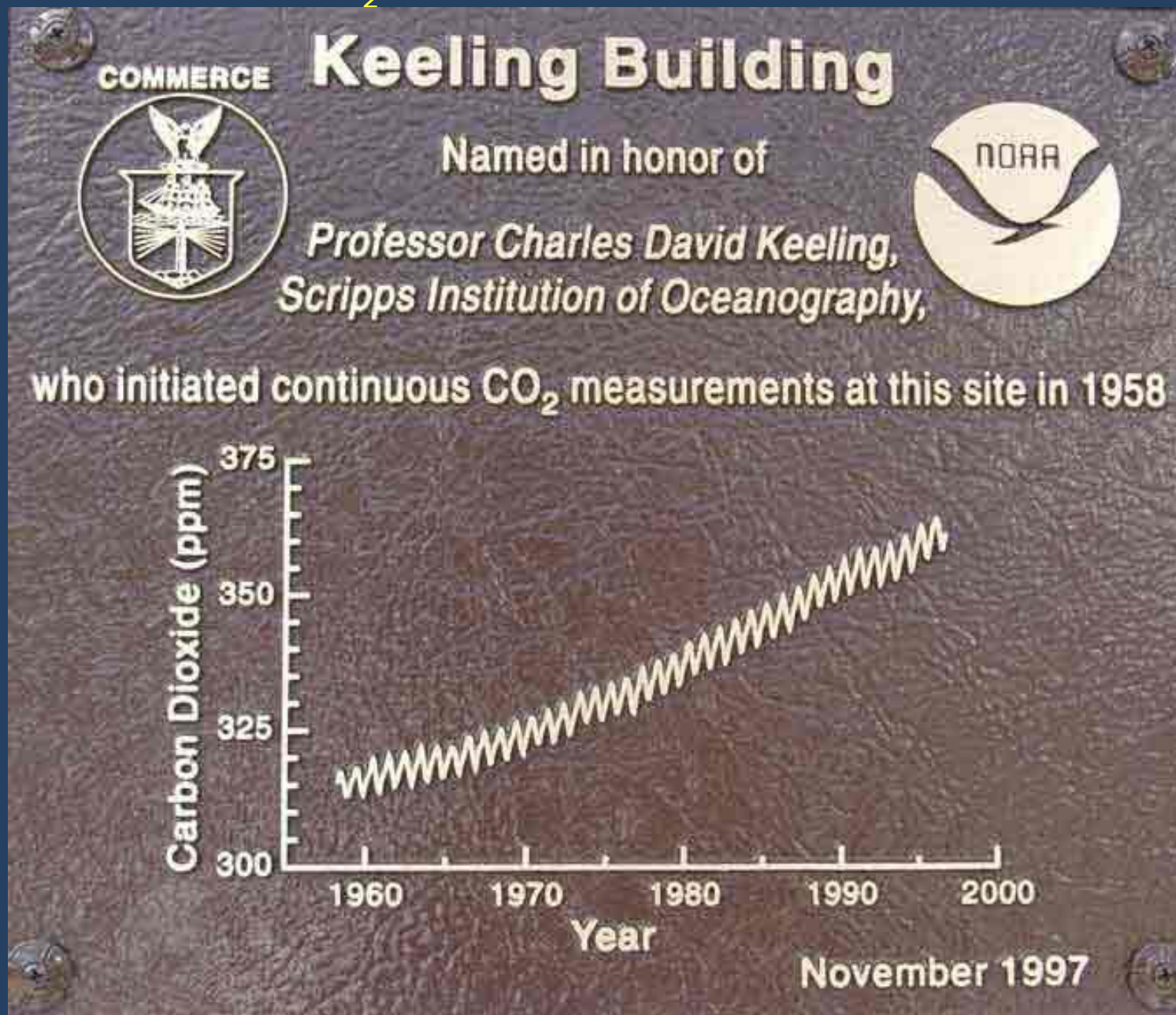
ciclo veloce del carbonio

flussi naturali (GtC/anno) flussi antropici (GtC/anno) riserve (GtC)



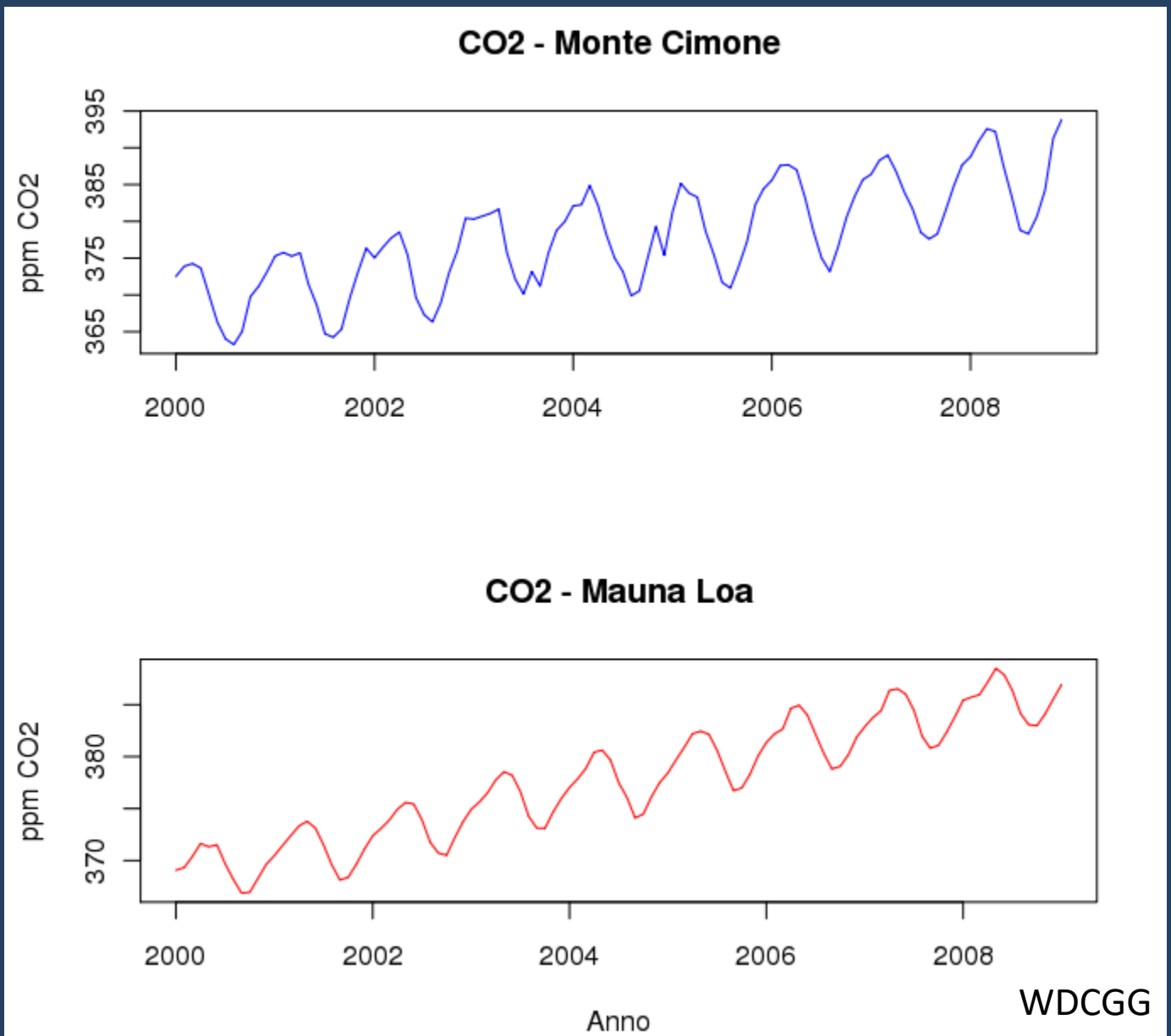
forzanti - GHG IV

misure di contenuto di CO₂



forzanti - GHG V

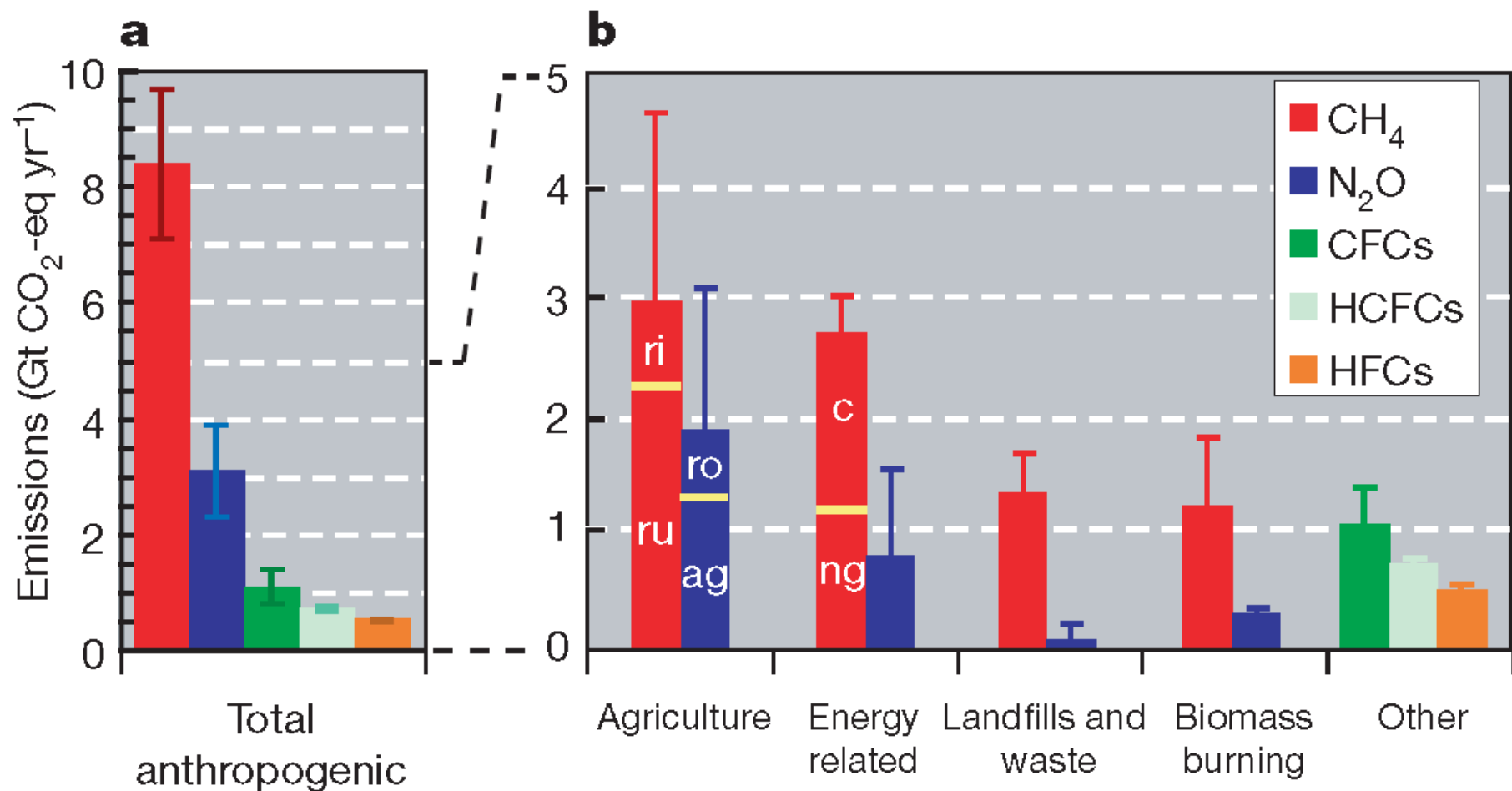
misure di contenuto di CO₂



forzanti - GHG VI

meccanismi di produzione e distruzione di altri GHG

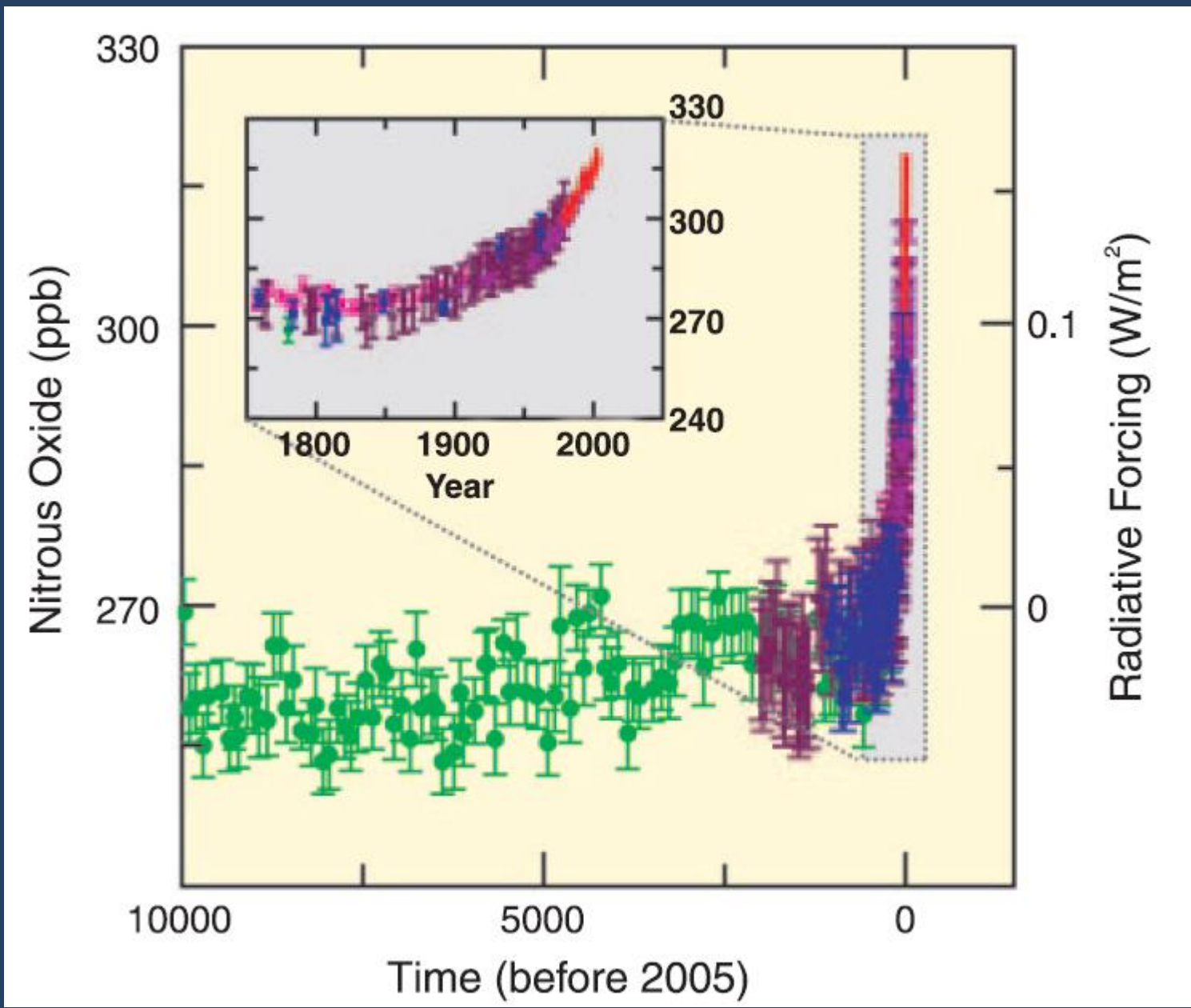
ri: coltivazione del riso; ru: ruminanti; ng: gas naturali; c: miniere
ro: run-off; ag: agricoltura



(Montzka et al, 2011)

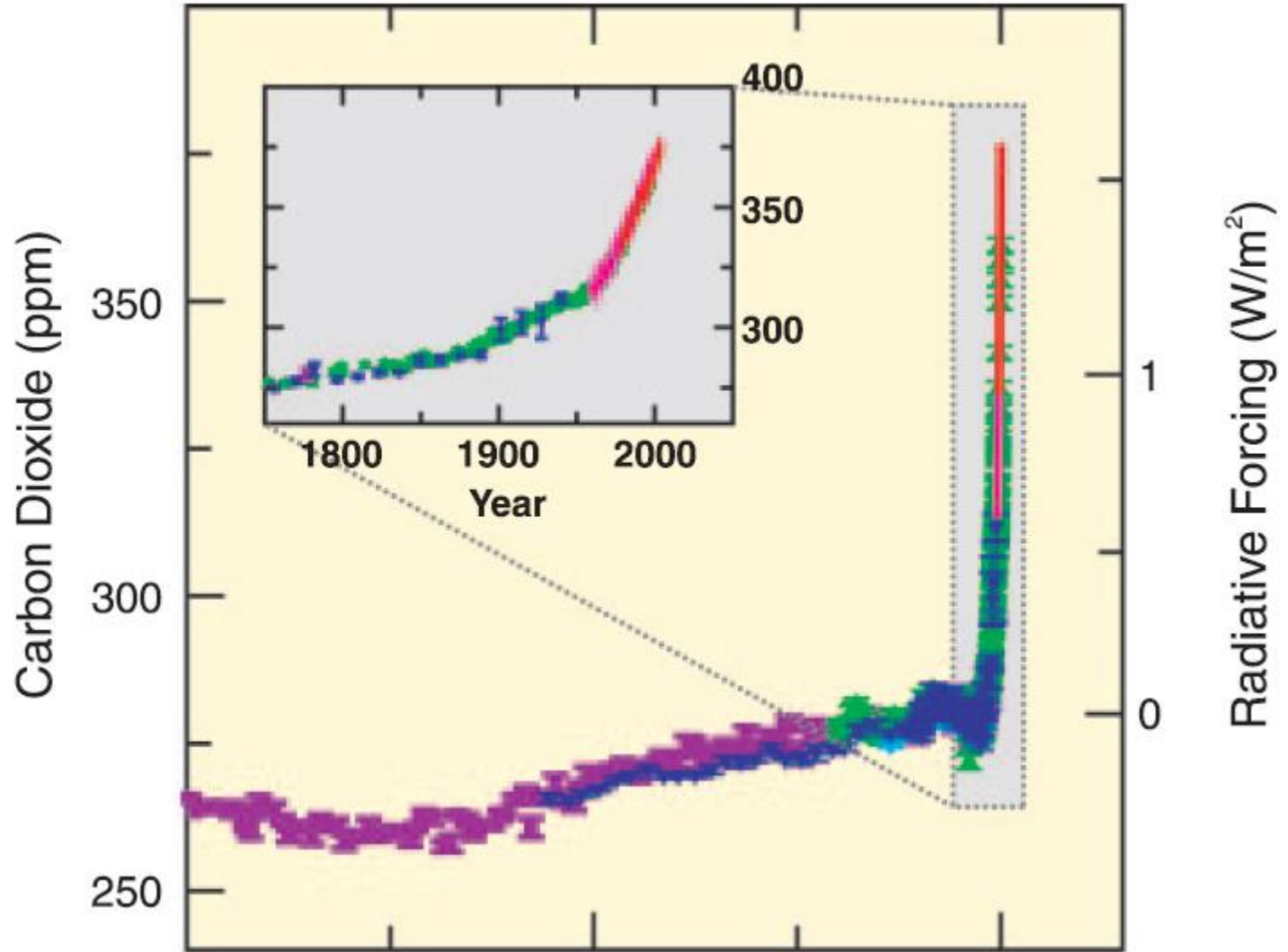
forzanti - GHG VII

record storici (ice cores)



forzanti - GHG VII

record storici (ice cores)



GEOENGINEERING TECHNIQUES

Geoengineering is the large-scale intervention in the Earth system to counteract human-induced climate change. There are two basic approaches to intervention:



CARBON DIOXIDE REMOVAL

Removes carbon dioxide (CO₂) from the atmosphere and storing it for a long time. Techniques include:



Ocean fertilisation

Sprinkle iron to stimulate growth of CO₂-eating phytoplankton



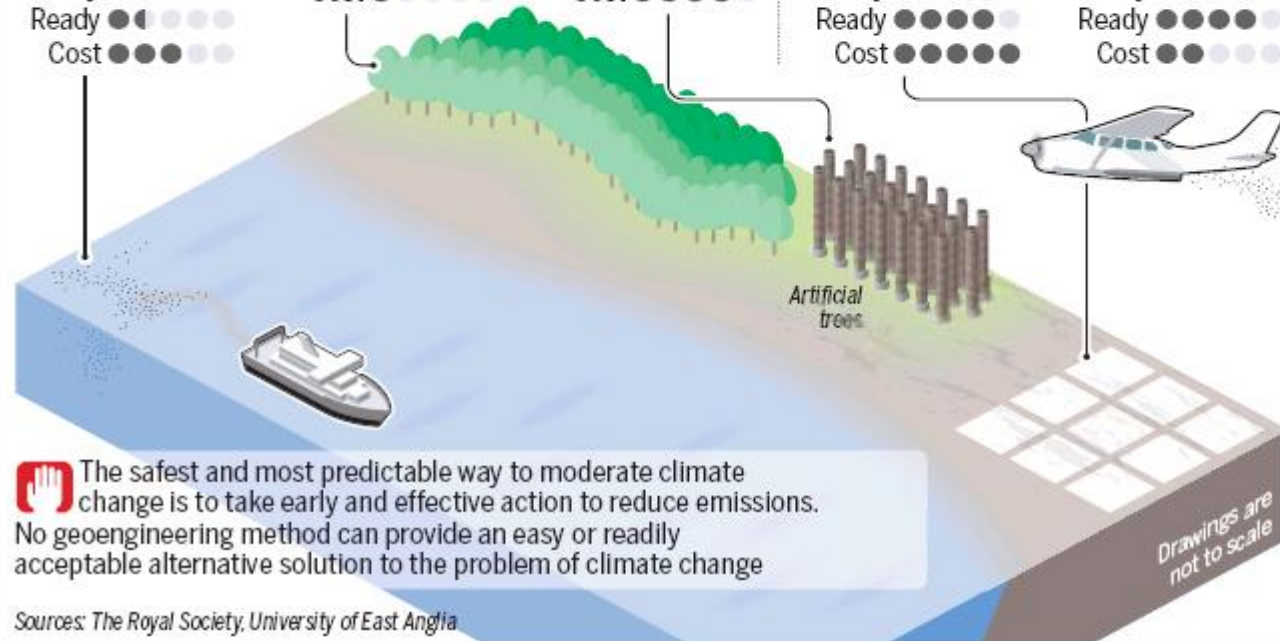
Afforestation

Plant trees on a large-scale to remove CO₂



Air capture

Convert CO₂ into a solid using sodium hydroxide



SOLAR RADIATION MANAGEMENT

Counteracts global warming by reflecting some sunlight back to space. Techniques include:



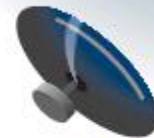
Desert surface albedo

Cover desert surface with reflective sheets to reflect sunlight



Stratospheric aerosol

Inject sulfur to reflect sunlight, increase cloud condensation



Space reflector

Launch mirrors into space to reflect sunlight



The safest and most predictable way to moderate climate change is to take early and effective action to reduce emissions. No geoengineering method can provide an easy or readily acceptable alternative solution to the problem of climate change

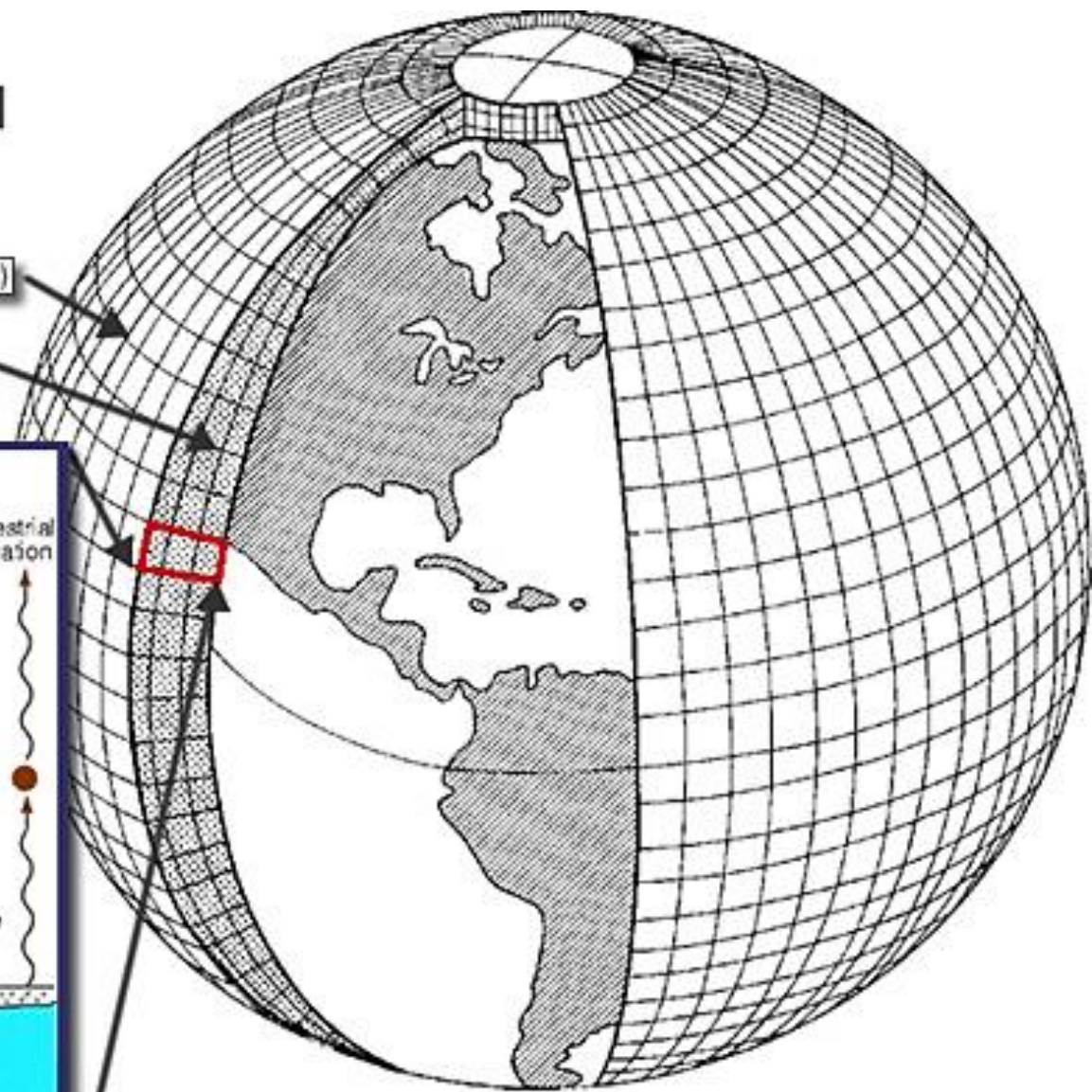
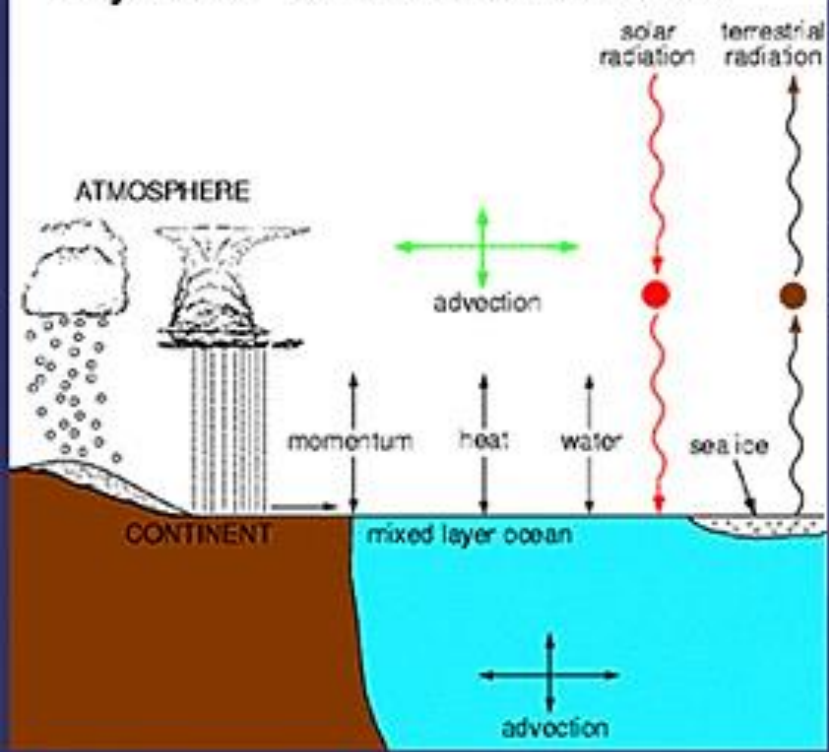
Sources: The Royal Society, University of East Anglia

Schematic for Global Atmospheric Model

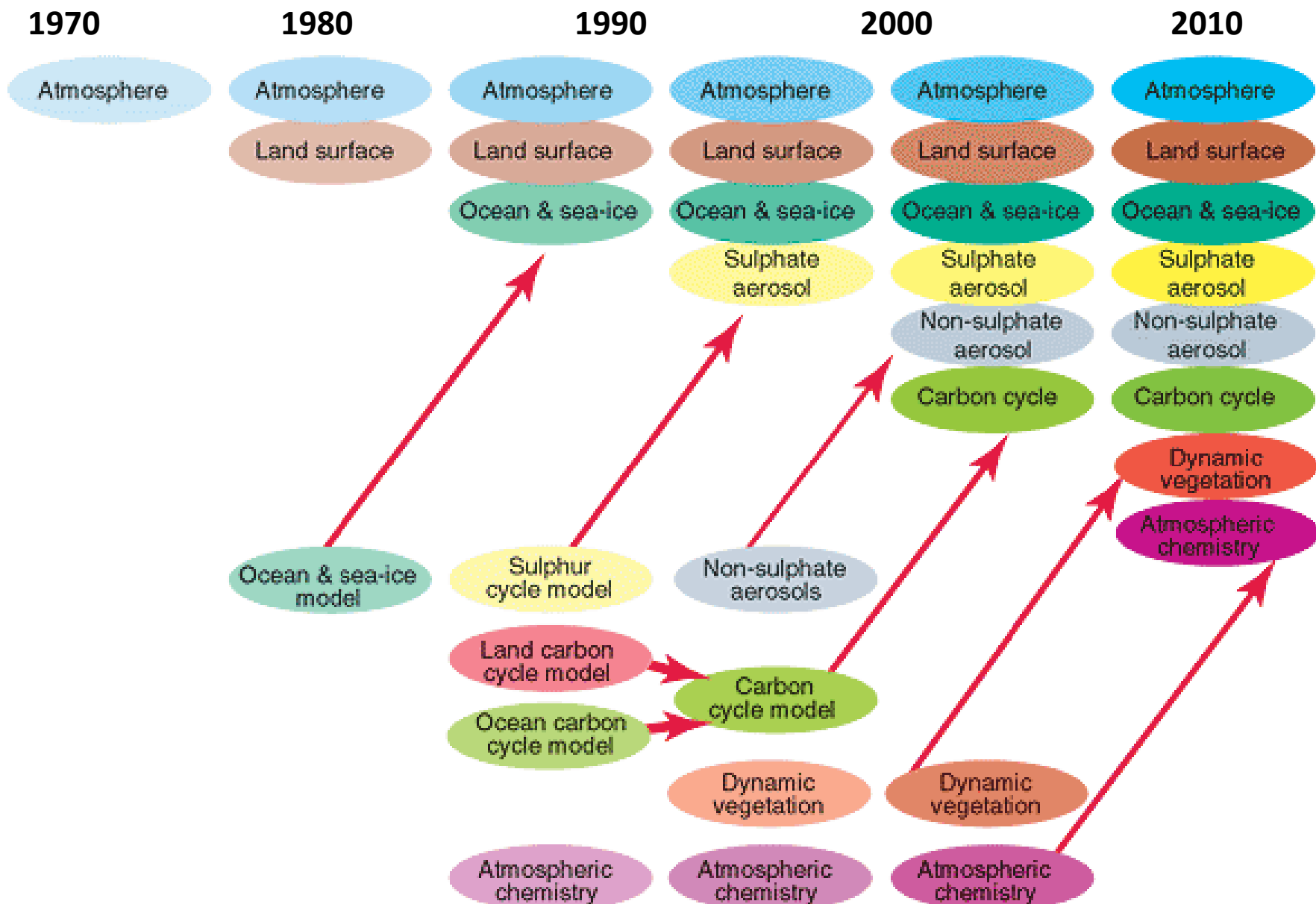
Horizontal Grid (latitude - longitude)

Vertical Grid (height or pressure)

Physical Processes in a Model

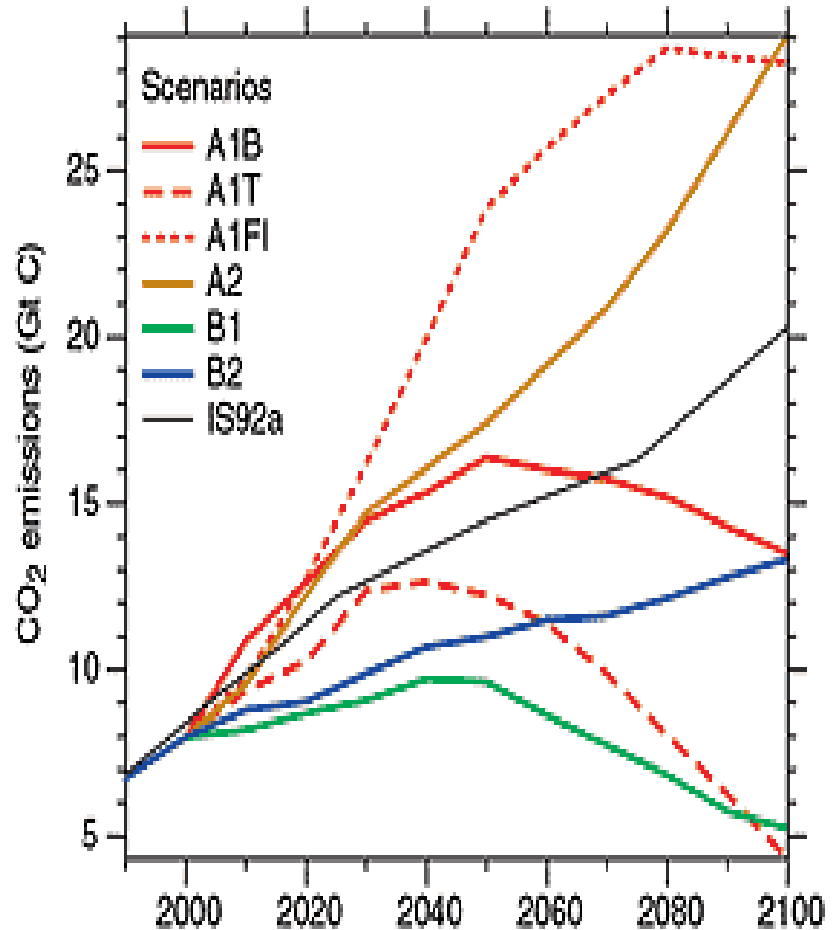


evoluzione dei modelli climatici

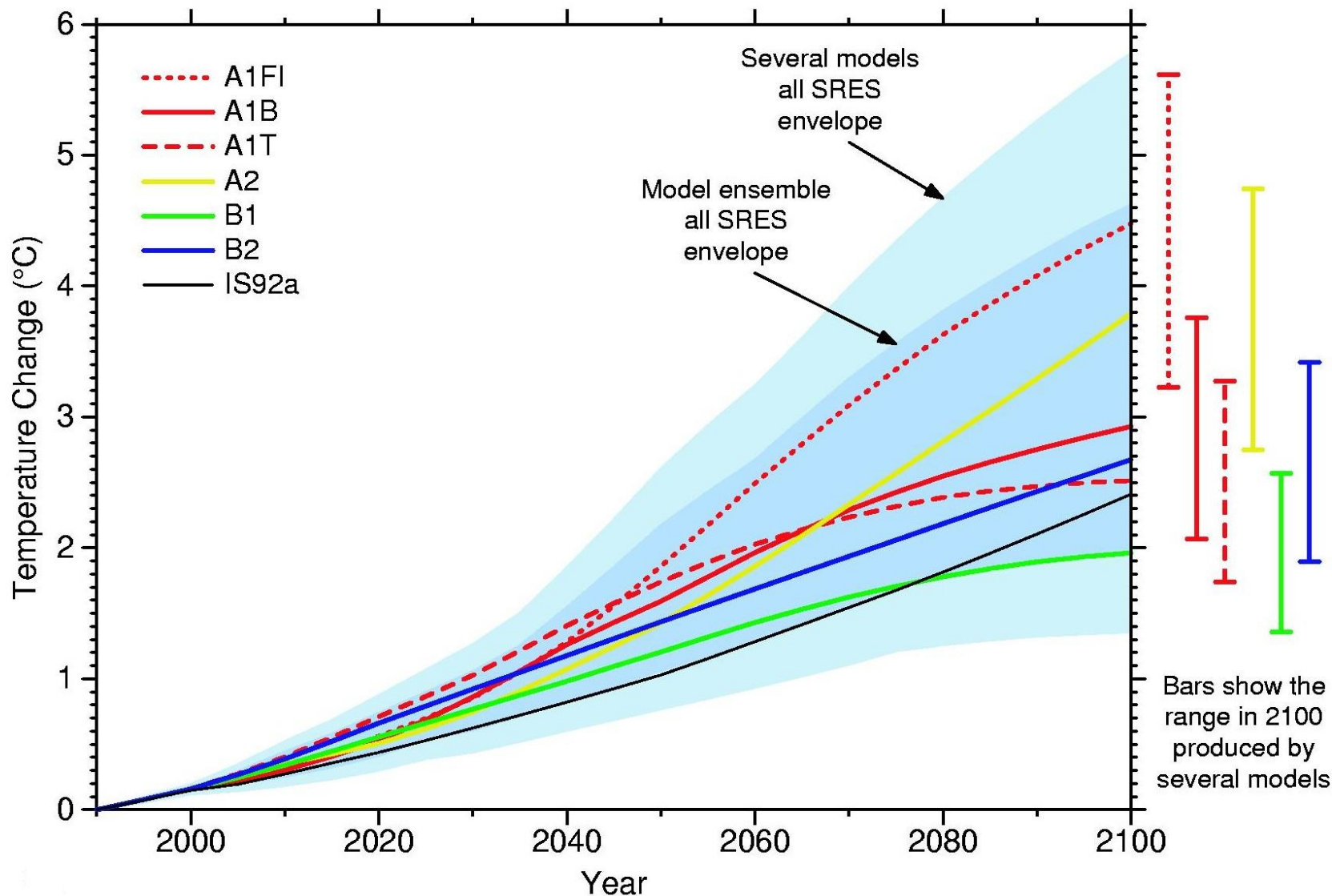


Future Climate Change

- A1: rapida crescita economica con sviluppo tecnologico
 - A1FI: uso intensivo di combustibili fossili
 - A1T: uso di combustibili non-fossili
 - A1B: bilancio di fonti di energia
- A2: espansione demografica
- B1: piu' attenzione ai problemi ambientali
- B2: piu' attenzione alle tematiche locali



per la **temperatura globale** si prevede una **crescita**
da **1.4 a 5.8°C** nel periodo **1990-2100**



**Prediction is very
difficult, especially if
it's about the future.**

-Nils Bohr-