

**FRANÇOIS BURGAY**

**V A CHB**

**TESINA DI MATURITÀ SCIENTIFICA 2008**



# **L'EFFETTO SERRA NEL SISTEMA SOLARE: VENERE, TERRA, MARTE**



**DALL'ASTRONOMIA INDICAZIONI  
SULL'EVOLUZIONE CLIMATICA DEL NOSTRO PIANETA**

## Sommario dell'opera

Effetto serra: il nostro regolatore termico	3
Cenni sui pianeti rocciosi	4
Gli sconvolgimenti climatici su Venere	5
Anche su Marte c'è effetto serra!	6
L'effetto serra sulla Terra: "un'assicurazione per la vita"	7
L'evoluzione dell'atmosfera terrestre	8
Lo sviluppo sostenibile	10
Conclusione: l'importanza dell'effetto serra	11
Interviste ai planetologi James Kasting e François Raulin	11
Bibliografia	13

### 1) Effetto serra: il nostro regolatore termico

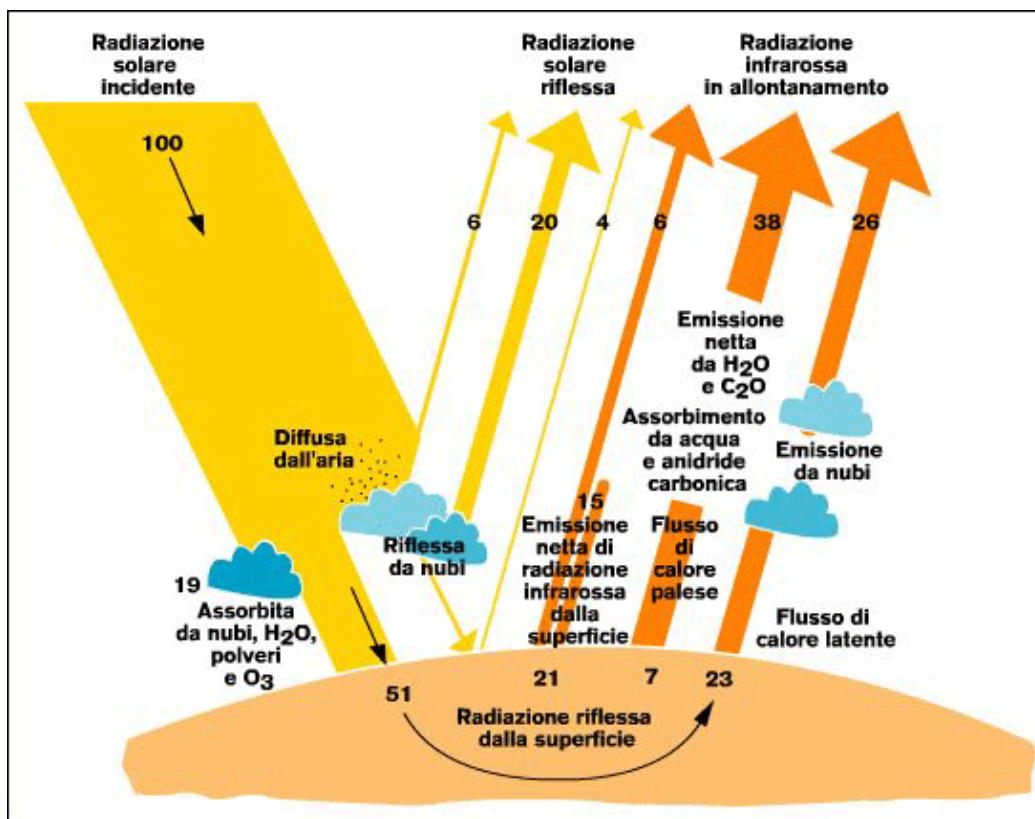
L'effetto serra nel Sistema Solare è il risultato della presenza attorno a un pianeta di un'atmosfera che assorbe parte dei raggi infrarossi provenienti dalla superficie riscaldata dalle onde elettromagnetiche emesse dalla nostra stella. Il nome deriva per similitudine con quanto avviene nelle serre per la coltivazione.

Le radiazioni emesse dal suolo vengono assorbite dall'atmosfera e riemesse in tutte le direzioni possibili, anche verso il suolo stesso. Questo è un meccanismo fondamentale sulla Terra in quanto permette alla temperatura media superficiale di assestarsi a livelli superiori allo zero centigrado, garantendo condizioni favorevoli per la vita.

Quali sono le sostanze che causano questo fenomeno? Le principali sono l'anidride carbonica, il metano, l'ossido nitroso e il vapore d'acqua e sono chiamate "gas serra".

Spesso l'effetto serra viene associato a qualcosa di negativo. In realtà esso è un fenomeno fisico neutro: da una parte permette la vita sul nostro pianeta, dall'altra se si intensifica, ne causa il riscaldamento globale.

Allo stato attuale delle conoscenze si ritiene che nel Sistema Solare ci siano 4 corpi celesti (3 pianeti e un satellite) che presentano effetto serra: la Terra, Marte, Venere e Titano, satellite di Saturno. Per omogeneità di discorso concentriamo la nostra attenzione solo sui pianeti.



Schema esemplificativo sul funzionamento dell'effetto serra (Fonte: Internet)

### 2) Cenni sui pianeti rocciosi

Il Sistema Solare è formato da otto pianeti propriamente detti che si dividono in:

4 rocciosi: Mercurio, Venere, Terra, Marte;

4 gassosi: Giove, Saturno, Urano, Nettuno.

Questi corpi celesti portano il nome di divinità greco-romane. L'analisi successiva concentra l'attenzione su temperatura superficiale e caratteristiche atmosferiche solo dei pianeti rocciosi.



*I pianeti rocciosi del Sistema Solare: Mercurio, Venere, Terra e Marte (Fonte: Nasa)*

Mercurio: è il pianeta più piccolo del Sistema Solare. La sua superficie risulta molto craterizzata. Questo pianeta è praticamente sprovvisto di atmosfera (sono state scoperte alcune tracce di atmosfera, probabilmente frutto di materiale emesso dal Sole), di satelliti e di anelli. A causa della mancanza di atmosfera non approfondiremo ulteriormente il discorso su Mercurio. Basti dire che la sua temperatura varia dai 100K (-173°C) ai 700K (+473°C) man mano che il pianeta compie i suoi moti di rotazione e di rivoluzione. La media è di 440K (+167°C). L'accelerazione gravitazionale di Mercurio è 0,33 volte quella terrestre. Ciò significa che se un uomo di 70kg si pesasse sul pianeta più vicino al Sole, peserebbe circa 26kg.

Venere: è il pianeta gemello, per conformazione e dimensioni, della Terra. L'atmosfera di Venere è molto densa e spessa (attorno ai 65 km) e, come si vedrà più avanti, l'effetto serra su questo pianeta è molto evidente. Le temperature in media si aggirano sui 773K (con minime di 228K). L'accelerazione gravitazionale di Venere è 0,88 volte quella terrestre, quindi, ripetendo l'esperimento precedente, un uomo di 70kg sulla Terra, ne peserebbe circa 62 su Venere.

Terra: il pianeta non ha bisogno di eccessive presentazioni e torneremo sulle sue caratteristiche geofisiche nel seguito.

L'atmosfera terrestre è spessa circa 80/90km, a seconda delle convenzioni utilizzate, ed è presente come su Venere l'effetto serra. In questo caso però il fenomeno ha permesso la vita sul pianeta per i motivi che vedremo. Basti pensare che senza effetto serra la temperatura media superficiale della Terra sarebbe di 255K (-18°C).

Marte: ha un'atmosfera molto rarefatta con temperature medie superficiali abbastanza ridotte (la media 210K). Marte ha due satelliti naturali: Phobos e Deimos uno dei quali, Phobos, è destinato a schiantarsi sul pianeta tra circa 10 milioni di anni. Su Marte è presente l'effetto

serra anche se con intensità minore rispetto alla Terra e soprattutto a Venere. L'accelerazione gravitazionale è 0,376 volte quella terrestre: un uomo di 70kg sulla Terra, ne peserebbe circa 26 su Marte. Con lo sbarco della sonda Phoenix della Nasa in data 26 Maggio 2008 sul Polo Nord del pianeta, gli scienziati potranno avere nuove importanti informazioni legate al clima marziano. La sonda è infatti in grado di comunicare temperatura, velocità del vento e pressione.

### 3) *Gli sconvolgimenti climatici su Venere*

Negli scorsi quarant'anni, ben 22 sonde hanno esplorato Venere. Le caratteristiche principali emerse sono la densissima atmosfera in cui sono presenti nubi di acido solforico e soprattutto, anidride carbonica a livelli esagerati (97/98%)\*. Queste peculiarità provocano un effetto serra molto intenso, capace di trattenere la maggior parte del calore.

La pressione atmosferica al suolo di Venere è 90 volte più intensa che sulla Terra (90 atm = 90 000 hPa circa!). Per questo l'atterraggio di sonde spaziali sul pianeta è reso assai difficoltoso anche se negli anni '80, con il progetto Venera, i sovietici riuscirono nell'intento. La sonda ebbe comunque una vita assai breve: soltanto due ore.

Tra il 1990 e il 1994 si è cominciato a comprendere meglio la struttura di Venere grazie alla sonda statunitense Magellan dotata di sofisticati radar che hanno cartografato tutta la superficie. La prima caratteristica venuta alla luce è la relativa povertà di crateri d'impatto, segno di un'intensa attività vulcanica avvenuta in tempi geologici recenti e forse presente ancora oggi. Esattamente come la Terra, il pianeta della divinità dell'amore ha un clima in continua evoluzione: esso è strettamente legato all'interazione tra fenomeni geologici e atmosferici.

Questa somiglianza tra atmosfera terrestre e venusiana ha permesso agli studiosi di poter approfondire le conoscenze sul nostro pianeta. Ad esempio, prima che il "buco dell'ozono" fosse stato individuato sulla Terra, gli scienziati avevano potuto verificare le conseguenze distruttive del cloro combinato con l'ossigeno studiando l'atmosfera di Venere.

Studiando Venere si è anche capito il grande ruolo che rivestono sulla Terra gli oceani, il plancton e le foreste nel ciclo dell'anidride carbonica. Sulla Terra la CO<sub>2</sub> è presente in grande quantità, ma per lo più disciolta nelle acque o fissata nelle rocce attraverso reazioni chimiche che coinvolgono i carbonati. Non è comunque ancora chiaro il reale motivo per cui il nostro pianeta "gemello" si sia evoluto così diversamente.

Le nubi su Venere si formano in maniera molto differente rispetto al modo in cui si formano sulla Terra. Infatti sul nostro pianeta le nuvole si materializzano per la condensazione del vapore acqueo, mentre invece su Venere grazie a una reazione tra anidride solforosa e acqua innescata dalla luce solare (nell'alta atmosfera) o dal calore (più in basso).

I venti su Venere sono molto forti, ma sono presenti soltanto in quota. Al suolo infatti la pressione atmosferica è talmente alta che non c'è possibilità che essi si formino. Più in alto si va, più la loro velocità aumenta fino a toccare i 360 km/h! Venti che fanno il giro del pianeta in soli 4 giorni, mentre, per confronto, la rotazione del pianeta avviene in circa 243 giorni.

Riguardo l'effetto serra e la geologia del pianeta rimangono alcune domande che non hanno ricevuto ancora risposta, come ad esempio: è evidente che sulla superficie di Venere ci sia attività vulcanica, ma non si vede attualmente la presenza di tettonica a placche come invece è ben visibile sulla Terra. Tutto ciò è forse dovuto all'alta temperatura superficiale del pianeta?

5 \*le percentuali sono intese come numero di molecola di una tale sostanza in rapporto al numero di molecole di tutta la miscela per unità di volume.



L'effetto serra è molto più evidente, come abbiamo visto, su Venere che sulla Terra in quanto l'atmosfera venusiana è più densa di diossido di carbonio. Perché, quindi, Venere si è "evoluto" in maniera così differente dal nostro pianeta?

### *4) Anche su Marte c'è effetto serra*

Il pianeta rosso, prossima meta per una missione umana (si parla del 2020), è il quarto in ordine di distanza dal Sole.

Le caratteristiche di Marte sono simili a quelle terrestri per quanto riguarda l'inclinazione dell'asse di rotazione e la durata del giorno. Sono molto diversi invece altri parametri come la pressione atmosferica (appena 7 millibar: per fare un confronto quella terrestre al livello del mare è pari a 1013 mbar) e la temperatura media si aggira intorno a 210K (-63°C) e supera raramente i 293K (+20°C). L'atmosfera è molto rarefatta a causa del fatto che il pianeta non ha la gravità sufficiente a trattenere un'atmosfera di maggiore spessore.

L'atmosfera marziana è formata per il 95% da anidride carbonica, dal 2,7% da azoto, dall'1,6% da argon e dallo 0,13% da ossigeno. Altri gas, in percentuale inferiore, sono metano, ozono ecc... Ed è proprio il fatto che quest'ultimo gas sia quasi inesistente (0,03 ppm) che rende l'ambiente marziano non adatto allo sviluppo della vita in quanto le radiazioni ultraviolette del Sole, letali per ogni essere vivente, non vengono schermate, come invece accade sul nostro pianeta.

Come si comprende dal titolo, anche su Marte c'è effetto serra! Sembra incredibile proprio a causa della sua atmosfera molto rarefatta. Naturalmente il riscaldamento che provoca questo fenomeno sul pianeta rosso non è di grande rilevanza: stando ad alcune stime, circa 5 gradi, molto meno evidente rispetto a quello che si verifica sulla Terra e su Venere.

Si pensa che molti milioni di anni fa Marte assomigliasse abbastanza alla Terra. Come nel caso del nostro pianeta gran parte dell'anidride carbonica era contenuta nelle rocce. Ma a causa della mancanza della tettonica a placche presente sulla Terra, Marte non era in grado di riciclare l'anidride carbonica nella sua atmosfera e per questo motivo non si poté verificare un effetto serra significativo.

Anche su Marte ci sono le stagioni e l'atmosfera del pianeta varia significativamente. Ad esempio durante i mesi invernali, quando i poli sono al riparo dalla luce solare, la temperatura superficiale diminuisce talmente tanto che ben un quarto dell'atmosfera si condensa e precipita sotto forma di diossido di carbonio ghiacciato (noto ai più come ghiaccio secco). All'aumentare dell'insolazione l'anidride carbonica sublima (ovvero passa, senza stadi intermedi, dallo stato solido a quello aeriforme) con la conseguenza di generare forti venti diretti verso le regioni tropicali del pianeta. Queste correnti possono raggiungere addirittura i 400 chilometri orari.

Una conseguenza di questa circolazione atmosferica è il trasporto di una grande quantità di polveri e di vapore d'acqua, che portano alla formazione di nubi. Il rover statunitense Opportunity le ha fotografate per la prima volta dal suolo marziano.

### *5) L'effetto serra sulla Terra: "un'assicurazione per la vita"*

L'atmosfera terrestre è composta principalmente da azoto (78%) e da ossigeno (20,9%). L'anidride carbonica è un gas assai poco presente. Ce n'è appena lo 0,0379 %: ovvero su un milione di particelle, "solo" 379 sono di diossido di carbonio.

L'anidride carbonica tuttavia gioca un ruolo importantissimo: per sua natura blocca il calore, lasciando però passare la luce solare. Tutto questo influisce sul delicato bilancio atmosferico fra l'energia in entrata e quella in uscita. Se, come sta purtroppo accadendo, la CO<sub>2</sub> dovesse aumentare eccessivamente, il calore rimarrebbe imprigionato nell'atmosfera facendo inevitabilmente aumentare la temperatura. Per esempio un semplice raddoppio (700 ppm) causerebbe problemi gravissimi: il riscaldamento del nostro globo, il conseguente innalzamento dei mari...

Vi sono anche altri gas che hanno come effetto collaterale quello di far aumentare la temperatura, quali il metano, gli ossidi di azoto e i clorofluorocarburi (CFC) che hanno come ulteriore proprietà quella di distruggere l'ozono.

Nel libro "L'atmosfera, istruzioni per l'uso" scritto da Piero Angela e Lorenzo Pinna, si analizza l'insieme dei gas serra (quindi senza tenere conto di ossigeno, azoto e altre componenti) come se fosse una "Società per Azioni". Vogliamo riproporre il simpatico ed efficace paragone.

#### Effetto Serra S.p.A.

"Il pacchetto di maggioranza lo detiene il vapore acqueo (65-70%). Esso è il maggior responsabile di quel benefico effetto serra che mantiene la temperatura della Terra 35-38 gradi più alta rispetto a quelle che le spetterebbe in base alla sola distanza dal Sole. Tra i soci di minoranza troviamo l'anidride carbonica, appena il 15%. L'ultima percentuale è invece detenuta da CFC, metano, ossidi di azoto.

Se per assurdo volessimo aumentare l'effetto serra producendo solo vapore acqueo, ci andremmo a scontrare contro enormi difficoltà, in quanto ne occorrerebbe troppo. E' infatti più semplice aumentarlo con l'anidride carbonica e ancor di più con il metano! Si capisce quindi quanto sia fondamentale mantenere gli equilibri dell'atmosfera i più inalterati possibili. In caso contrario si potrebbero scatenare delle conseguenze a catena a dir poco allarmanti.

Un esempio: aumentando l'anidride carbonica, si aumenta anche la temperatura. Con il caldo l'evaporazione degli oceani è più veloce e il vapore acqueo è un gas serra che riscalderebbe ulteriormente il nostro pianeta.

Naturalmente non è il caso di creare allarmismi, infatti il vapore d'acqua, può sì aumentare l'effetto serra, ma potrebbe innescare la formazione di un maggior numero di nuvole. E le nuvole riflettono la luce Solare prima che giunga a terra. L'effetto finale sarebbe una diminuzione delle temperature.

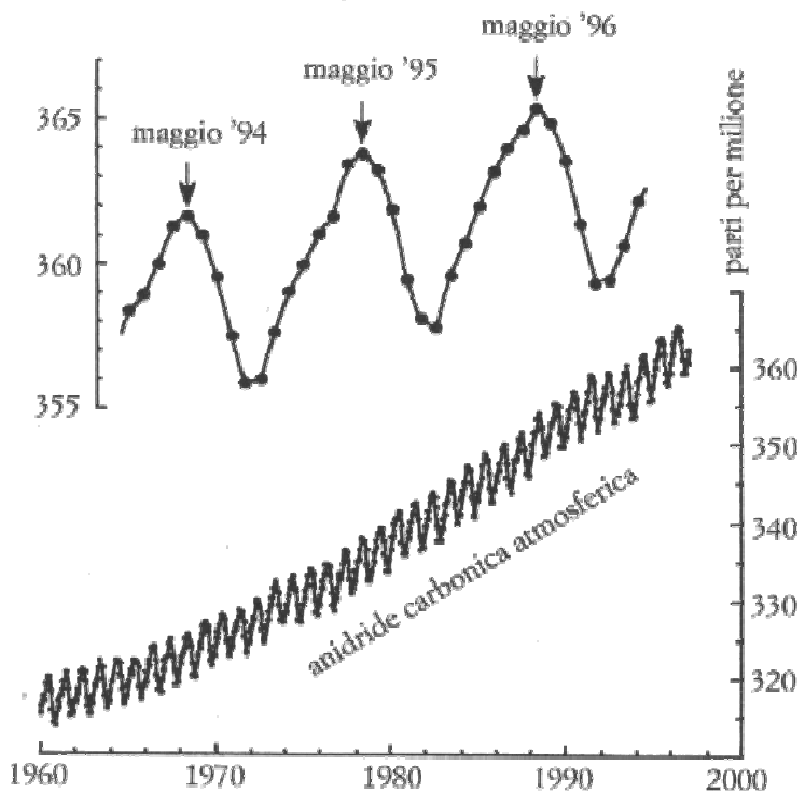
Di questi meccanismi di retroazione potremmo elencarne a decine, questo a testimonianza del fatto che andando ad alterare gli equilibri chimico-fisici della nostra atmosfera, si andrebbe incontro a situazioni non prevedibili che potrebbero giovare oppure nuocere alla nostra vita."

### 6) L'evoluzione dell'atmosfera terrestre

Come lo studio dell'atmosfera venusiana e marziana ha aiutato i ricercatori a comprendere meglio il nostro involucro protettivo, i ghiacci dell'Antartide hanno permesso di comprendere meglio i cambiamenti atmosferici avvenuti nelle ultime centinaia di migliaia di anni. Infatti gli strati di neve che si sono accumulati nel corso dei secoli hanno imprigionato molte testimonianze di altre epoche che adesso si possono consultare. Strumento indispensabile, oltre ad una giacca pesante per far fronte alle temperature rigide del polo Sud, è la trivella di "carotaggio" che permette di estrarre neve di differenti epoche al cui interno sono racchiuse delle bollicine che contengono tracce dell'atmosfera dei tempi passati.

In seguito all'analisi di laboratorio, le bolle rivelano qual'era la composizione atmosferica terrestre in passato e si può quindi capire quanto la nostra "cupola protettiva" sia cambiata. Di particolare interesse gli ultimi cento anni, ovvero gli anni in cui l'industria ha preso il sopravvento.

Il primo dato che salta agli occhi riguarda la quantità di diossido di carbonio presente nell'atmosfera: un secolo fa contava 280 ppm, mentre oggi, come si è detto precedentemente, è salita fino a 379 ppm (dato del 2004). Nel grafico "a dente di sega" è ben visibile questo aumento vertiginoso dal 1960 al 1996.



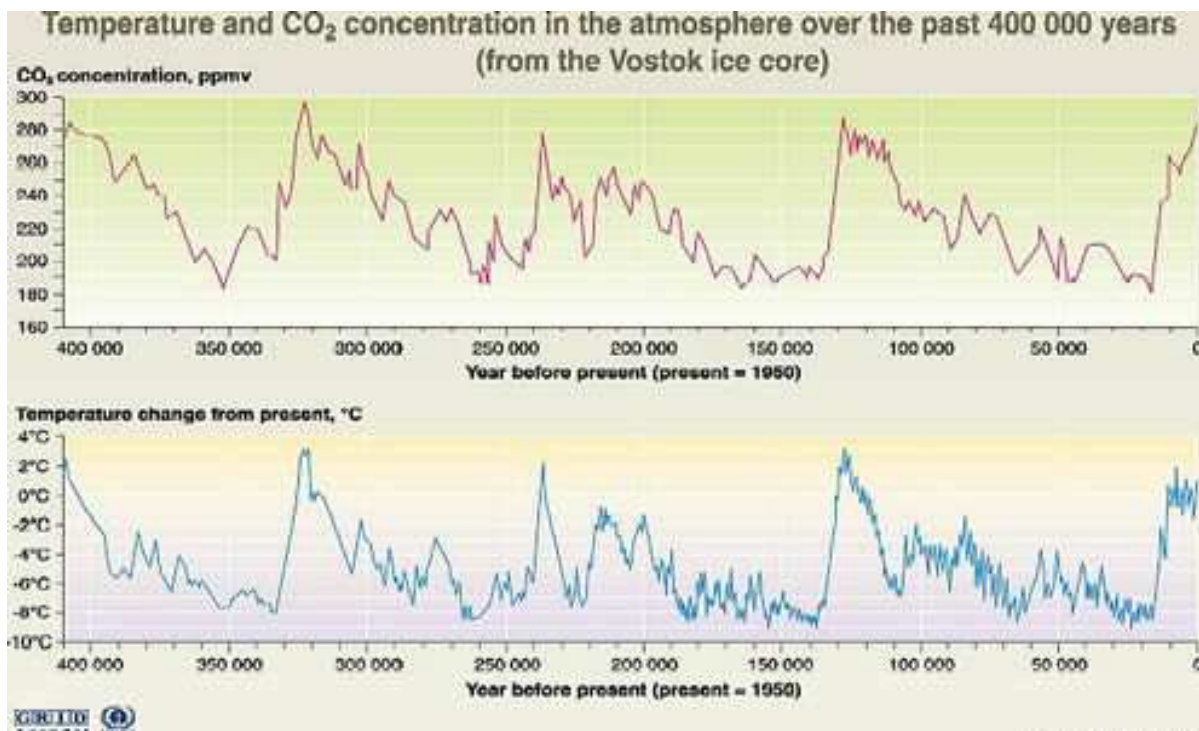
*Il grafico mette bene in evidenza l'aumento vertiginoso dell'anidride carbonica nel corso di 40 anni (da 320 ppm a circa 360 ppm). L'andamento a dente di sega è dovuto alla variazione stagionale dei parametri fisici dell'atmosfera.*

*(Fonte: Internet)*



## L'EFFETTO SERRA NEL SISTEMA SOLARE: VENERE, TERRA, MARTE

Dal grafico seguente si può invece capire meglio come ci sia una relazione tra concentrazione di anidride carbonica e aumento della temperatura. Si vede infatti che l'andamento è simile. I dati sono stati ricavati dal solito "carotaggio" dei ghiacci antartici.



*Questo grafico si basa sui "carotaggi" avvenuti nel 1950. In ogni caso l'andamento è chiaro e anche la correlazione tra CO<sub>2</sub> e Temperatura appare piuttosto evidente, visto che i grafici sono quasi sovrapponibili. (Fonte: 3bmeteo.com)*

I risultati emersi dai "carotaggi" antartici hanno evidenziato che negli ultimi anni l'immissione di carbonio nell'atmosfera è aumentata e sta accelerando notevolmente. Tutto ciò è facilmente intuibile: le industrie per funzionare hanno bisogno di energia, le automobili inquinano e la popolazione sta aumentando. Nel 1988 sono stati aggiunti 25 miliardi di tonnellate di anidride carbonica (anche se parte di essa è stata comunque riciclata dagli oceani e dalla biosfera). Le prospettive per il futuro non sono rosee. Secondo uno studio dello IASA (International Institute for Applied Systems Analysis, un istituto specializzato in analisi economiche e ambientali), nel 2020 le immissioni raggiungeranno i 50 miliardi di tonnellate. Naturalmente questo dato va preso con la giusta cautela in quanto in questi ultimi anni alcuni governi europei e non solo, stanno attuando delle politiche volte al risparmio energetico e al minor inquinamento, anche se con risultati a volte contrastanti (in Italia le direttive imposte dal protocollo di Kyoto prevedevano una diminuzione delle immissioni del 6,5% entro il 2004, mentre oggi sono aumentate del 12%).

Il rischio è quello di manomettere dei delicati meccanismi, senza conoscerne bene le conseguenze. E' stato detto che l'uomo, immettendo tutti questi gas nell'atmosfera, ha cominciato uno dei più grandi esperimenti geofisici mai tentati. Se qualcosa però dovesse andare storto, risulterebbe impossibile abbandonare il laboratorio, in quanto si tratta del nostro pianeta.

## *7) Lo sviluppo sostenibile*

Lo studio delle atmosfere planetarie, da Venere e Marte alla Terra, assume una particolare importanza alla luce della nuova consapevolezza sui possibili effetti del progresso tecnologico e della crescita economica sull'ambiente del nostro pianeta.

All'incirca a partire dagli anni '70 ci si è resi conto di come l'ambiente sia una risorsa "esauribile": esso ha una certa capacità di reagire all'assorbimento di inquinanti che turbano l'equilibrio preesistente, ma, una volta superata una certa soglia, il danno non riesce ad essere riparato in tempi ragionevoli e l'effetto è praticamente irreversibile.

Il riconoscimento di questo allarme di portata mondiale è certamente stato il primo passo verso una maggiore consapevolezza nello sfruttamento delle risorse del pianeta (tra cui non va considerato solo il petrolio, ma anche l'acqua, il cibo, le foreste). Tuttavia pensare a un possibile rimedio al problema non era affatto semplice. Sulle prime, infatti, sembrava esservi un contrasto insolubile tra la volontà di proteggere la natura e la necessità di aumentare lo sfruttamento dell'ambiente per soddisfare le esigenze alimentari, sanitarie, energetiche ed economiche di un numero sempre crescente di individui.

Un primo compromesso tra le necessità del rispetto dell'ambiente e quelle dello sviluppo delle attività umane venne trovato nel 1987, quando fu definito per la prima volta il concetto di "sviluppo sostenibile". Con questa espressione si intende uno sviluppo che soddisfi i bisogni del presente senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare i propri. In termini più concreti ciò significa impegnarsi per preservare l'ambiente e le sue risorse per le generazioni future, lasciando intatte le foreste, conservando il patrimonio della biodiversità, riducendo il tasso di consumo delle risorse energetiche non rinnovabili e incrementando l'uso di quelle rinnovabili. Ne consegue che lo "sviluppo sostenibile" dovrà essere realizzato trovando un equilibrio tra attività umana, risorse energetiche e materiali disponibili sul nostro pianeta e le capacità auto-rigenerative della natura.

Le azioni da intraprendere per raggiungere questo obiettivo sono state concordate in occasione della Conferenza delle Nazioni Unite sull'Ambiente e lo Sviluppo tenutasi a Rio de Janeiro nel giugno del 1992 alla quale hanno partecipato 175 nazioni.

Il risultato di questa conferenza (nota anche come "Vertice sulla Terra") è stato un documento chiamato "Agenda 21" che dovrebbe servire da guida ai governi dei vari paesi nelle decisioni in materia di tutela dell'ambiente per il XXI secolo.

Oltre all' "Agenda 21", durante il Vertice di Rio sono state approvate tre Convenzioni internazionali: la *Convenzione sui Cambiamenti Climatici*, la *Convenzione sulla Biodiversità* e la *Convenzione per la lotta alla Desertificazione*.

Si tratta di accordi che impegnano i paesi firmatari ad agire in modo comune e coordinato nei confronti di alcuni problemi ambientali di grave portata strettamente collegati allo sviluppo sostenibile. Per comprendere la relazione esistente tra queste grandi tematiche basta pensare per esempio che la lotta alla deforestazione riduce la degradazione del suolo, la perdita di specie viventi e le emissioni nette di anidride carbonica, intese come differenza tra la quantità di CO<sub>2</sub> prodotta dall'uomo e la quantità che l'ecosistema è in grado di assorbire per mezzo delle specie vegetali.

Poiché comprendere i processi attivi nelle atmosfere di altri corpi celesti come Marte e Venere, paradossalmente, può aiutare a comprendere meglio i processi riguardanti i gas serra (anidride carbonica in primo luogo) sulla Terra, lo studio degli altri pianeti può fornire informazioni importanti per questioni all'ordine del giorno oggi e per decenni a venire.

## 8) Conclusione: l'importanza dell'effetto serra

Tirando le somme, emerge come l'effetto serra abbia avuto e ha tutt'ora un ruolo fondamentale per la vita sulla Terra. La nostra sopravvivenza dipende da esso. In casi estremi, ovvero quando la concentrazione di anidride carbonica supera certi valori critici in funzione dei parametri fisici dell'atmosfera, il fenomeno analizzato in questo lavoro risulta essere assai negativo per la vita. Venere è un esempio chiarissimo per il suo effetto serra catastrofico. All'altro estremo si situa Marte dove l'anidride carbonica ha lo stesso valore in percentuale di quella venusiana, ma essendo troppo rarefatta, non ha la stessa efficacia nel provocare l'effetto serra (vd. tabella).

Il nostro problema è quindi quello di stabilizzare la sua concentrazione adottando politiche e scelte energetiche compatibili con l'ambiente. Forse non è ancora troppo tardi.

<u>Pianeta</u>	<u>% gas serra presenti nell'atmosfera</u>	<u>Innalzamento termico provocato dall'effetto serra</u>
<b>Venere</b>	96,41% (96,4% anidride carbonica; 0,01% Vapore acqueo)	+ 350°C
<b>Terra</b>	0,366204% (0,33% Vapore acqueo; 0,032% anidride carbonica; 0,0002% Metano; 0,000004% ozono)	+ 35°C
<b>Marte</b>	95,36% (95,32% anidride carbonica; 0,03% Vapore acqueo; 0,03 ppm ozono; 0,01 ppm Metano)	+ 5°C

*Questa tabella riassuntiva vuole sottolineare principalmente il riscaldamento dovuto all'effetto serra. (Dati tratti da: [nineplanets.org](http://nineplanets.org))*

## 9) Interviste ai planetologi James Kasting e François Raulin

Seguono due interviste a James Kasting e François Raulin, tra i maggiori planetologi e studiosi delle atmosfere planetarie al mondo. Sono state poste, volontariamente e nelle rispettive lingue, le stesse domande ai due prestigiosi scienziati per cogliere dalle risposte e per comprendere le eventuali differenze di approccio che vi sono tra Stati Uniti e Europa.

### James Kasting

**James F. Kasting** is a geoscientist at Penn State University. Kasting was educated at Harvard University and the University of Michigan, where he received his Ph.D. in atmospheric science in 1979.

Kasting has published dozens of reviews and papers, covering the geophysical history and status of the Earth, with a focus on atmospherics. He has also considered the habitability criteria of other stellar systems and planets and is broadly considered the world leader in the field of planetary habitability. In their popular 2001 work *Rare Earth*, Peter Ward and Donald Brownlee note: "Although many scientists have been doggedly pursuing the various attributes necessary for a habitable planet...one name stands out in the scientific literature: James Kasting" (p. 266). A 1993 paper on habitable zones was particularly decisive in shaping thinking on this field.

Kasting is also a member of numerous professional scientific societies and committees. He has served NASA in various capacities, including as a member of the scientific working group for the Terrestrial Planet Finder.

Kasting currently teaches a variety of Geoscience courses at Penn State where he is a Distinguished Professor. He is married with three children.

*1) In which way can the study about the atmospheres of Venus and Mars allow us to understand the past and future evolution of Earth atmosphere?*

Earth will experience Venus' fate at some time in the future, ~1 billion years hence, when the Sun becomes ~10% brighter. So, in that sense, understanding the runaway greenhouse on Venus helps us understand Earth's ultimate fate. Studying early Mars does not tell us directly about the Earth. But studying Venus and Mars together helps us place bounds on the liquid water habitable zone around the Sun and other stars. That's where much of my own interest lies. Are there other Earths out there in the galaxy?

*2) In your opinion, what are the most remarkable differences between the American and European approach to the scientific study of planetary atmospheres?*

The Europeans are just beginning this study, as ESA has only recently begun to launch its own spacecraft. American planetary science is a more mature scientific field. There's also a difference in the preferred approach to the study of extrasolar planets. ESA is pushing infrared interferometers, like Darwin, whereas NASA is pursuing visible coronagraphs, like TPF-C. Hopefully, though, we will work together on one or both of these endeavors.

### François Raulin

**François Raulin**, ancien directeur du **LISA** (Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques, du CNRS, dépendant des universités de Paris VII et XII, laboratoire de plus de 100 personnes travaillant sur l'atmosphère terrestre et les atmosphères extraterrestres) est responsable du groupe de Physico-Chimie Organique Spatiale.

Il est aussi directeur du GDR Exobio, une fédération de laboratoires du CNRS travaillant dans le domaine de l'exobiologie. Son principal champ de recherche est l'étude des

## L'EFFETTO SERRA NEL SISTEMA SOLARE: VENERE, TERRA, MARTE

conditions de formation et des possibilités de détection de composés organiques dans des environnements planétaires, en relation avec l'origine de la vie et l'exobiologie. Les études qu'il mène actuellement concernent principalement la chimie organique extraterrestre dans le cas de Titan, avec la mission spatiale Cassini-Huygens et des comètes avec la mission Rosetta.

*1) De quelle façon l'étude des atmosphères de Venus et de Mars nous permet de comprendre l'évolution passée et future de l'atmosphère de notre planète?*

La planétologie comparée a permis de mettre en évidence le rôle majeur du cycle de CO<sub>2</sub> dans l'évolution des 3 planètes et l'importance des processus nuages, précipitations, transformation du CO<sub>2</sub> en carbonate, tectonique des plaques, volcanisme. Ces processus n'ont pas eu la même importance sur les 3 planètes tellurique, conduisant dans le cas de Venus à l'effet de serre divergent et dans celui de Mars à la disparition quasi totale du CO<sub>2</sub> atmosphérique et le refroidissement de la planète rouge. Ceci nous permet à présent de mieux comprendre comment devait être l'environnement terrestre primitif.

*2) A votre avis, quels sont les différences les plus remarquables entre les européens et les américains à propos de l'étude scientifique des atmosphères des planètes?*

Il s'agit d'une question politique et non scientifique: la science est à mon avis internationale et l'on ne peut parler aujourd'hui de différences entre les scientifiques américains et européens. Dans la plupart des grands projets, en particulier d'exploration planétaire, menés en coopération, les scientifiques travaillent effectivement ensemble: les instruments scientifiques du vaisseau Cassini sont en grande majorité à "PI" américain (10 sur 12), mais les équipes sont internationales: et il y a en fait plus d'européens que d'américains participant comme CoI à ces instruments!! Mais c'est un travail collectif et sans différence dans la science produite!! En revanche, la différence est politique: juste un exemple: lorsqu'une mission spatiale est décidée par l'ESA, elle est développée, sans être remise en question tous les ans. En revanche, une mission américaine acceptée et en plein développement peut-être soudainement arrêtée définitivement, par une décision du sénat US. Ce fut le cas de la mission cométaire CRAF il y a une quinzaine d'années. La collaboration NASA-ESA peut parfois éviter ces désagréments, l'exemple de Cassini-Huygens l'a bien montré.

### 10) Bibliografia

*Il Sistema Solare, l'esplorazione dei pianeti nel terzo Millennio* - AA.VV - Le scienze - 2005  
*Atmosfera: istruzioni per l'uso* - Piero Angela, Lorenzo Pinna - Mondadori - 1990

<http://it.wikipedia.org>

<http://www.ien.it>

<http://www.nineplanets.org/> (ING)

[http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/chronology\\_venus.html](http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/chronology_venus.html) (ING)

*Si è anche usufruito del documentario "Superquark - Chernobyl ed Energia" - RAI I - 2004*