



Una vacanza su Marte?

ovvero clima ed abitabilità degli eso-pianeti

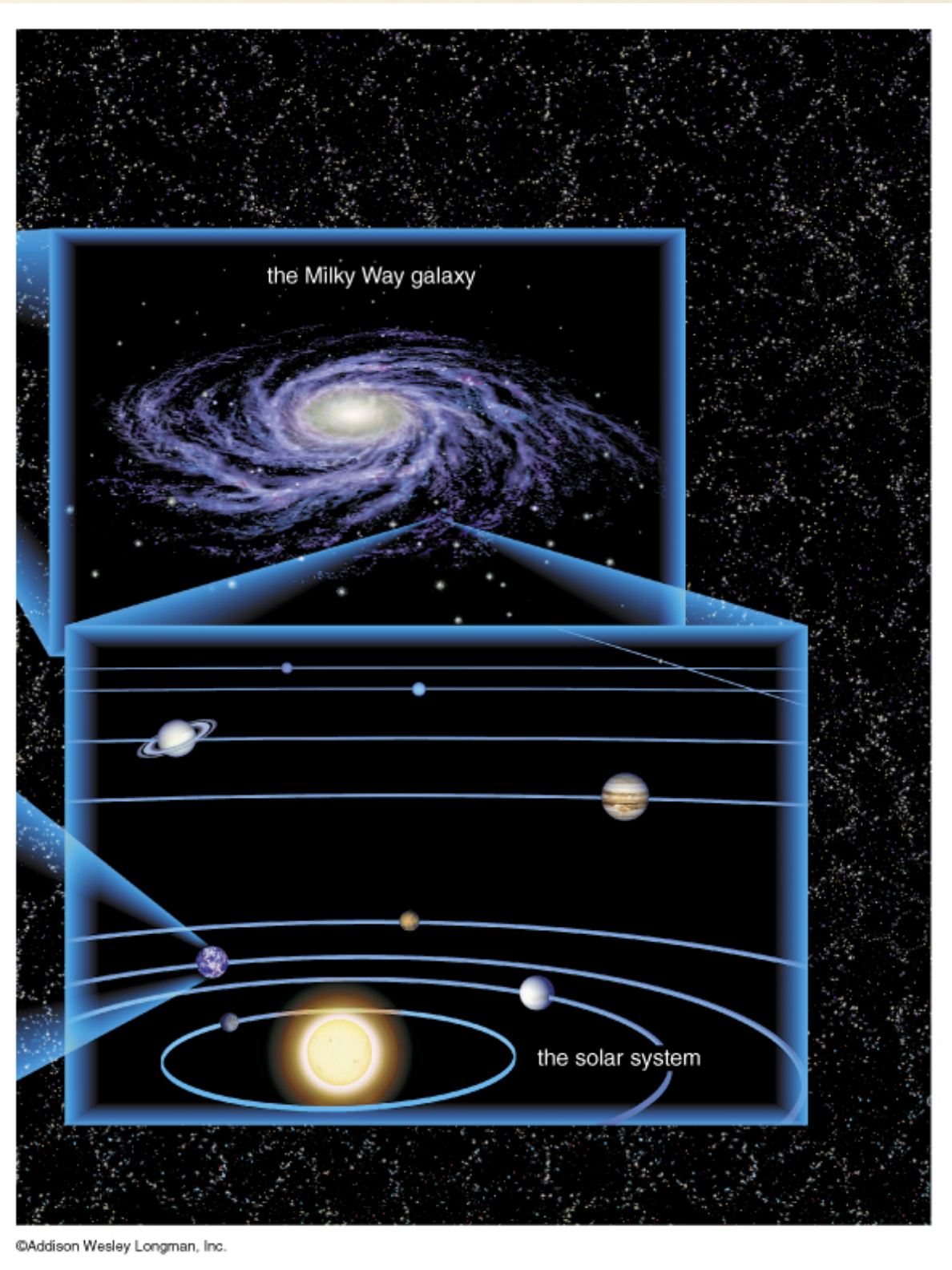


Stefano Covino

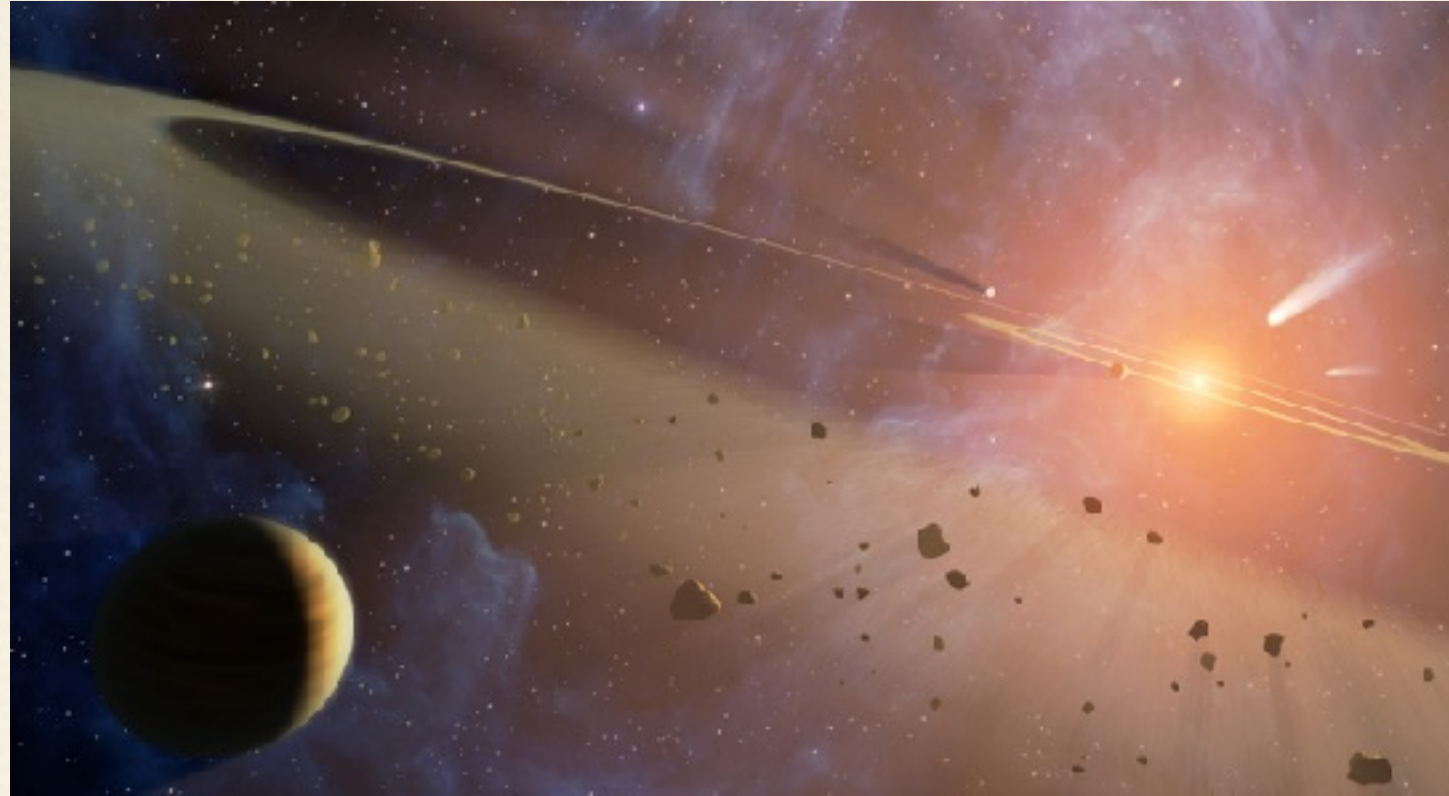
INAF / Osservatorio Astronomico di Brera

I pianeti sono comuni...

- ❖ Grossomodo si pensa che almeno una stella su due abbia un sistema planetario.
- ❖ Ed ogni sistema planetario può essere formato da 1-10 pianeti.
- ❖ centinaia di miliardi di pianeti?



A quanto siamo arrivati?

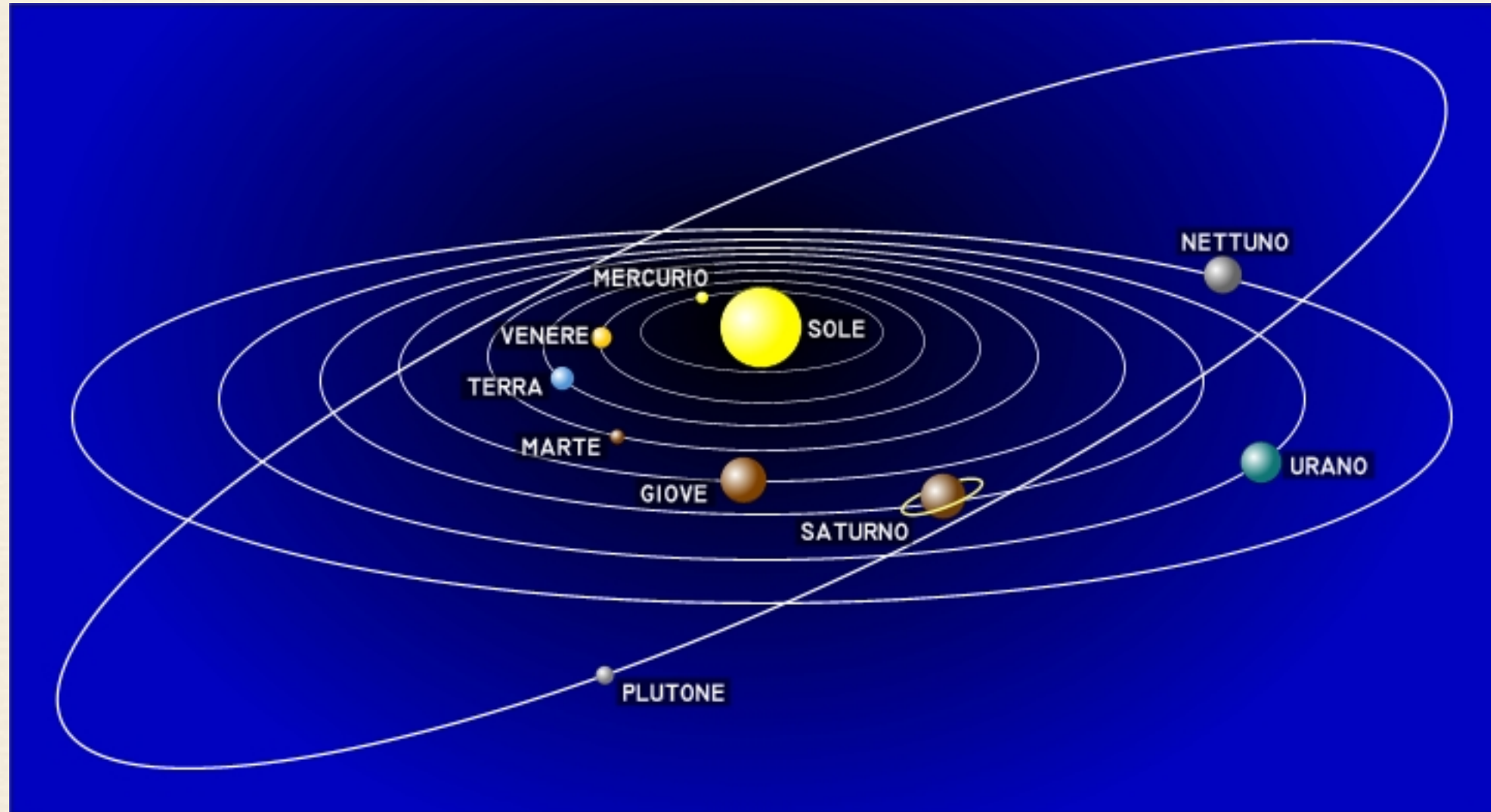


- ❖ All'8 di novembre 2016 siamo a:
 - ❖ 3403 pianeti “confermati”
 - ❖ 4696 pianeti “candidati”



<http://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu>

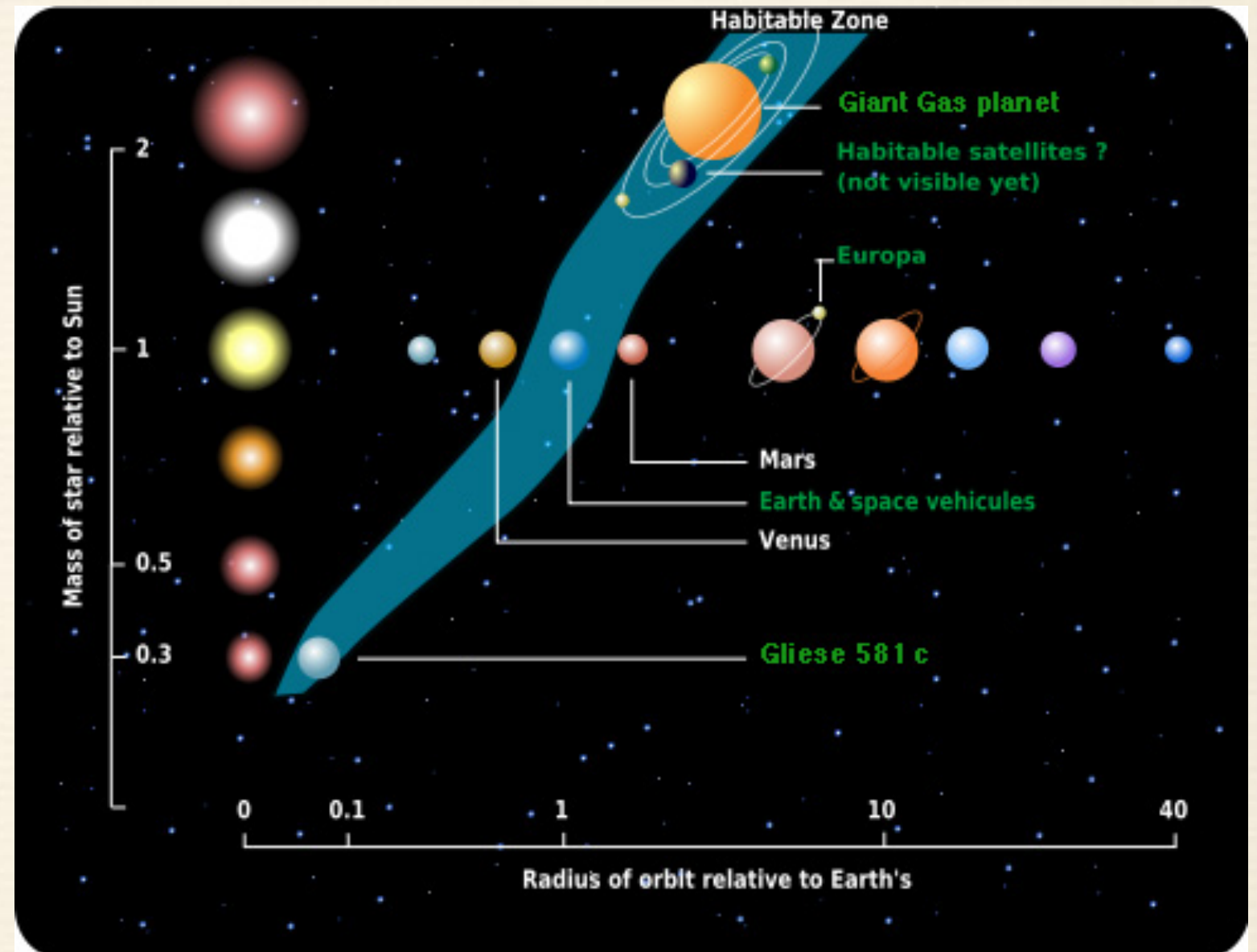
I pianeti del Sistema Solare



- ❖ Pianeti interni, esterni, gassosi, rocciosi, caldi, freddi...

La zona abitabile

- ❖ La “zona abitabile” è una fascia intorno ad una stella dove la temperatura è tale da poter avere un pianeta con acqua liquida.
- ❖ Più una stella è massiccia, più la zona lontana dalla stella.
- ❖ Le stelle massicce però hanno vita breve.
- ❖ Mentre quelle deboli sono spesso molto variabili.
- ❖ Al momento ci sono alcune decine di pianeti con orbite entro la zona di abitabilità!



In maggiore dettaglio...

- ❖ Il problema dell'abitabilità ha molti aspetti da considerare:
 - ❖ tipo di stella (spettro, età, composizione chimica...);
 - ❖ distanza pianeta-stella;
 - ❖ eccentricità dell'orbita;
 - ❖ massa del pianeta;
 - ❖ densità del pianeta (gassoso, roccioso);
 - ❖ comunque, se ci limitiamo alla vita batterica tutto è più semplice...

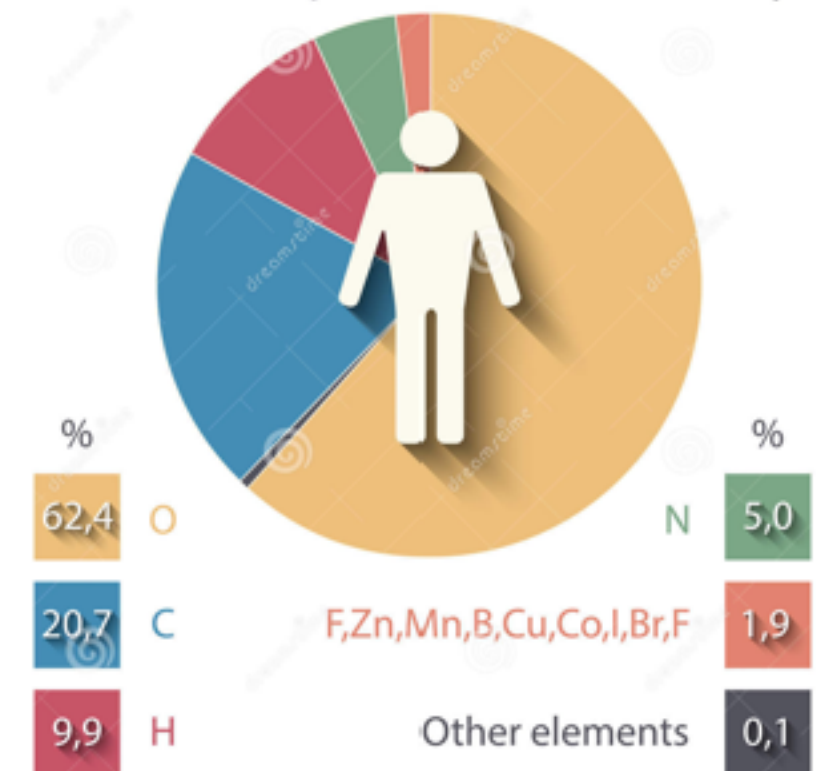


Composizione chimica (SPONCH)!

- ❖ Carbonio (C), idrogeno (H), ossigeno (O), azoto (N), zolfo (S), fosforo (P), ferro (Fe), magnesio (Mg)...
- ❖ Venere, Marte, e la Terra (ovvio...) vanno bene.
- ❖ Nel Sistema Solare interessanti anche Titano, Europa, Callisto, Ganimede, forse anche Cerere ed Encelado.

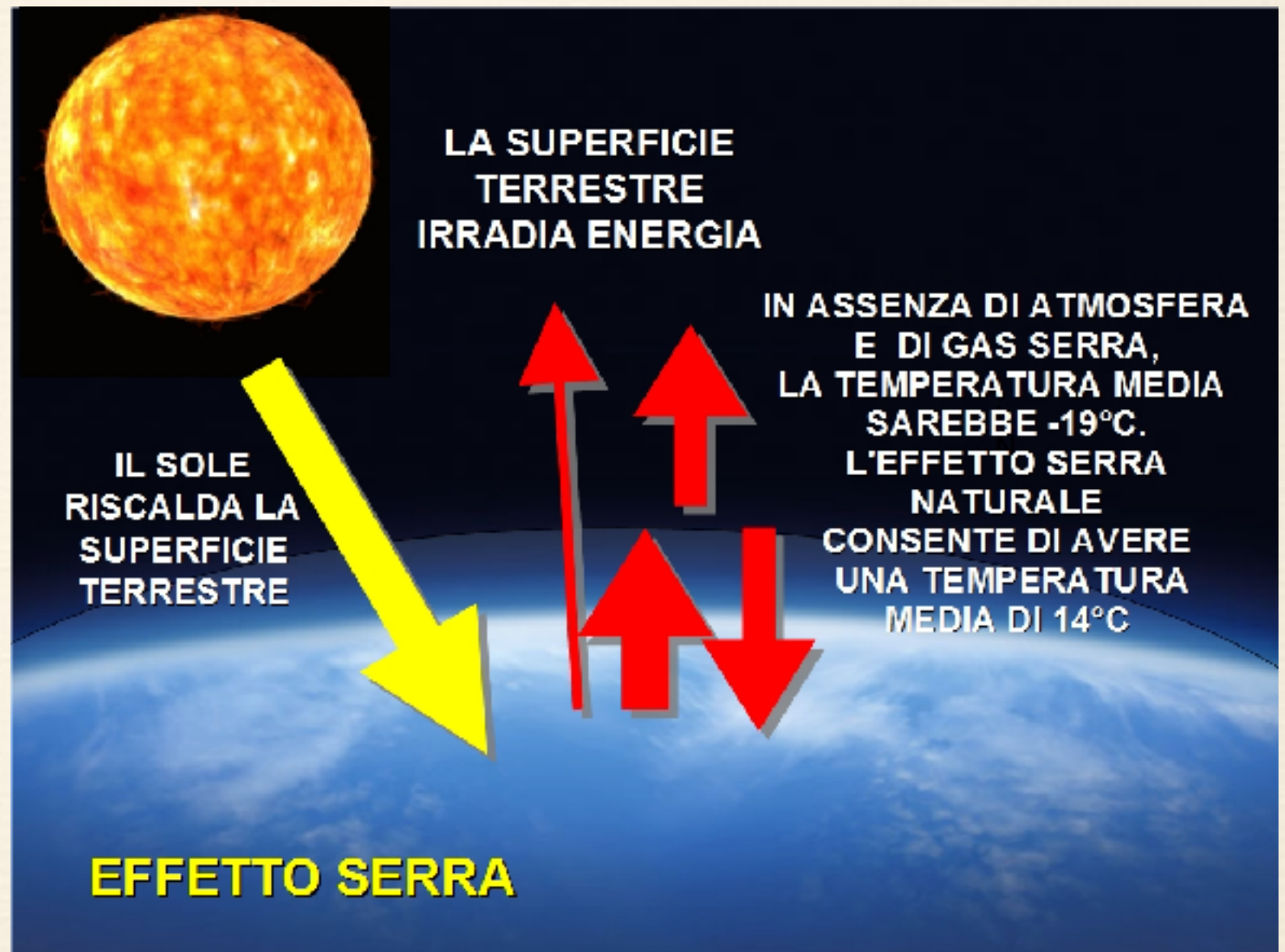


Elemental composition of the human body



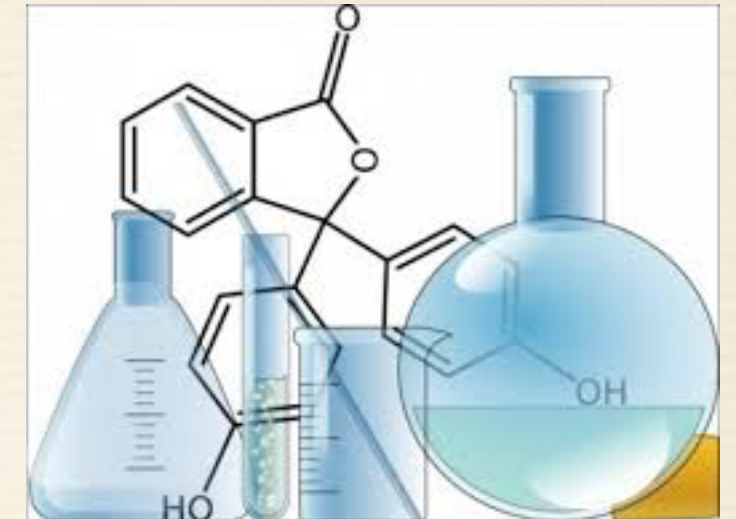
L'atmosfera

- ❖ Ad esempio, la Terra dovrebbe essere molto più fredda di come è se dipendesse solo dalla distanza dal Sole.
 - ❖ Circa $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$ invece dei $+14\text{ }^{\circ}\text{C}$ che misuriamo (media).
- ❖ Questo dipende dall'atmosfera e dall'effetto serra che è attivo.



Sorella acqua...

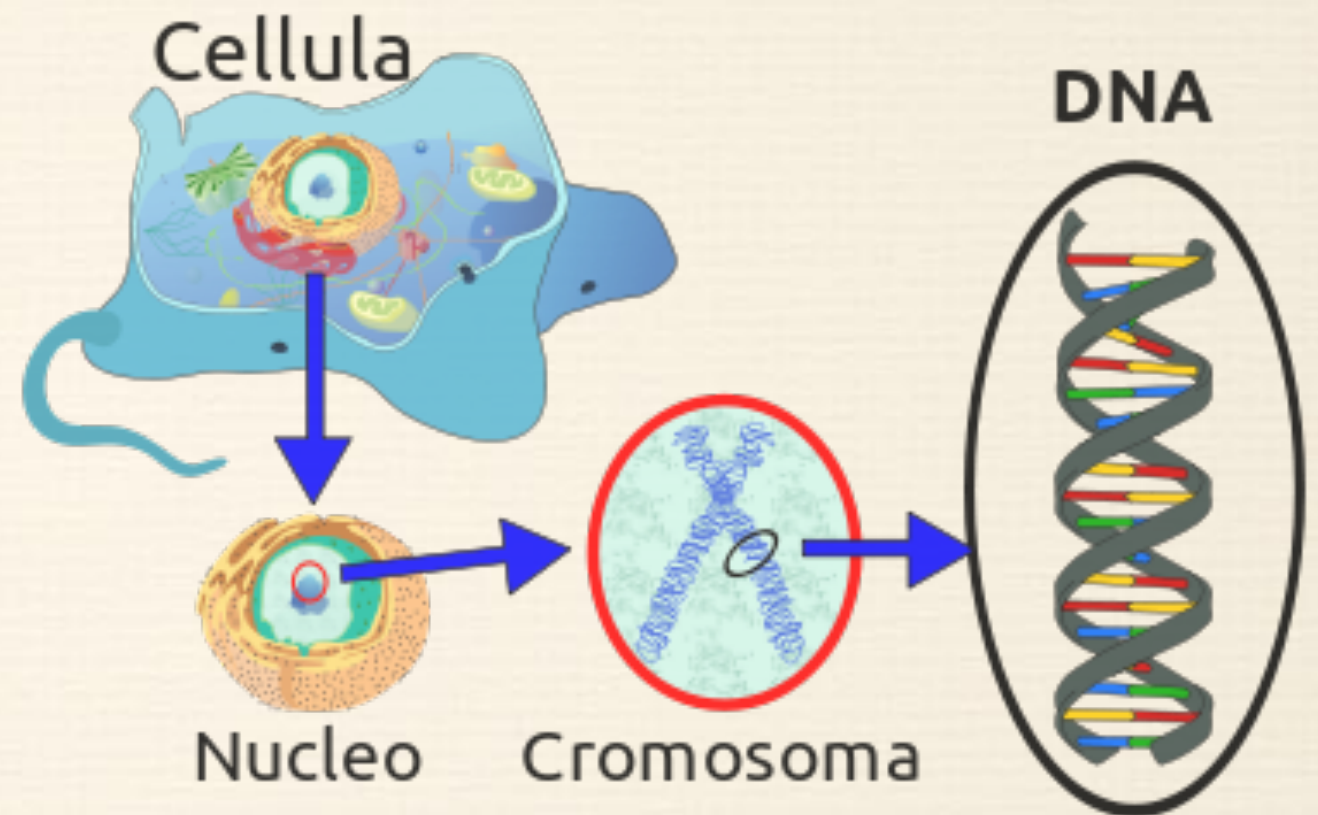
- ❖ L'acqua, liquida, è un elemento chiave.
 - ❖ È abbondante, e se liquida rende possibile il trasporto di energia, molecole... la chimica!
 - ❖ L'ammoniaca liquida, NH_3 , ed alcuni idrocarburi (metano CH_4 , etano C_2H_6) potrebbero anche servire allo scopo.
- ❖ L'acqua ha una caratteristica fondamentale, è un liquido polare!



L'acqua (liquida) è abbondante sulla Terra, ma è presente su Marte, e probabilmente all'interno di Europa e di altri satelliti del Sistema Solare.

La Terra è speciale?

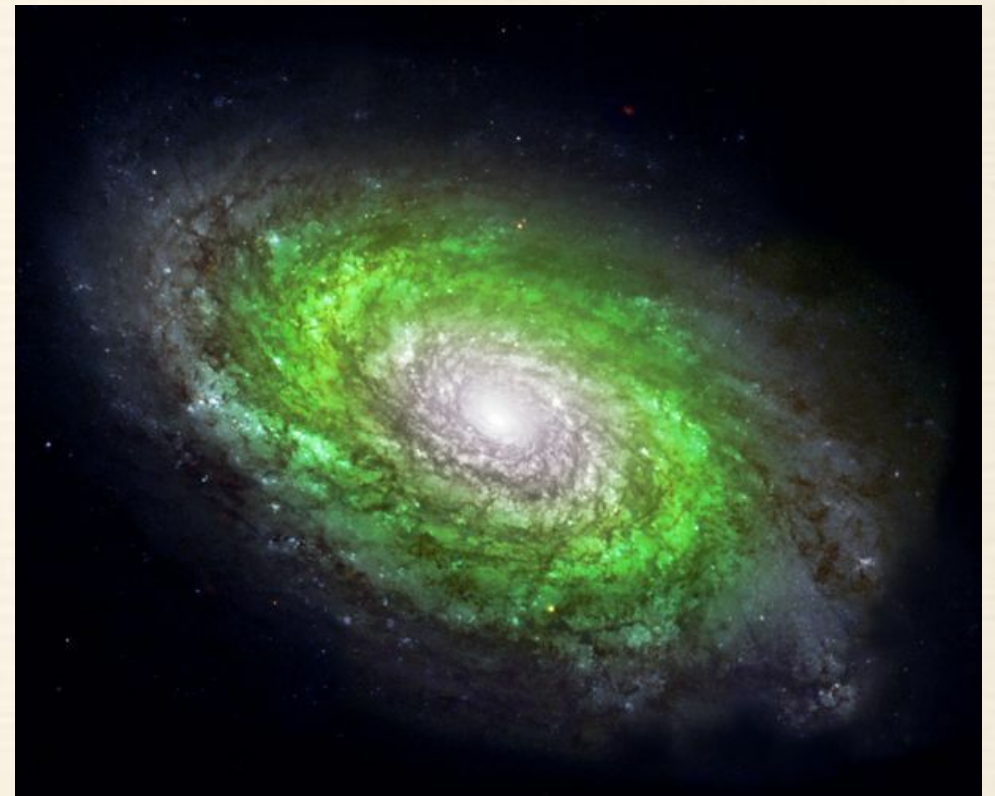
- ❖ Sì! Da molti punti di vista lo è.
- ❖ Se ci limitiamo alle condizioni di base per l'insorgere della vita "come noi la conosciamo" alcuni aspetti si possono definire:
 - ❖ Non è troppo fredda e neppure troppo calda, ovvero l'acqua è allo stato liquido.
 - ❖ Orbita intorno ad una stella che è stabile per un tempo sufficientemente lungo da garantire adeguate condizioni per la chimica necessaria alla vita.



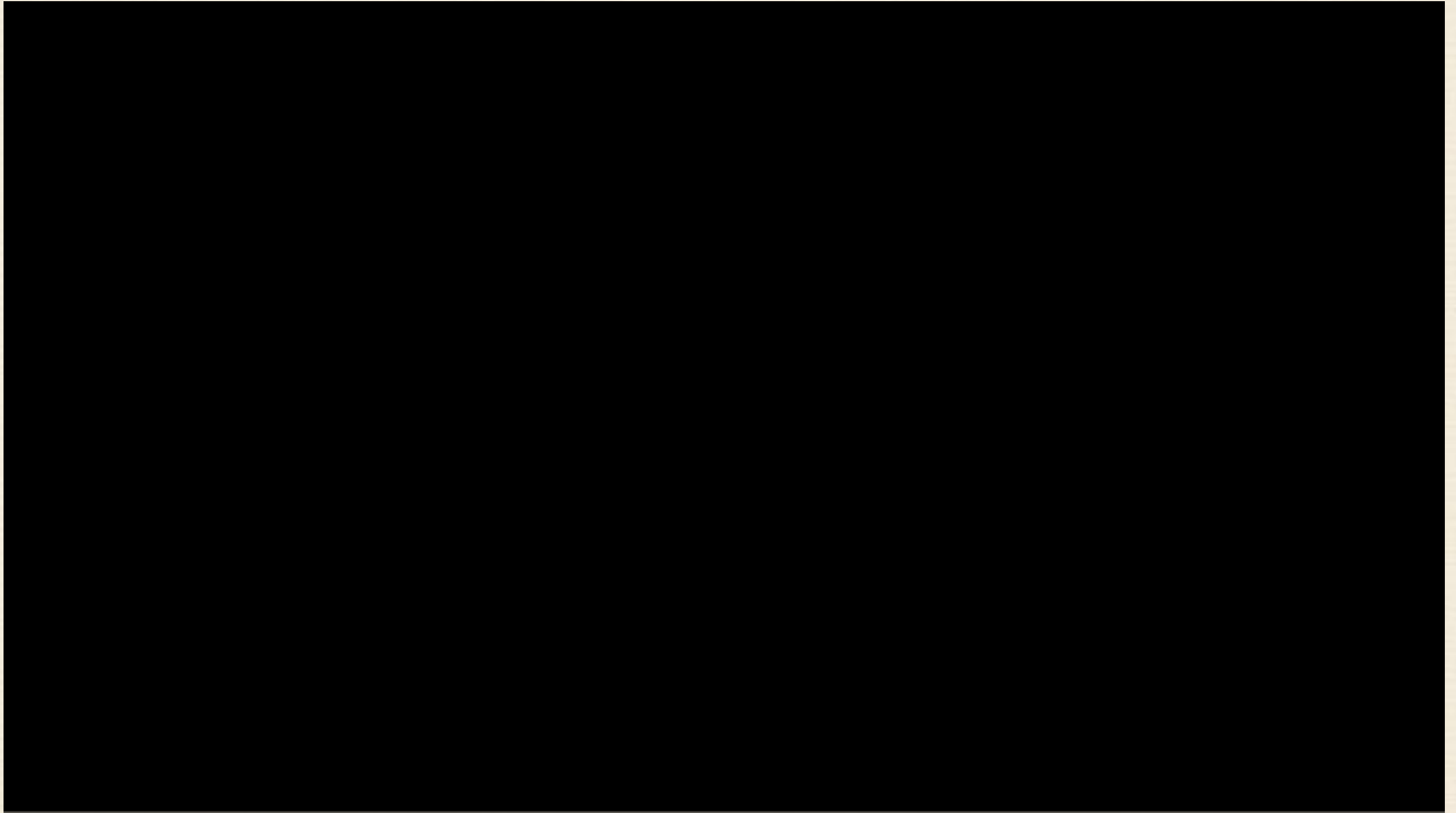
- ❖ Altri fattori non sono ancora chiari, il ruolo della Luna ad esempio...

Dove, nella Galassia?

- ❖ È un aspetto poco noto, le zone interne a maggiore densità stellare sono forse inadatte.
- ❖ Eccessiva probabilità di supernove e lampi di luce gamma.
- ❖ Orbite complesse e maggiore probabilità di perturbazioni.



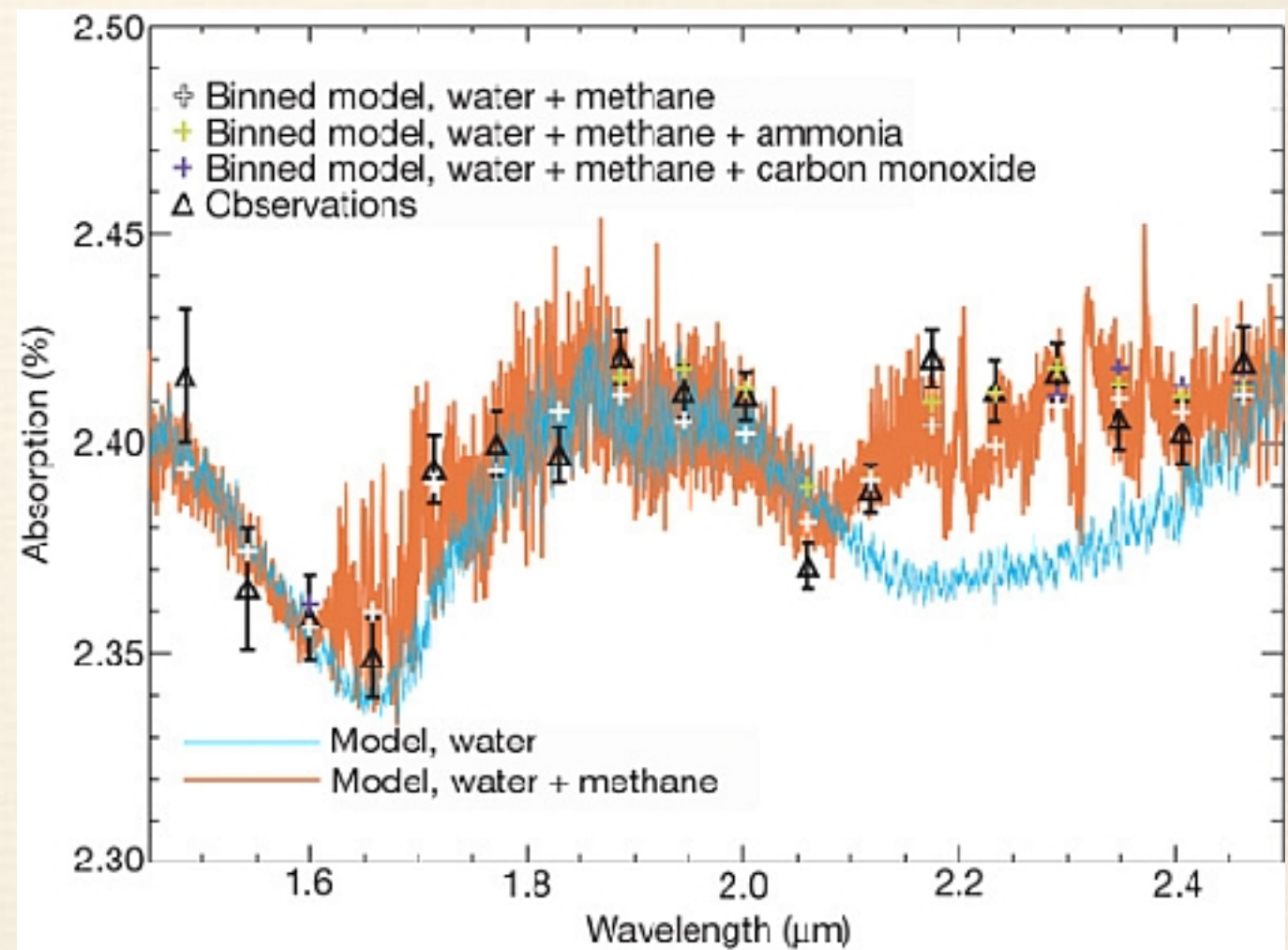
Come si osservano le atmosfere degli eso-pianeti?



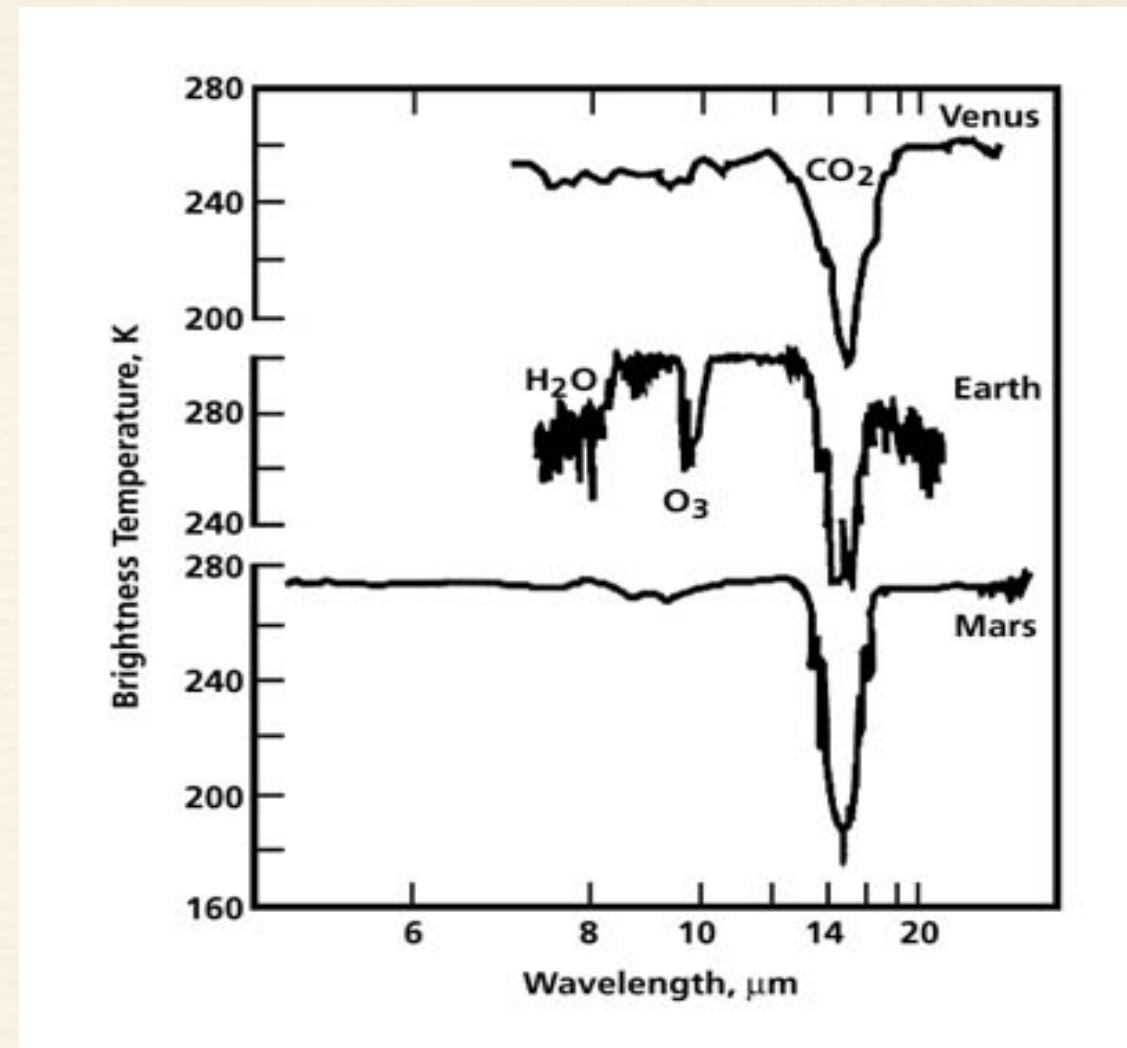
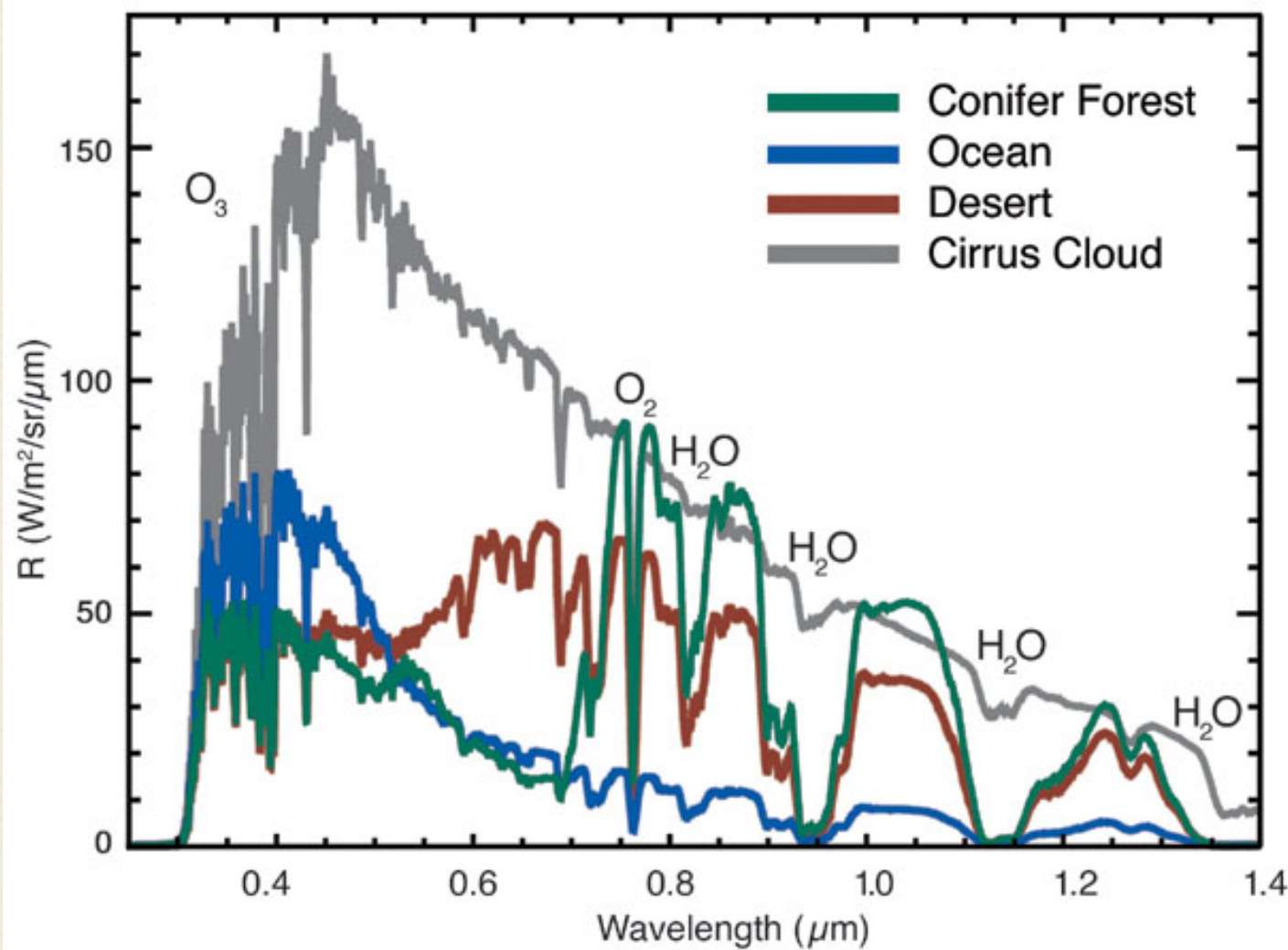
Pianeti abitabili?

- ❖ La ricerca è, al momento, oltre le nostre capacità tecnologiche.
- ❖ Tuttavia si stanno facendo passi avanti. Conosciamo ad esempio l'atmosfera di alcuni eso-pianeti giganti gassosi:

Spettro dell'atmosfera di HD189733b

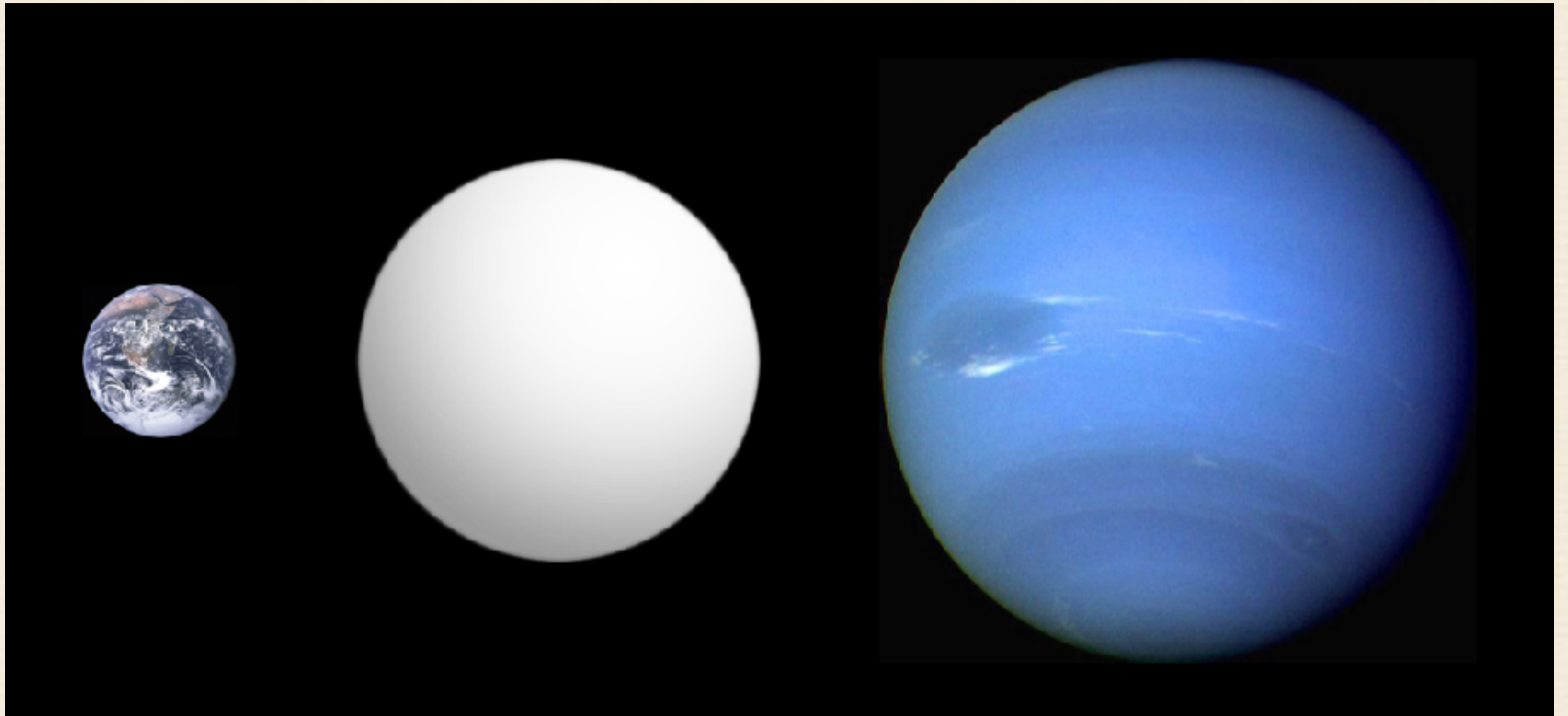


Alla ricerca dei “biomarcatori”



- ❖ Lo studio delle atmosfere degli exo-pianeti è quindi di importanza fondamentale.

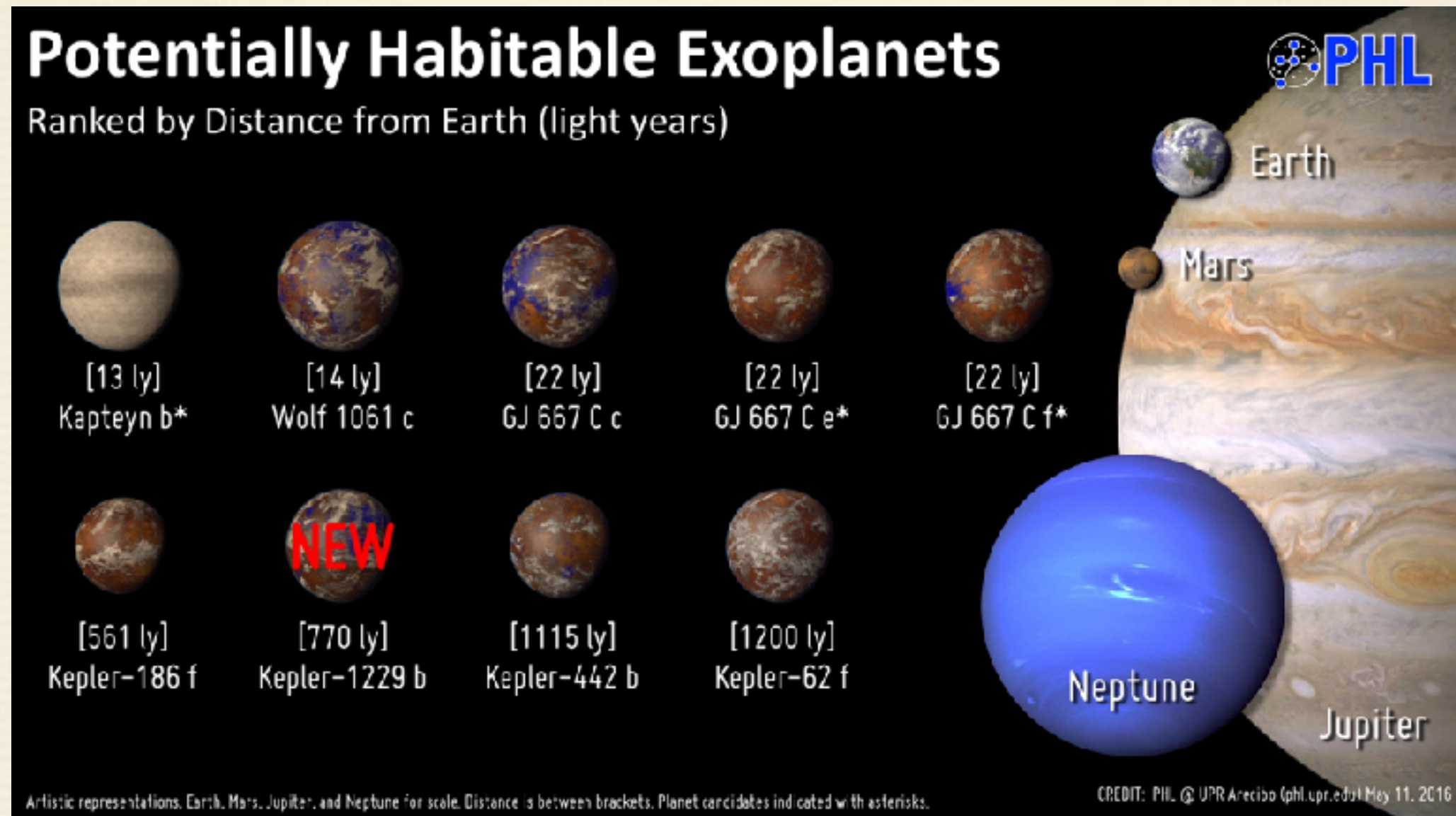
Waterworld: Gliese 1214b



- ❖ Osservazioni spettroscopiche dell'atmosfera di questo pianeta “possono” suggerire la presenza di grandi quantità d'acqua. Ma anche altre possibilità (nubi spesse, ecc.).

L'atmosfera di 55 Cancri e, “il diamante velenoso”, una super-terra in vicinanza della sua stella. Idrogeno ed elio ma non vapor d'acqua.

Dal “catalogo di eso-pianeti abitabili”:



In realtà in totale sono 33, includendo quelli meno promettenti: 13 terrestri e 29 super-terrestri.

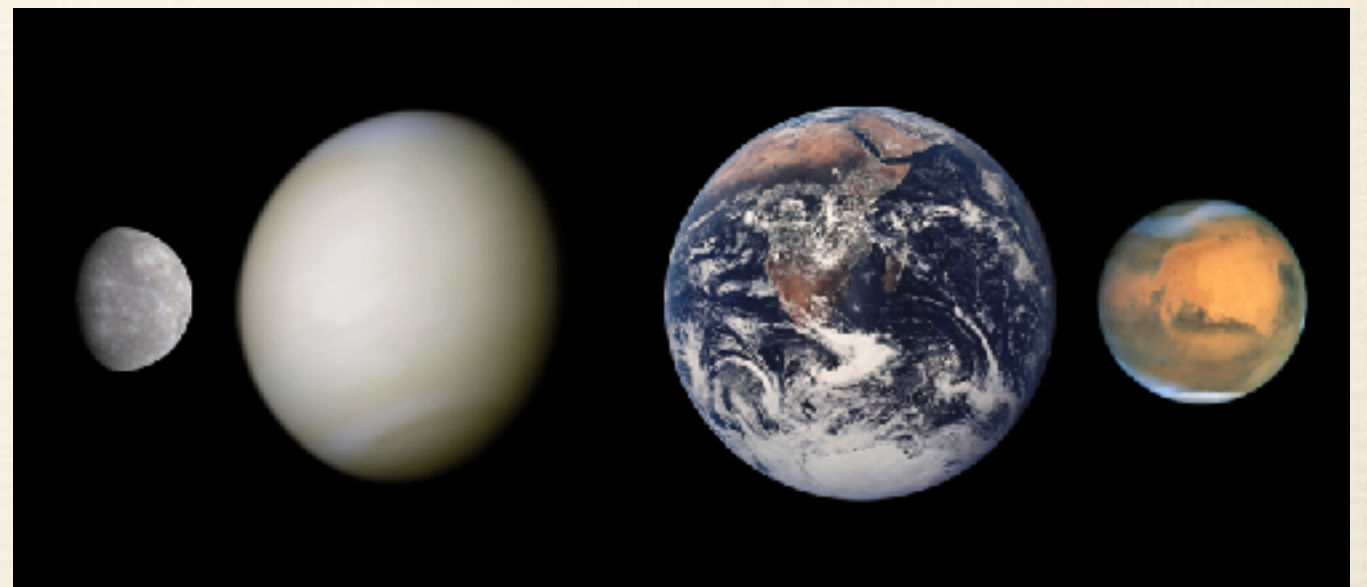
<http://phl.upr.edu/projects/habitable-exoplanets-catalog>

Qualche curiosità:

- ❖ Kapteyn b: -68°C , effetto serra?
- ❖ Wolf 1061 c: rotazione sincrona
- ❖ Gliese 667 C c, e, f: $c +27^{\circ}\text{C}$
- ❖ Kepler 186 f: raggio simile Terra
- ❖ Kepler 1229 b: orbita intorno ad una nana rossa
- ❖ Kepler 442 b: ESI più elevato (0,84)
- ❖ Kepler 62 f: $+6^{\circ}\text{C}$, effetto serra?

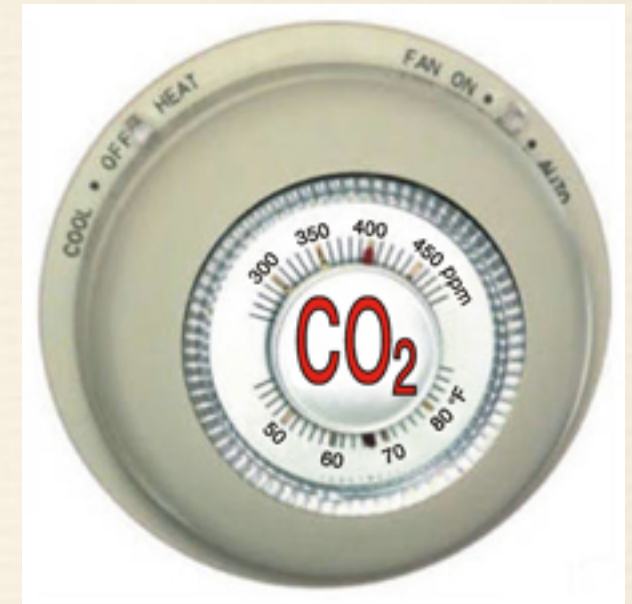
Earth Similarity Index

- ❖ Funzione di temperatura, massa, densità, ecc.
- ❖ Mercurio: 0,60, Venere: 0,78, Terra: 1,0, Marte: 0,70.



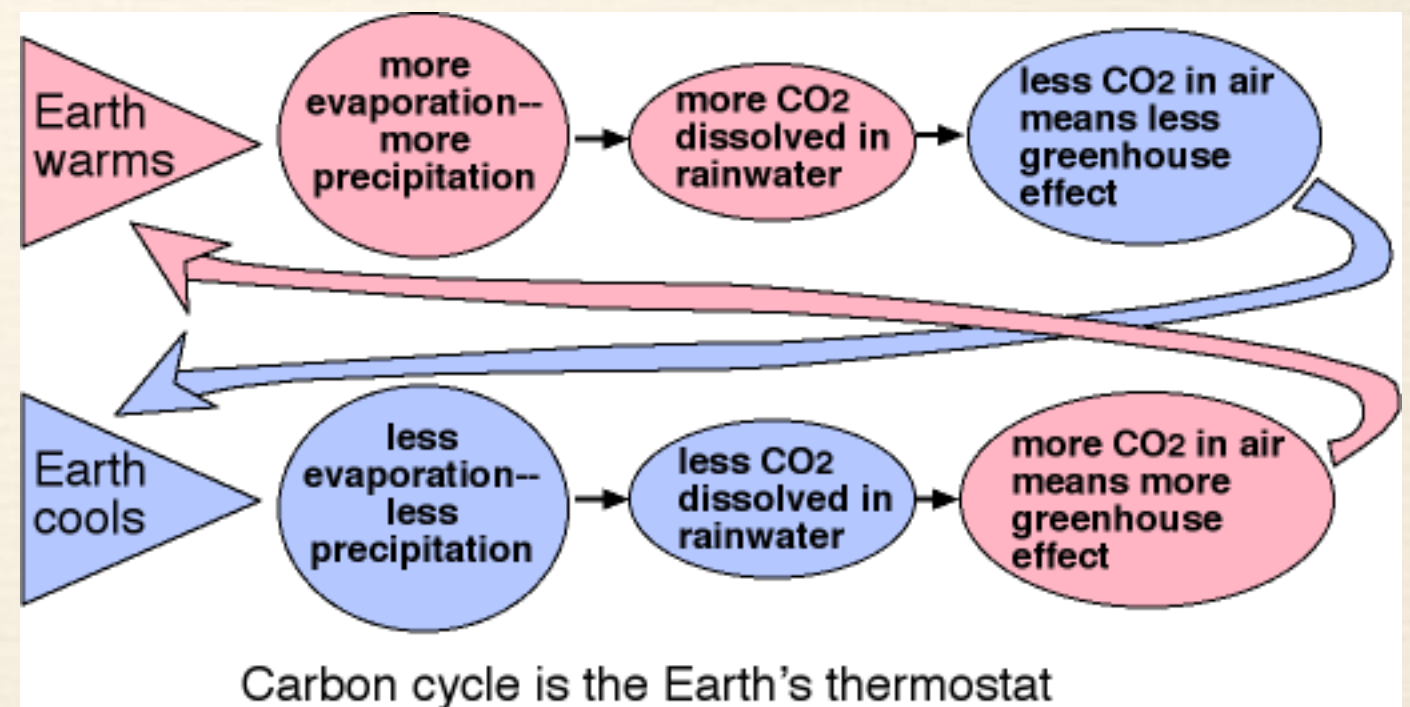
Ma cosa regola il “clima” di un eso-pianeta?

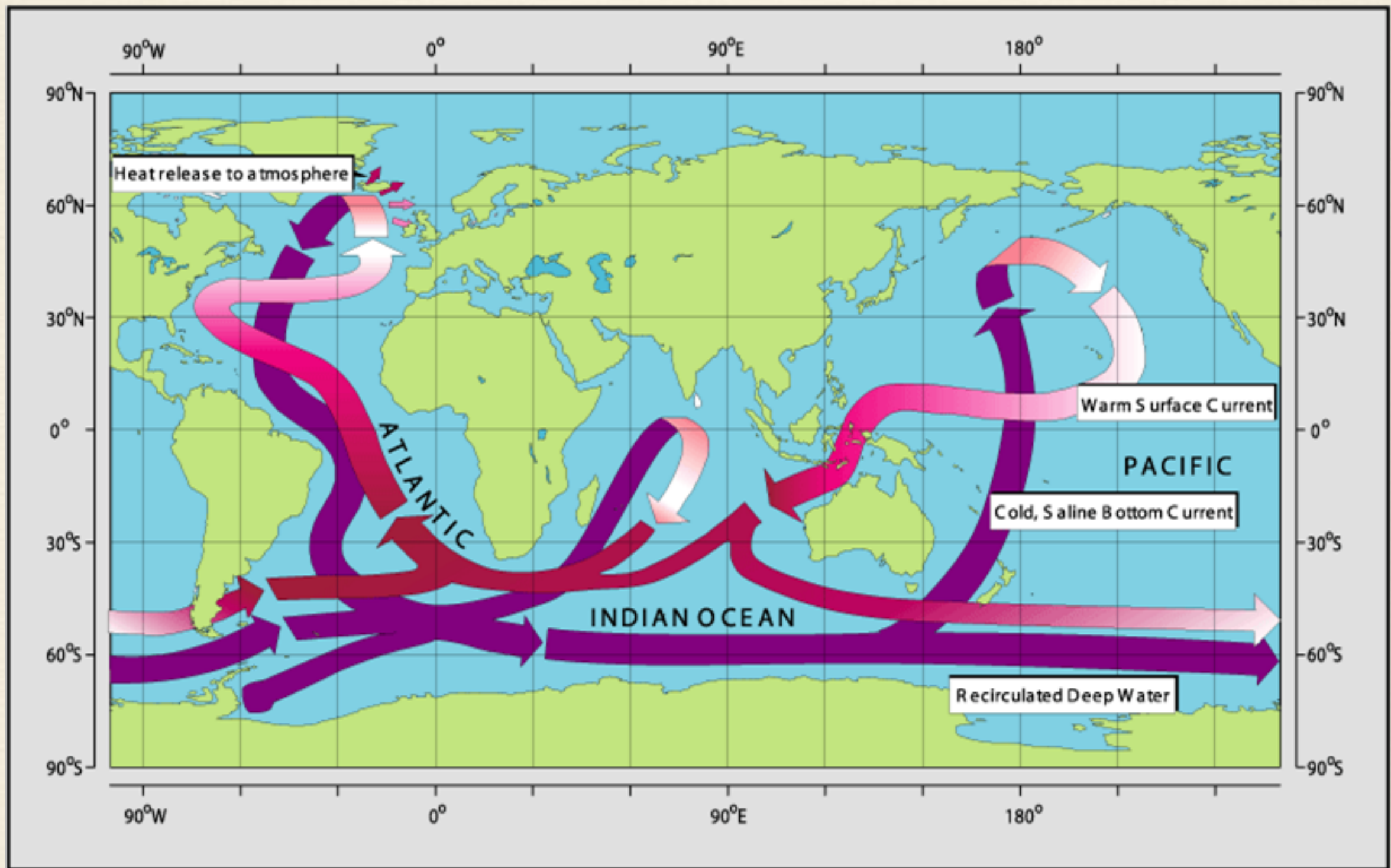
- ❖ Il clima è un sistema enormemente complesso.
 - ❖ Sulla Terra ad esempio la presenza di oceani e di una rotazione abbastanza rapida stabilizza il clima e distribuisce la temperatura.



- ❖ Il ruolo di alcuni processi è delicato ma insostituibile, come ad esempio il “termostato a biossido di carbonio”.

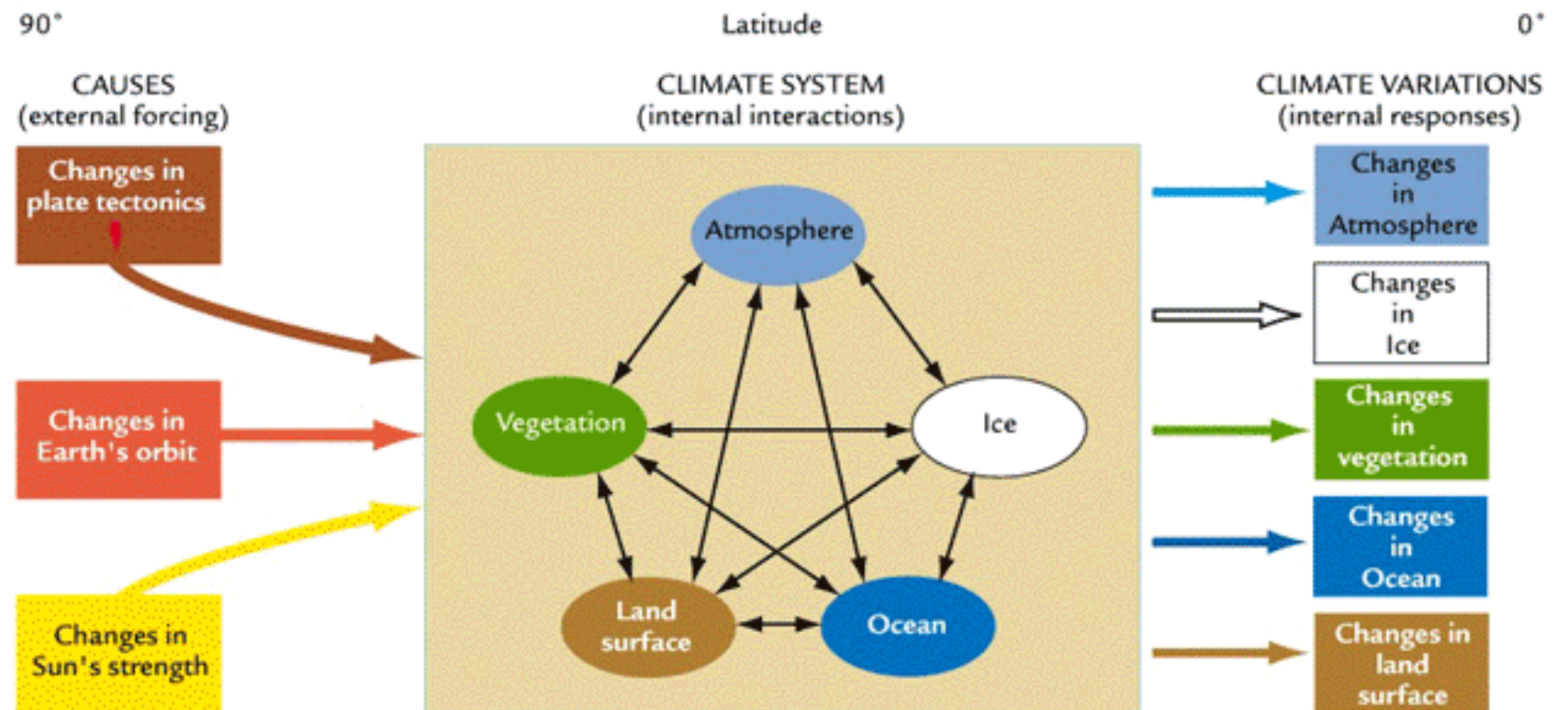
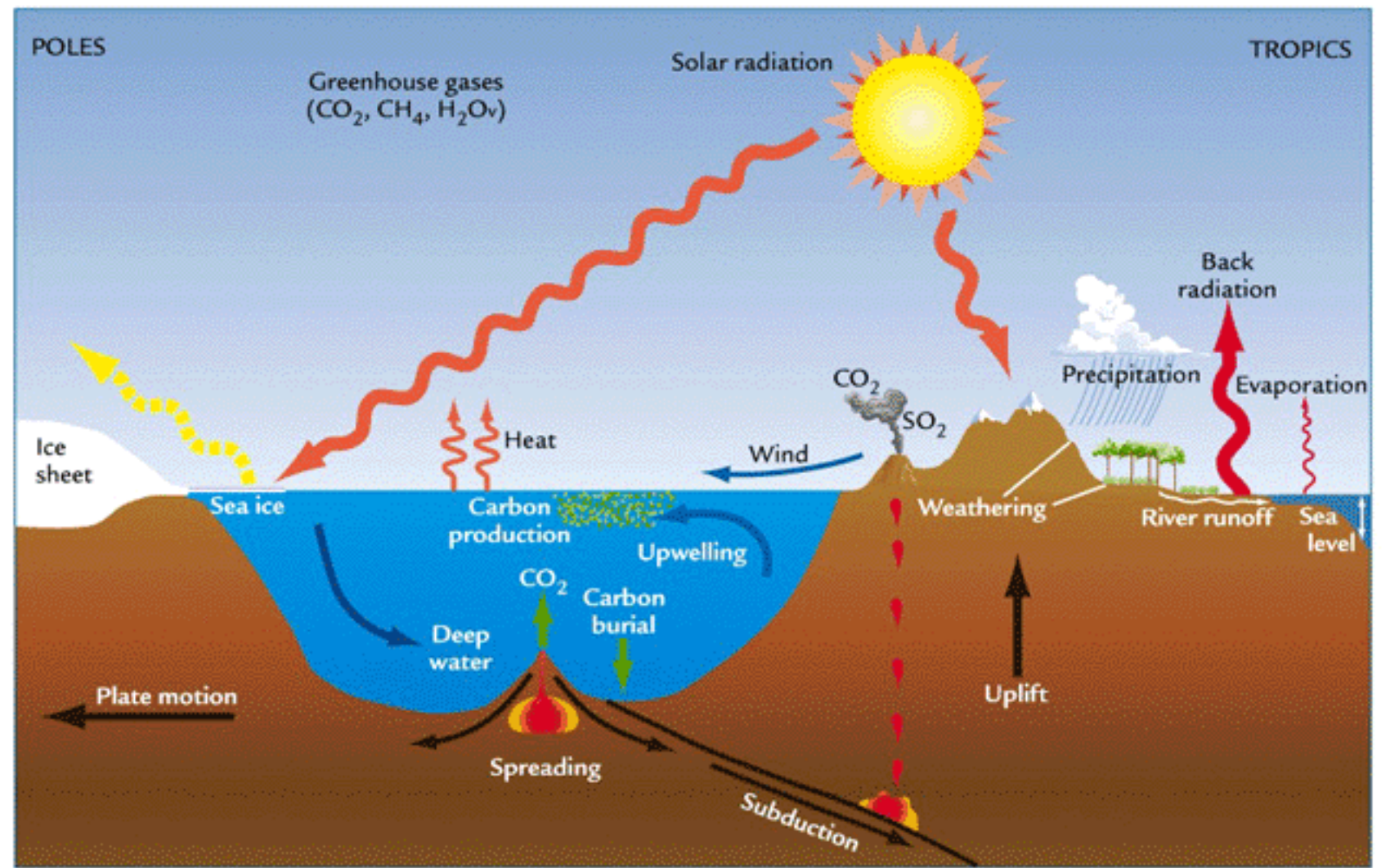
- ❖ Più complesso, e poco nota, la tettonica a zolle potrebbe contribuire a liberare CO₂, e quindi alla termostatazione.

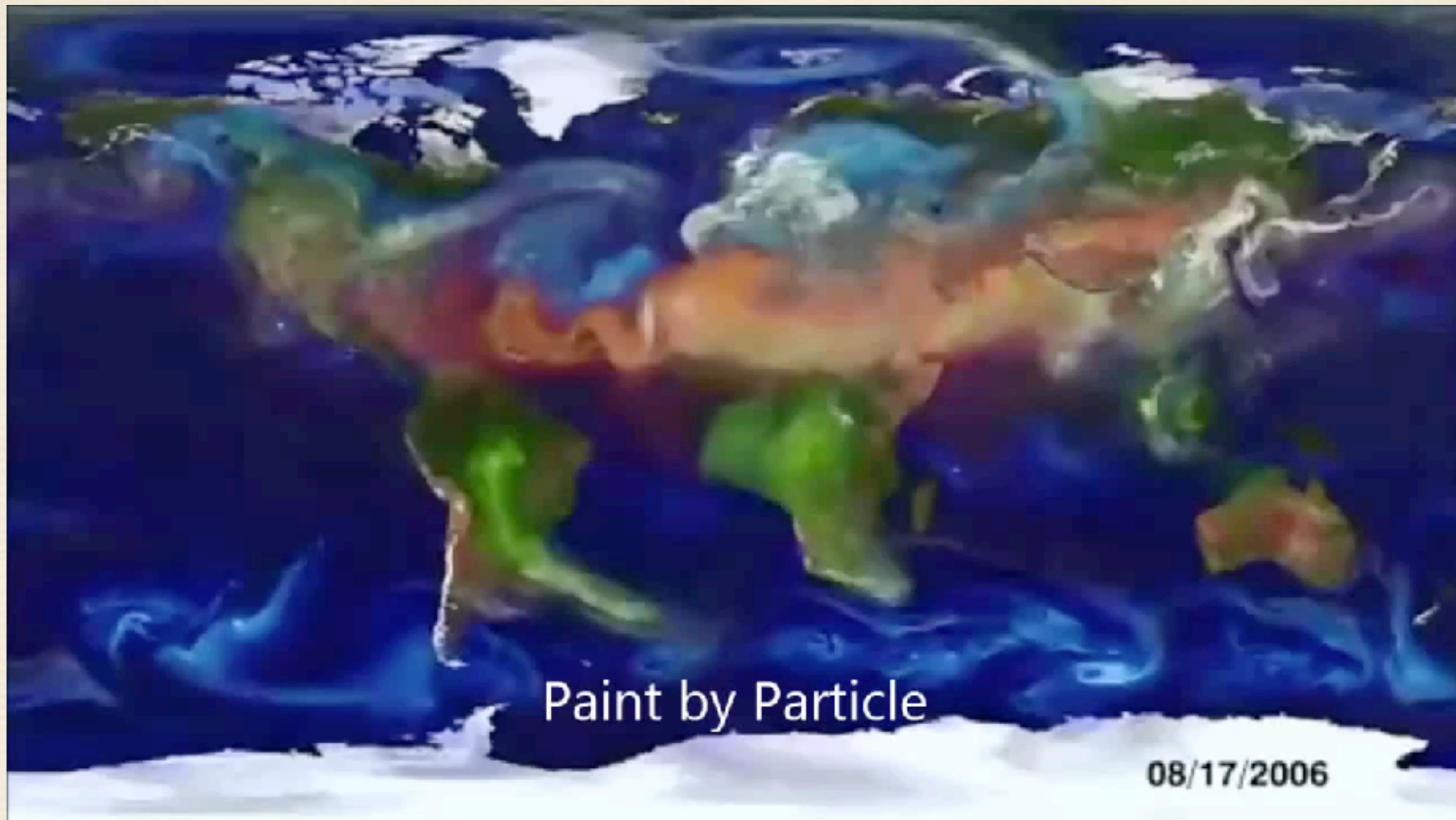




Gli oceani giocano il ruolo essenziale di vettori del calore!

- ❖ Il clima è un sistema enormemente complesso.
- ❖ I feedback, positivi o negativi, sono compresi solo in parte sulla Terra...
- ❖ Immaginiamo per climatosfere aliene...





Simulazione dell'effetto del particolato nella circolazione atmosferica!

Per approfondimenti, domande...

La Mite Scienza



❖ <http://mitescienza.blogspot.it>

