

Raffaele Langone

# “PROGETTO ATLANTE”

la Provocazione



In copertina è riprodotto il cosiddetto "Atlante Farnese", statua di epoca ellenistica.  
(Napoli, Museo Archeologico).

*Scheda Tecnica*

<b>Soggetto</b>	Atlante
<b>Datazione generica</b>	Sec. II d.C.
<b>Ambito culturale</b>	Produzione romana
<b>Tecnica</b>	Marmo greco/ Scalpellatura/ Levigatura
<b>Altezza</b>	191 cm
<b>Raccolta - Collezione</b>	Farnese
<b>Provenienza</b>	Roma, Porta Pinciana

Prefazione	pag 3
Inizio	pag 6
Cosa accadrà?	pag 8
Il cambiamento climatico e la globalizzazione	pag 10
Il picco di Hubbert e la fine dell'era del petrolio	pag 12
La scuola "monetarista", Malthus e "l'economia di Nash"	pag 14
Europa, un'occasione mancata	pag 21
Il ciclo di Milankovic e l'inquinamento prodotto dall'uomo	pag 22
Le religioni l'uomo e l'ambiente	pag 26
Un dono della natura: i composti fossili del carbonio	pag 28
Energia: il problema dei problemi	pag 29
Le attività globalizzate e l'inquinamento ambientale	pag 37
Una visione (di parte) del neoliberismo	pag 41
Inizio di un ragionamento	pag 43
Le reti neurali	pag 45
IL PROGETTO ATLANTE	pag 47
- effetto serra: una questione termodinamica	pag 49
- sovrappopolazione, ambiente e Malthus	pag 53
- ambiente, desertificazione e nanotecnologie	pag 56
- il destino dei ghiacci..e della Terra	pag 58
- la conferenza di Parigi	pag 60
- le conseguenze prevedibili	pag 62
- i terremoti, la deriva dei continenti e lo spostamento dell'asse di rotazione della Terra	pag 64
- la soluzione	pag 67
- PROGETTO ATLANTE: la provocazione...??	pag 70
Etica Universale	pag 90
Un ricordo personale: Fra Giuseppe Lazzaro	pag 92
Bibliografia	pag 94

## Prefazione

Platone racconta che gli dèi affidano il compito ad Epimeteo e Prometeo, due fratelli titani, di assegnare agli animali le facoltà che garantissero loro la sopravvivenza. Epimeteo esaurisce la quantità di facoltà disponibile prima di distribuirla all'uomo.

Per rimediare all'inconveniente creato da Epimeteo, Prometeo ruba agli dèi il fuoco e la sapienza tecnica facendone dono agli uomini.

Da allora l'uomo per vivere acquisisce, rispetto agli animali, una propria specificità che non è "naturale", nel senso che, è fuori dai meccanismi della natura.

Infatti, diversamente dagli altri animali l'uomo può sopravvivere grazie alla sua capacità di costruire strumenti, servendosi del fuoco e della sapienza tecnica.

Le risorse per la sua evoluzione diventano, in tal modo, artificiali e la dimensione della sua vita diviene culturale.

L'intervento di Prometeo, punito da Zeus, crea le premesse, dunque, per l'autonomia dell'uomo dai meccanismi della natura che, da questo momento in poi, subisce le trasformazioni ad opera dell'uomo.

Forse la dimenticanza di Epimeteo è il presagio di un potenziale pericolo, quale un impossibile ritorno alla Natura?

Se, dunque, Epimeteo assurge a simbolo della sensibilità verso la Natura nella sua dimensione originaria, Prometeo, al contrario incarna tutto ciò che in Natura è plurale, simboleggiando, quindi, in chiave moderna, l'arrembaggio neoliberalista che, con le armi della tecnica, frantuma tutto ciò che in Natura è armonia.

Il termine medio di questa contrapposizione dialettica è rappresentato da Atlante, fratello dei due, condannato da Zeus a portare il mondo sulle spalle: una sorta di "destino della responsabilità" che coniuga il desiderio di evoluzione, rappresentato da Prometeo e l'attaccamento al senso naturale delle cose, impersonato da Epimeteo.

Il testo "Progetto Atlante" si propone di affrontare un tema vasto quale l'ecologia e, in particolare, i danni ambientali che l'uomo produce sulla Terra attraverso una chiave di lettura "mitologica" e moderna della problematica.

La trattazione dell'argomento si avvale, infatti, di una serie di richiami all'ordine naturale delle cose, prima dello sconvolgimento apportato dall'"Homo Sapiens" che, inserita all'interno del tessuto narrativo, offre al lettore la felice sensazione di trovarsi di fronte ad un genere letterario, a metà strada, tra il saggio e il documentario d'inchiesta.

L'autore tratteggia, infatti, i punti salienti che interessano il cambiamento delle condizioni climatiche, prima dell'arrivo dell'uomo sulla Terra, fino al raggiungimento di un'organizzazione comunitaria, attraverso l'analisi delle principali teorie economiche poste a base del processo storico-evolutivo della "civiltà della meccanica": le teorie neoliberiste della, cosiddetta, "scuola monetarista" di Chicago.

Nonostante siano state formulate altre teorie nel corso degli anni, le leggi economiche che governano il mondo fanno capo, tuttora, alla scuola di pensiero di Chicago che ha dettato stili di vita, oggi, divenuti insopportabili per via di un sempre più diffuso atteggiamento individualistico e selvaggio, che tanto nuoce al Pianeta e che preme all'autore denunciare.

L'atmosfera terrestre è oggi una camera a gas e, paradossalmente, la nostra camera da letto è dotata di tutti i comfort. I gas serra immessi nell'atmosfera celeste rappresentano il pennello con cui si dipinge, nero su grigio, uno scenario apocalittico: la distruzione di interi ecosistemi, lo scioglimento dei ghiacciai e delle calotte polari, sono solo il campanello d'allarme di una situazione che diventa, via via, più preoccupante e da cui saremo, irrimediabilmente, sommersi.

Uno tsunami planetario che travolgerà anche il mito: due spalle robuste, come quelle di Atlante, riusciamo, forse, a trovarle nella dimensione religiosa?

Le provocazioni lanciate dall'autore rappresentano lo stratagemma stilistico attraverso cui estendere al "resto" del mondo l'invito a considerarsi "parte" integrante di un sistema e, in virtù di questo ruolo, "responsabili in solido" delle sorti del Nostro Pianeta.

In alcuni punti la narrazione segue il ritmo di un reportage, i toni diventano quelli sarcastici di un giornalista di denuncia, sembra quasi di sentire la voce di M. Moore che denuncia il "sistema" americano, a partire dalla disamina dell'Universo delle Corporations.

L'opera diventa, allora, un viaggio nei secoli e nelle coscienze degli uomini che attraversano il Pianeta lasciano tracce indelebili delle proprie azioni.

Un cammino che intreccia le leggi della fisica alle leggi spirituali per abbracciare il senso finale di una provocazione che è tutta nel titolo.

Atlante è la figura mitologica più vicina all'immaginario comune. L'Uomo col Mondo sulle spalle è la metafora stilistica attraverso cui si invita il lettore, inteso come Umanità che consuma, a prodigarsi affinché l'Energia indebitamente sottratta alla Terra, venga restituita attraverso un processo di responsabilizzazione che freni il lento e inesorabile destino di morte cui è condannato il nostro Pianeta.

Una sorta di Giudizio Universale che incombe, come spada di Damocle sulla testa di ogni abitante della Terra, è il messaggio attraverso cui l'autore invita a disattendere gli interessi di varia natura, siano essi religiosi o civili, politici o militari, per abbracciare l'Etica Universale necessaria a salvare la Terra e invertire la rotta.

Se Atlante è riuscito nell'impresa di consegnarci un mondo caricato sulle spalle, noi esseri pensanti potremmo, forse, escogitare uno spostamento dell'asse del Terzo Millennio per sgravare il mitologico da un peso scaturito dalla "nostra modernità" e restituire alla Terra l'atmosfera che meriterebbe?

Libera e Nadia Lisanti

## **L'Inizio**

Il nostro pianeta ha una storia di 4,5 miliardi di anni durante i quali ha cambiato aspetto e condizioni evolutive.

Le cosiddette “ere” geologiche ci descrivono per sommi capi le differenti caratteristiche delle fasi del suo cambiamento nello scorrere del tempo.

La prima fase fu di incandescenza e di continue eruzioni vulcaniche.

In quelle condizioni nell'atmosfera primitiva prevaleva l'anidride carbonica e, mancando l'ossigeno, era proibitiva per la vita.

Dopo centinaia di milioni di anni in seguito al suo raffreddamento e alla conseguente variazione delle condizioni fisico – chimico ambientali, la Terra ha consentito lo sviluppo delle prime forme di vita, che nel tempo con la fotosintesi hanno prodotto l'ossigeno necessario allo sviluppo degli organismi viventi complessi. Questo cambiamento graduale, intervallato da cataclismi interni ed esterni al pianeta (ere glaciali, terremoti catastrofici provocati dalla deriva dei continenti, eruzioni vulcaniche, piogge acide, asteroidi impattati etc.) è stato determinante nel creare quelle peculiari condizioni per la selezione e la crescita di specie viventi che colonizzeranno le acque e le terre emerse.

Circa 1,5 miliardi di anni fa si accentuò una ciclicità climatica che diede origine a grandi glaciazioni intervallate da periodi più caldi.

Queste condizioni climatiche alterne furono dovute a variazioni periodiche dell'orientamento dell'asse di rotazione della Terra, al cambiamento di alcuni parametri astronomici intrinseci quali l'eccentricità dell'orbita terrestre e la precessione del perielio.

Anche se modesta, la variazione di questi valori innescò nel tempo cambiamenti di temperatura notevoli dovuti alla modifica dell'irraggiamento solare.

Dopo l'ultima glaciazione, terminata circa 10.000 anni fa, cominciò un deciso cambiamento climatico che portò allo scioglimento dei ghiacci che coprivano gran parte dell'emisfero settentrionale e che disegnò, con le terre liberate dai ghiacci, l'attuale mappa terrestre.

Nell'alternarsi di periodi glaciali a periodi temperati la composizione chimica dell'atmosfera terrestre è stata sempre correlata al clima.

Nei periodi interglaciali più caldi tale composizione si modificava, registrando una quantità di gas serra notevolmente maggiore rispetto alle ere glaciali più fredde. Queste variazioni, nella misura in cui si sono naturalmente definite, hanno consentito lo sviluppo della biologia così come noi oggi la conosciamo.

La ricchezza e la diversità della vita nonché la sua unicità espressa in ogni singola forma vivente fanno parte della nostra esperienza quotidiana.

*La presenza dei gas serra in atmosfera, nei periodi interglaciali caldi che si sono succeduti nel tempo, è sempre stata limitata, non superando mai determinati valori.*

*In particolare l'anidride carbonica non è andata mai oltre le 280 parti per milione (280 molecole di anidride carbonica ogni milione di molecole d'aria) e il metano non ha mai superato il valore di 0,7 parti per milione in volume.*

*La percentuale di questi gas nell'atmosfera è molto piccola rispetto a quella di altri gas quali l'azoto e l'ossigeno, ma una sua variazione anche modesta influisce moltissimo sul clima.* La fase interglaciale calda che la Terra sta vivendo è caratterizzata dal prevalere della specie "homo sapiens" su tutte le altre specie viventi.

La vita di questa specie, la nostra vita, sta cambiando definitivamente la storia futura del pianeta Terra.

Se consideriamo infatti i valori di anidride carbonica e di metano presenti oggi nell'atmosfera constatiamo un aumento del 30% di anidride carbonica e di circa il doppio di metano rispetto alle emissioni naturali.

In un periodo interglaciale così breve non si sono mai registrati valori così elevati (soprattutto in un così "piccolo" lasso di tempo).

In passato la crescita dei gas serra, nelle ere interglaciali calde, aumentava nell'arco di decine di migliaia di anni. Perturbazioni minime delle condizioni generali di stabilità climatica, riferite ad un determinato periodo, generavano variazioni climatiche, anche notevoli, dopo diversi secoli.

Nella nostra era interglaciale le attività umane, nel corso di solo qualche generazione hanno prodotto gravi effetti sulla

composizione chimica dell'atmosfera e, quindi sul clima con una accelerazione mai verificatasi prima.

Gli effetti, i primi piccoli, piccolissimi effetti li stiamo già vedendo, ogni anno che passa e in maniera sempre più forte e violenta. A differenza del passato non attendono migliaia di anni per manifestarsi. Ma come è cominciato tutto ciò?

Fino a circa 10 mila anni fa i nostri progenitori vivevano di quanto donava loro la natura.

La caccia, la pesca, i frutti degli alberi, le radici, le bacche, era quanto bastava loro per vivere.

Poi cominciò a svilupparsi l'agricoltura che garantì la certezza dell'alimentazione e con essa le prime forme organizzate di più famiglie di individui che cooperavano tra loro al fine di garantire all'intero gruppo la sopravvivenza alimentare.

Per coltivare specie vegetali commestibili i nostri antenati si insediarono nei luoghi più favorevoli e, attraverso l'irrigazione, aumentarono la produttività dei terreni, garantendosi, con l'introduzione dell'allevamento degli animali, scorte di cibo e forza lavoro notevoli.

La società umana cominciava ad organizzarsi e ad espandersi.

Ci sono voluti milioni di anni affinché la popolazione umana arrivasse ai cinque milioni di individui, ma solo 10 mila anni per arrivare, alla fine del 1800, ad un miliardo di individui e poco più di duecento anni per arrivare ai 6.5 miliardi di oggi.

Se non dovessero verificarsi episodi drammatici oggi imprevedibili, la popolazione umana dovrebbe stabilizzarsi intorno ai 10 miliardi di individui tra la metà e la fine del secolo appena iniziato.

### **Cosa accadrà ?**

Il fenomeno più vistoso del cambiamento indotto dall'uomo riguarda il clima.

Dalla metà del secolo scorso ad oggi la temperatura media del pianeta è aumentata di circa un grado, passando dai 13,5°C ad oltre i 14,5°C.

Questa velocità di variazione della temperatura media è insolita.

In genere fluttuazioni di un grado si verificavano in passato nell'arco di migliaia di anni, non di qualche decennio.

L'accelerazione dell'aumento medio della temperatura del pianeta è dovuta ad una repentina variazione della composizione chimica dell'atmosfera verificatasi negli ultimi decenni.

Oltre all'anidride carbonica e al metano, l'atmosfera terrestre si è arricchita di ossidi di azoto, di clorofluorocarburi e di anidride solforosa proveniente dalla combustione del petrolio e del carbone.

Questi sono tutti gas-serra: hanno cioè la capacità di assorbire e trattenere in atmosfera una parte dell'energia termica emessa dalla Terra, che in condizioni normali sarebbe riflessa verso lo spazio.

Aumenta così la temperatura media del pianeta per inasprimento dell'effetto serra naturale, causa del clima mite al quale siamo abituati.

L'impatto delle attività umane sull'ambiente è stato finora incontrollato e ciò potrebbe causare in futuro gravi catastrofi planetarie soprattutto perché all'inquinamento finora prodotto da una parte dell'umanità, che ha prosperato nel benessere, si sta aggiungendo l'inquinamento derivante dalle attività di miliardi di altri uomini che tendono a raggiungere lo stesso tenore di vita. Potrà la Terra sopportare il saccheggio delle risorse cui è sottoposta? E se sì, per quanto tempo ancora? E poi, le attività umane amplificate dalla globalizzazione garantiranno ai dieci miliardi di individui, che si prevede vivranno sulla Terra verso la metà di questo secolo, condizioni di vita accettabili? E ancora, l'energia di cui le attività umane hanno bisogno sarà disponibile per tutti? E se così non fosse, (come è prevedibile) ci sarà una parte dell'umanità che non ce la farà a sopravvivere? E se sì, quale? L'occidente? Il blocco India – Cina? I paesi di religione musulmana? Porsi queste domande fa presagire uno scontro tra civiltà per la sopravvivenza dell'una rispetto alle altre. Sarà così? Procediamo.

Due minacce incombono sull'umanità: il cambiamento del clima e l'avvicinarsi del picco di Hubbert.

## **Il cambiamento climatico e la globalizzazione**

La temperatura media della superficie terrestre è aumentata, dall'inizio del 1.800 ad oggi, di 1°C e potrebbe aumentare ancora nel corso del secolo, e questo perchè gran parte del surriscaldamento rilevato nel corso degli ultimi cinquanta anni è da attribuire alle attività umane.

La globalizzazione delle attività con la decuplicazione delle emissioni di gas serra fa prevedere un ulteriore aumento della temperatura media del pianeta. Infatti il riscaldamento medio è stimato, a meno che non si intervenga per porvi fine, intorno ai 6°C in più per la fine del secolo.

A causa del riscaldamento, l'atmosfera diventerà energeticamente più attiva, le zone umide saranno più piovose, le aree secche più aride e quelle soggette a temporali ancora più colpite da tempeste.

I cambiamenti climatici saranno più accentuati sulla maggior parte delle terre emerse rispetto alla media globale e interesseranno con sempre maggiore evidenza regioni quali l'Europa meridionale, l'Asia centrale e buona parte dell'Africa tra le regioni più colpite. Esiste poi il rischio reale di un "salto" improvviso del sistema climatico nel giro di pochi anni. Tali salti avvengono per cause naturali, ma ancor più probabilmente per le modifiche fisiche che il riscaldamento globale attiva, primo fra tutti lo scioglimento delle calotte polari. In conseguenza di un possibile salto climatico potrebbe verificarsi l'arresto definitivo della corrente del golfo che concorre a garantire l'attuale mitezza delle temperature europee. Lo scioglimento dei ghiacci, infatti, comporterebbe l'immissione di enormi quantità di acqua fredda sufficienti ad abbassare la temperatura dell'oceano atlantico e, quindi, ad eliminare la corrente del golfo. Per l'Europa inizierebbe così una piccola era glaciale.

Nella comunità scientifica tutti sono d'accordo nel ritenere necessario che per evitare questa ed altre conseguenze catastrofiche si debba fare di tutto perché la temperatura media del pianeta non superi i due gradi rispetto a quella esistente all'inizio dell'era industriale. Perché ciò avvenga occorre che la concentrazione di anidride carbonica in atmosfera non superi la soglia delle 450 parti per milione.

Oggi siamo a quota 385, contro le 320 parti per milione dei primi anni sessanta. Il limite potrà essere rispettato solo con immediati tagli alle emissioni di gas serra di almeno il 50 per cento su scala globale. Ciò che si sta verificando è, invece, esattamente l'opposto. La "globalizzazione" sta portando ad un aumento sconsiderato di emissioni di questi gas tant'è che nuove previsioni riducono al 2030 l'anno in cui si raggiungerà la soglia delle 450 parti per milione di anidride carbonica in atmosfera. Tranquilli, nel frattempo ci consoleremo perchè aumenteranno e si accentueranno i fenomeni estremi in atmosfera quali tornado, tempeste tropicali, pioggia, precipitazioni nevose, caldo estremo, siccità, inondazioni etc.

Ma cos'è l'atmosfera, come è strutturata e quali gas la compongono? Sommarariamente possiamo dire che l'atmosfera è costituita da quattro strati distinti e sovrapposti l'uno all'altro. La parte più bassa è chiamata Troposfera ed è quella a contatto con le attività e la vita dell'uomo. La Troposfera avvolge il globo terrestre e si estende sopra di esso per una decina di chilometri e contiene circa l'80 per cento di tutti i gas presenti in atmosfera. Praticamente, tutto l'inquinamento prodotto dalle attività umane si riversa in questo "mantello aeriforme" dotato di una particolarità: i gas dell'emisfero settentrionale che la compongono non si mischiano, se non in piccole quantità, con quelli dell'emisfero meridionale. E' come se all'equatore vi fosse un muro, una barriera che impedisce questo rimescolamento. Risultato? L'inquinamento prodotto nel più attivo e popoloso emisfero settentrionale non si diluisce in tutta la Troposfera, ma risparmia la parte a sud dell'equatore dove l'aria è, dunque, meno inquinata. Un'altra caratteristica della Troposfera è che ha il gradiente termico capovolto, è cioè, più calda alla base e più fredda negli strati alti, pur essendo questi più "vicini" al sole. Lo strato successivo è chiamato Stratosfera e in esso la temperatura aumenta man mano che si sale. Questo perché v'è ozono in percentuale "elevata", che assorbe l'energia dei raggi ultravioletti provenienti dal sole e la rilascia sotto forma di energia infrarossa (calore). Segue poi a circa 50 chilometri la Mesosfera e sopra di essa la Termosfera dove le temperature superano i 1000 gradi centigradi. Il 99.90 % dei gas che respiriamo è costituito dal 78 % di Azoto, dal 20.5 % di Ossigeno e dallo 0.9 % di Argon. Tutti gli altri

gas sono presenti in “tracce”, compresi i cosiddetti gas serra. Ma pur essendo presenti in piccole quantità i gas serra hanno una elevatissima influenza sul clima, capaci come sono di intrappolare il calore in prossimità della superficie terrestre. Un esempio: se l’anidride carbonica diventasse solo l’1 per cento dei gas che compongono l’atmosfera, la temperatura superficiale della Terra arriverebbe a circa 100 gradi centigradi. Incredibile, vero?

### **Il picco di Hubbert e la fine dell’era del petrolio**

La nostra vita dipende dal petrolio. Per lungo tempo abbiamo creduto che “l’oro nero” non dovesse mai finire. Ma cosa vuol dire, “fine del petrolio”? E’ ovvio che se mai ci sarà un giorno in cui avremo estratto l’ultima goccia di greggio dall’ ultimo pozzo ancora attivo, avverrà molto tempo dopo il momento in cui il petrolio avrà perso ogni interesse e importanza come fonte di energia (perché divenuto troppo costoso). La produzione di petrolio mondiale è stata in continuo aumento durante gli ultimi decenni. Oggi sappiamo che la produzione deve passare per un massimo : il “picco di produzione” o picco di Hubbert . Il punto cruciale è la stima di quando questo si verificherà, ovvero quando si verificherà quella che viene chiamata la “transizione petrolifera”. In estrema sintesi Hubbert sosteneva che l’offerta mondiale di petrolio cresce da zero fino ad un massimo (picco) per poi calare e che al massimo della curva si arriverà quando avremo estratto la metà del petrolio esistente in natura.

Evidentemente, l’ interesse per il “ punto di picco”, ovvero per la “ transizione petrolifera” deriva dal fatto che i dati indicano che potrebbe verificarsi entro qualche decennio o anche entro solo pochi anni.

Attualmente (prima del picco) le capacità produttive dei pozzi esistenti sono superiori alla domanda .

Normalmente i pozzi non medio-orientali operano a piena capacità. Gli incrementi di domanda dovuti sia alle fluttuazioni del mercato che al generale aumento dei consumi, sono assorbiti dai cosiddetti “ swing producers” ( Arabia Saudita e altri paesi medio-orientali). La produzione dei pozzi medio-orientali non è mai a piena capacità ed è attualmente regolata dall’ OPEC che gestisce le quantità immesse sul mercato a seconda della necessità. L’arrivo al picco di produzione corrisponde al punto in

cui il progressivo declino dei pozzi farà sì che la domanda superi le capacità di produzione. Dopo la transizione, gli incrementi nella domanda non potranno più essere assorbiti dagli swing producers. Ci si aspetta di conseguenza che il costo del petrolio aumenti, soprattutto, per far ridurre la domanda. In una situazione di questo tipo è ipotizzabile il verificarsi di instabilità politiche a livello mondiale, quando la competizione per il petrolio rimanente potrebbe esplicitarsi non solo in termini economici ma anche militari. La “globalizzazione” sta definendo allora anche nuovi rapporti di forza militare. A competere con gli occidentali ci saranno un miliardo e mezzo di cinesi, un miliardo e cento milioni di abitanti dell’India, un miliardo e settecento milioni di cittadini di religione islamica. La Cina, l’India, i paesi musulmani, in caso di conflitto militare contro l’occidente per l’accaparramento delle risorse petrolifere restanti “possono permettersi” di perdere in una “ipotetica” guerra militare convenzionale 300 milioni di persone. La loro storia, la loro civiltà continuerebbe a vivere. Trecento milioni di europei o di nord americani in meno significherebbero la scomparsa di una civiltà, no? E tutto questo per cosa? Perché uno sparuto numero di influenti uomini nordamericani è riuscito ad imporre al mondo un nuovo modo d’essere, di fare, di agire e pensare: l’individualismo. Infatti alla base del neoliberalismo, v’è la cultura esasperata dell’IO: l’importante è se stessi, arricchirsi sempre di più.

Il neoliberalismo tende a sacrificare la coesione sociale, la qualità dell’ambiente, l’interesse delle future generazioni sull’altare della competitività, dell’individualismo possessivo, della redditività pressoché immediata, instaurando di fatto la dittatura dei mercati finanziari, il dominio della speculazione su ogni aspetto sociale, etico politico e ambientale. Non importa poi se le azioni messe in essere sono a discapito del presente e del futuro della civiltà dalla quale si proviene o della intera umanità.

La globalizzazione sta diffondendo questo modello di vita nonostante risulti evidente che le risorse della Terra non siano sufficienti per garantire a tutti il benessere medio dei paesi occidentali. E’ certo, per come è organizzata oggi la società umana su scala planetaria, che NON vi sono risorse sulla Terra per consentire a tutti i suoi abitanti di vivere allo stesso livello medio di benessere proprio dei paesi occidentali.

Ma agli economisti della scuola di Chicago, i teorici del neoconservatorismo liberale, questa considerazione non interessa affatto...

### **La scuola monetarista, Malthus e “l’economia” di Nash**

Nel 1994 viene assegnato il premio **nobel per l’economia ad un matematico**, John Nash, grazie alle sue scoperte in economia fatte per mezzo della “Teoria dei Giochi”.

Nash dimostra, matematicamente, che il massimo livello di benessere di una società si ha quando ciascuno degli individui che la compongono agisce in vista del proprio interesse senza però perdere di vista l’interesse degli altri. Confuta cioè, i pilastri della teoria economica corrente basata sulla libera competizione senza regole dimostrando come, un comportamento mosso dal solo individualismo, generi all’interno della società, azioni tali da far diminuire il livello medio di benessere di tutti i suoi componenti.

All’interno della teoria dei giochi Nash, sviluppa ulteriormente le scoperte formulate in precedenza da altri studiosi, teorizzando il funzionamento di mercati dotati di molteplici livelli di equilibrio che mutano in funzione dell’atteggiamento dei giocatori, di una eventuale autorità esterna al gioco, del grado di cooperatività tra i partecipanti. In sintesi Nash “matematizza” una verità lapalissiana.

Se in una squadra di calcio tutti i giocatori cercheranno di brillare di luce propria, di essere centravanti e di fare goal, più che compagni essi saranno rivali. La loro porta sarà facilmente violata da qualsiasi altra squadra i cui giocatori collaborino tra loro per sconfiggere l’avversario. Anche nel caso in cui il primo team disponga dei migliori elementi è probabile che perda, e che i membri della seconda formazione si distinguano, persino, a livello individuale. Quando si coopera tutti guadagnano, dal terzino al centravanti. Ci sarà un vantaggio differenziato in funzione del ruolo, della capacità e del livello singolarmente espresso da ogni giocatore, ma comunque ci sarà per tutti. E’ questo che Nash “scopre”, in netta contrapposizione anche alle teorie di Adam Smith, il quale suggerirebbe che ogni giocatore deve agire per se.

Ma come nasce, cos’è e a cosa serve la teoria dei giochi?

Verso la fine degli anni venti all’Università di Princeton, una città a pochi chilometri da New York, insegnavano

Albert Einstein, Kurt Godel, Robert Oppenheimer e il discepolo di Hilbert, John von Neumann, l'inventore, tra l'altro, delle tecniche matematiche per il funzionamento dei computer. Con il teorema del minimax (un teorema che esclude il terzo per garantire il conflitto tra due giocatori, come avviene nel gioco degli scacchi), Von Neuman fu il primo nel 1928 a fornire una descrizione matematica completa di un gioco. Fu solo nel 1938 che si formò il nesso tra gioco ed economia quando l'economista Morgenstern, convinse von Neuman a scrivere un trattato in cui si sosteneva che la teoria dei giochi era il fondamento scientifico di ogni teoria economica. Nacque così, nel 1944 "The Theory of Games and Economic Behavior", un libro rivoluzionario che applicando la matematica come linguaggio della logica scientifica, attaccava la visione economica dell'epoca.

L'essenza del messaggio di von Neuman e Morgenstern consisteva nel sostenere che i problemi tipici del comportamento economico diventavano, rigorosamente, identici ai concetti matematici relativi ai giochi di strategia. Infatti la cosa più importante di questa teoria riguardava i giochi a due giocatori, (che erano) di conflitto totale. Giochi che tra l'altro erano idonei perfettamente ad elaborare modelli e strategie che riguardavano la guerra scoppiata in Europa, ma che si adattavano anche al fattore scatenante della guerra fredda: la minaccia del conflitto nucleare tra Stati Uniti e Unione Sovietica. Questi giochi, però, non erano in grado di dire se le perdite per gli sconfitti si sarebbero rivelati vantaggi per i vincitori. Con le armi che diventavano sempre più distruttive infliggere al nemico il massimo danno possibile non aveva più senso. Se una parte dell'edificio della teoria dei giochi poggia sul teorema del minimax di von Neuman, l'altra sua parte è strutturata, invece, dal teorema dell'equilibrio formulato da John Forbes Nash, nel 1950. Nash si distaccò completamente dal teorema di von Neuman e avanzò l'ipotesi che i giochi cooperativi fossero formati da un numero  $N$  di persone che si accordavano per trovare un punto di equilibrio. In breve: il teorema di Nash dice che deve sempre trovarsi, perché esiste, un punto naturale di equilibrio che tende a mantenersi nel tempo e per mezzo del quale ciascun giocatore sceglie la migliore risposta da dare alle azioni degli altri. I giocatori di questo grande gioco a masse multiple sono costretti, così, a collaborare

tra loro se vogliono massimizzare il loro tornaconto. L'equilibrio di Nash si poteva quindi applicare ad una classe di situazioni molto più ampia rispetto al teorema del minimax di von Neuman. Infatti il suo teorema si poteva adattare al disarmo totale, alle scienze economiche, alla sociologia, alla biologia e alle nuove scienze politiche. Un esempio? L'Unione Europea, che è uno spazio non più legato al ristretto territorio di una nazione ma fondato su un gioco politico dove non c'è più qualcuno che vince o che perde, come nella politica conflittuale, ma vincono tutti quando trovano un punto di equilibrio. Un'area caratterizzata da regole economiche e sociali da cui deriva sia la solidarietà come dispositivo di cooperazione, sia il patto di lealtà come dispositivo di equilibrio e, quindi, di riuscita. In questo contesto l'Europa è un'idea nuova di governo delle cose ed è per questo che è anche un esempio di civiltà planetaria.

Nash effettuò le sue scoperte agli inizi degli anni 50, più di mezzo secolo fa, a Princeton; ma per scelta di chi finanziava il progetto di ricerca i risultati da lui ottenuti non vennero diffusi se non tra uno stretto numero di addetti ai lavori.

Quasi contemporaneamente alle scoperte di Nash due economisti, Lipsey e Lancaster, elaboravano il "teorema del secondo best" in ossequio al quale in una realtà economica che non funzioni ad un livello di libertà e competitività ottimale, non può sapersi a priori il grado di regolamentazione statale di cui avrà bisogno per operare meglio. In altre parole i due economisti hanno scoperto e dimostrato che è possibile che un paese funzioni meglio coadiuvato da interventi statali. In base alle condizioni e limitazioni poste dal mondo reale, potrebbe essere addirittura necessario un forte intervento statale in campo economico.

Tutto ciò in contrapposizione alla teoria e pratica dell'epoca che sosteneva essere necessario, in caso di problemi posti dal mondo reale esterno ad un sistema economico, adottare soluzioni che favorissero una totale e incontrollata libertà economica.

Lipsey e Lancaster hanno smantellato più di mezzo secolo fa questa visione ritenendo necessario che lo Stato intervenga con provvedimenti utili al sistema economico cui ci si riferisce, in base alle condizioni poste di volta in volta dall'economia. Purtroppo, scoperte come quelle di

Nash, Lipsey e Lancaster, che avrebbero potuto cambiare la storia della teoria economica per lungo tempo non hanno avuto altra diffusione se non all'interno di un ristretto numero di economisti dell'ambiente accademico statunitense.

Questo perché la combinazione delle due teorie suggerisce che non possa definirsi a priori, e con certezza, quale sia la scelta migliore per un paese; questa dipenderà sempre da una enorme quantità di variabili. E', quindi, un errore pretendere di applicare in ogni tempo e luogo la stessa strategia economica come, invece, sta accadendo dall'inizio degli anni 90, da quando cioè tutti i paesi del mondo del WTO, permeati dalla cultura e dai metodi del neoliberismo applicano, sbagliando, le teorie sviluppate all'università di Chicago negli anni 50.

Gli Stati Uniti d'America rappresentano da sempre il paese promotore di una parte dell'avanzamento tecnologico che rende oggi la vita più agevole e comoda. Come mai allora le scoperte in campo economico fatte da Nash, Lipsey e Lancaster non sono state applicate e, soprattutto, diffuse?

Esse avrebbero potuto permeare la cultura economica, premessa indispensabile per vivere in un altro mondo, con un'altra globalizzazione.

Così non è stato.

La visione ideologica ha preso il sopravvento riducendo la teoria economica, che dovrebbe costituire una scienza, ad una visione di parte, l'esatto opposto di ciò che è scienza.

In genere, in ogni determinata scienza se qualcuno dimostrasse matematicamente che l'assunto teorico valido fino a quel momento fosse errato, tutti sospenderebbero le ricerche e inizierebbero a lavorare sui nuovi assunti teorici dimostrati. Sarebbe stato questo il comportamento più logico da seguire soprattutto se si considera che in campo economico le conseguenze di una data teoria, se applicata, influiscono sulla vita di miliardi di persone.

Un atteggiamento scientifico rigoroso avrebbe dovuto indurre a ridiscutere i principi della teoria economica di Adam Smith, ma ciò non è accaduto.

Così è prevalsa un'altra teoria economica elaborata a Chicago, quelle della “**scuola monetarista**”.

La “scuola monetarista” sosteneva in un primo momento che lo Stato dovesse avere un'unica funzione: battere moneta in maniera proporzionale al tasso di sviluppo dell'economia. Dunque, secondo questa teoria, la Banca

Centrale di un Paese con tasso di crescita del 3% annuo dovrebbe emettere una pari quantità di carta moneta.

Successivamente la “scuola monetarista” limita, ulteriormente, il ruolo dello Stato sostenendo che questo non deve far altro che chiudere in attivo il proprio bilancio preventivo.

Secondo tale visione lo Stato non deve entrare nei problemi dei suoi cittadini.

I disoccupati non devono essere sostenuti e così i poveri perché “ l’essere umano è dotato di una razionalità perfetta che lo guida nelle scelte economiche”, poichè il risultato di un processo economico su scala nazionale deriva dalla media dei risultati di ogni singolo operatore economico, anche di quelli che non avessero agito razionalmente, come i poveri e i disoccupati. E ancora, secondo questa scuola lo Stato non deve interessarsi di faccende economiche, esso deve limitarsi ad abbattere qualsiasi tipo di restrizione alla competizione e al libero esprimersi dei soggetti economici controllando solo che il Paese, quando si considera la media dei risultati, non vada in deficit.

Se tale sarà il comportamento dello Stato si raggiungerà la piena occupazione di tutti i lavoratori di qualsiasi paese del mondo.

Ma è Possibile ciò?

Evidentemente questa teoria economica non teneva conto del tasso di sviluppo demografico a meno che non si ritenesse che la gente si riproducesse allo stesso ritmo con cui gli uffici di collocamento pubblicano gli annunci di offerta di lavoro.

La scuola economica di Chicago quando teorizzava queste cose, probabilmente, si rifaceva al pensatore inglese Malthus il quale sosteneva che, mentre la popolazione cresce secondo una progressione geometrica, i mezzi di sostentamento hanno solo un incremento aritmetico. Mi spiego meglio, l’aumento incontrollato della popolazione era considerato da Malthus la minaccia peggiore per un Paese. Quindi guerre, alluvioni, terremoti, siccità, pestilenze, carestie erano da considerarsi rimedi salutari volti a scongiurare questa minaccia.

Da quando Malthus teorizzava tutto questo sono passati quasi 150 anni, nel frattempo la popolazione mondiale è aumentata di 6 volte e, grazie alla tecnologia e alla scienza, un pezzo di pane c’è per quasi tutti. Ma fino a quando?

La scuola di Chicago fece proprio il teorema di Malthus integrandolo nella teoria economica lì sviluppata, che nella successiva ed ulteriore elaborazione sostenne in sintesi che il tasso di sviluppo demografico debba coincidere con il tasso di occupazione, e visto che il tasso di sviluppo demografico non è altro che il tasso di natalità sottratto a quello di mortalità, se quest'ultimo **variasse rapidamente**(quindi se la gente morisse proporzionalmente al calo dell'occupazione, o visse più a lungo quando c'è lavoro) secondo gli economisti della scuola di Chicago ci troveremmo sempre in condizioni di “piena occupazione”. Ragionamento ineccepibile ma aberrante, semplicemente aberrante. O no?

Con l'impostazione maltusiana la “scuola monetarista” acquistò ulteriormente credito presso l'élite e l'establishment statunitense che provvidero a divulgarne i principi e le regole teorizzate nelle università, nelle istituzioni finanziarie, nei centri di ricerca, nei centri decisionali mondiali e, tramite mass media, presso il grande pubblico.

Per contro le scoperte di Nash, Lipsey e Lancaster continuavano a restare ignote, nonostante avessero dimostrato l'erroneità delle tesi di Adam Smith.

Ma forse ha ragione l'élite statunitense. Il viaggio intrapreso dall'umanità confermerà le tesi maltusiane.

L'energia che occorre alla nostra vita e alle nostre attività dipende da fonti non rinnovabili come il petrolio ed il metano. Essi si stanno esaurendo.

E' solo questione di tempo. Mancando l'energia necessaria per riscaldarci, per trasportare e produrre cibo, per curarci etc. gran parte della popolazione potrebbe essere destinata a scomparire dal pianeta.

Con la globalizzazione in atto si sta modificando la composizione sociale dei vari stati. Il ceto medio e medio – alto dei Paesi occidentali si sta riducendo a vantaggio di un ceto medio emergente in Cina, in India e in tante altre nazioni del sud – est asiatico, del Medio Oriente, dell'africa mediterranea, dell'est europeo.

Nei Paesi occidentali come l' America, l' Europa, il Giappone, cresce il numero dei poveri e, il divario tra chi ha e chi non ha, aumenta ogni giorno di più. La povertà sta

diventando sempre più una condizione trasversale ai popoli e alle nazioni del mondo. L'1% della popolazione mondiale (i 60 milioni di persone più ricche) ha un reddito pari a quello posseduto dal 57% della popolazione del Pianeta (i 3,4 miliardi di persone più povere). Le 200 persone più ricche della Terra dispongono di più risorse dei 2 miliardi di persone più povere. Nel mondo 800 milioni di persone patiscono la fame, mentre altri 800 milioni hanno problemi per l'eccesso di cibo che consumano. Il bilancio annuale di una singola grande azienda americana come la General Motors (164 miliardi di dollari) supera di circa il 25% quello del più ricco paese dell'Africa sub-sahariana, il Sud Africa (129 miliardi di dollari). In una grande azienda dell'Occidente lo stipendio dell'amministratore delegato spesso supera quello di 150 suoi operai generici. Il primo tende a salire, mentre i salari operai tendono a calare. Mai, nella storia dell'uomo, la ricchezza era stata redistribuita in maniera così ineguale tra le nazioni e all'interno delle nazioni stesse.

Una volta gli uomini e le donne appartenevano a gruppi sociali diversi all'interno di uno stesso contenitore storico culturale che era il proprio paese, la propria città, la propria nazione. Si distingueva il cittadino italiano dal cittadino tedesco, lo spagnolo dall'inglese, il francese dal russo. Oggi non più. L'appartenenza è ad una classe, ad un ceto, indipendentemente dalla propria storia e dalla propria cultura. Si è divisi e si appartiene sempre più a gruppi mondiali di individui che "posseggono" e soprattutto, in grande maggioranza, a gruppi di individui che "non posseggono".

E' forse questa, venendo a mancare il petrolio, la parte di popolazione mondiale destinata alla scomparsa dal Pianeta, scomparsa che come dicevamo prima era ritenuta inevitabile e, logicamente, ineccepibile dagli economisti della scuola di Chicago?

In questo succedersi di eventi un paradosso c'è: l'Europa.

### **Europa, occasione mancata**

Ricordate il teorema di Nash? Con la teoria dei giochi avanzò l'ipotesi, poi dimostrata matematicamente, che i giochi cooperativi tra più soggetti hanno un punto di equilibrio che tende a mantenersi nel tempo e che il

tornaconto ed il benessere individuale aumenta quando i giocatori collaborano tra loro.

Senza conoscere le teorie di Nash, l'affinità culturale e storica portò i popoli europei a cooperare e a concorrere tra loro in un contenitore territoriale ed istituzionale chiamato Europa. Ciò avvenne con gradualità, in una condizione in cui i valori sociali ed economici dei singoli Stati erano simili, perché la storia era simile, la cultura era simile, insomma, le radici erano comuni. Nonostante ciò ci sono voluti oltre trentacinque anni per avere un'Europa con una economia completamente aperta a tutti gli stati membri.

Con la caduta nel 1989 del muro di Berlino, il comunismo, quell'idea di collettivismo e di socialismo perdeva il suo appuntamento con la storia e il mondo non più diviso in blocchi si predisponeva a cambiamenti epocali.

Le teorie economiche della scuola di Chicago potevano essere applicate al mondo intero. L'intervento dello stato nell'economia e nella società che serviva a ridistribuire la ricchezza prodotta e ad diminuire se non eliminare le ingiustizie viene messo in crisi. Il neoliberalismo teorizzato nella scuola di Chicago è accettato e diventa regola anche in Europa. Nel 2001 l'Asia e la Cina entrano nel WTO. La storia, la cultura, le conquiste dei popoli europei vengono svendute all'interesse di banchieri e gruppi multinazionali. Per le trattative che precedettero l'entrata dell'Asia nel WTO l'Europa, i popoli europei, la politica europea avrebbe dovuto utilizzare l'occasione per esportare nel mondo il proprio modello sociale. Così non è stato. L'apertura del WTO alle nazioni in via di sviluppo o del terzo mondo avrebbe dovuto essere finalizzata alla costruzione obbligatoria, in quei Paesi, di un sistema sociale minimo che limitasse lo sfruttamento dei lavoratori, garantendo loro, una prospettiva di vita accettabile. Salario minimo, condizioni di sicurezza sul lavoro, scuola, sanità, sistema pensionistico, libertà di stampa, libertà religiose, diritti civili, democrazia politica etc, erano da porre come condizioni irrinunciabili. In questo modo, tra l'altro, le merci e i beni prodotti in questi luoghi avrebbero avuto un costo superiore a quelli attuali, la crescita economica di quei paesi sarebbe stata più lenta e la precarietà delle condizioni di vita e di lavoro per centinaia di milioni di donne e uomini non sarebbe diventata la regola. Ma svendendo la storia dei popoli europei, la cultura delle

genti europee per “un piatto di lenticchie” ai soliti noti, i politici Europei, la sinistra europea, la destra europea, tutti, ma proprio tutti hanno sbagliato, hanno tradito le aspettative, il ruolo, la storia, le conquiste di civiltà dei popoli europei. E noi ne paghiamo le conseguenze, infatti cominciamo a subirne gli effetti che sono devastanti per il futuro della nostra civiltà e del sistema mondo: occorre un ripensamento.

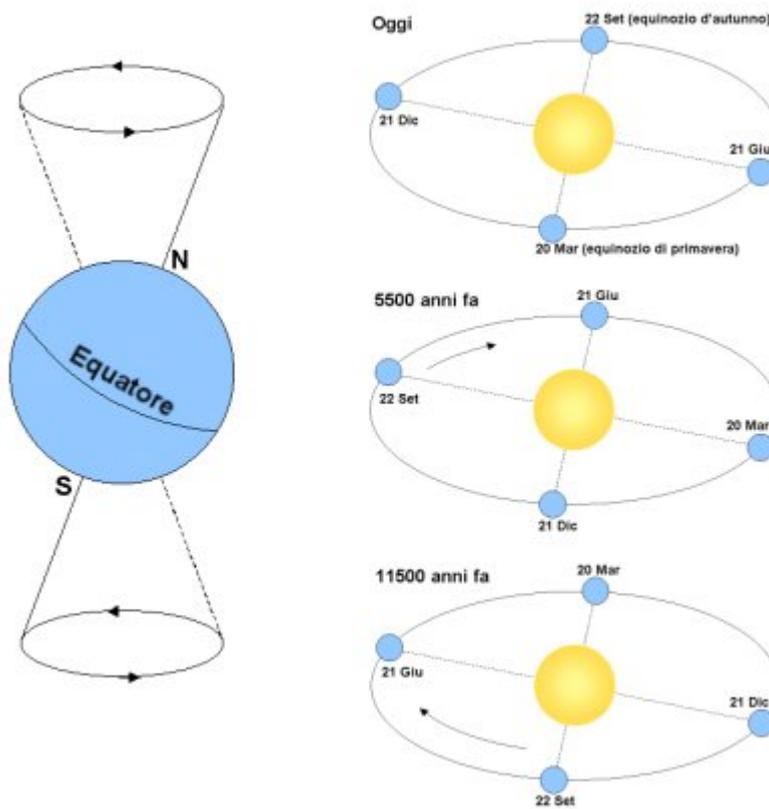
Torneremo su questo punto, ora continuiamo a ragionare e andiamo avanti nell’analisi storico – ambientale, cominciando dai cambiamenti climatici.

## **Il ciclo di Milankovic e l’inquinamento prodotto dall’uomo**

Quando è cominciata l’alterazione del clima?

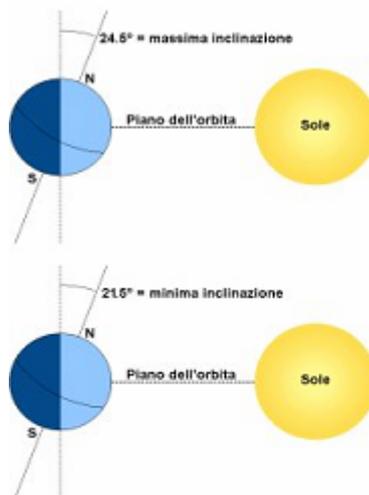
Il consenso scientifico sul fatto che nel secolo scorso le attività umane cominciarono a provocare un riscaldamento del clima si è, ormai, diffuso anche tra il grande pubblico. Le società industriali hanno iniziato a diffondere nell’atmosfera anidride carbonica e altri gas serra con l’introduzione degli impianti manifatturieri e delle centrali elettriche a carbone, alle cui emissioni si sono aggiunte poi, quelle dei veicoli a motore. Stando così le cose, chi è vissuto nell’era industriale è responsabile dell’accumulo dei gas serra in atmosfera e della conseguente tendenza al riscaldamento globale? Le cose non stanno proprio così. Certo le attività industriali hanno contribuito moltissimo, ma vi sono altri fattori che influiscono, da sempre, sull’alterazione del clima. Fin dagli anni settanta è riconosciuto, che a dominare il clima globale a lungo termine sono da milioni di anni tre variazioni regolari nell’orbita della Terra intorno al Sole.

### Precessione degli equinozi (periodo = 23000 anni)

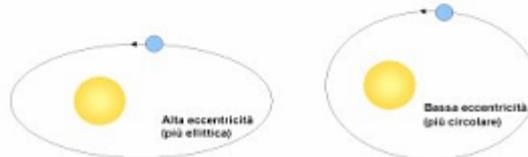


La precessione degli equinozi è uno spostamento progressivo dell'asse di rotazione terrestre. Questo moto secondario è causato dall'attrazione gravitazionale della Luna e del Sole che tende a modificare la direzione dell'asse facendole descrivere, in senso orario, la superficie di un cono in poco più di 26000 anni. Questo moto si combina con la rotazione dell'asse dell'orbita terrestre che avviene in senso opposto in un periodo molto più lungo.

Inclinazione dell'asse (periodo=41000 anni)



Eccentricità (periodo dominante=100000 anni)



La variazione dell'ampiezza dell'angolo di inclinazione dell'asse di rotazione terrestre si compie in 41.000 anni. L'energia dei raggi solari produrrà minori o maggiori effetti, anche del 10%, in funzione del grado di inclinazione dell'asse di rotazione terrestre. Così come la variazione dell'eccentricità dell'orbita inciderà sull'intensità dell'energia ricevuta dalla Terra.

Per effetto di questi cicli orbitali ( che operano su periodi di centomila anni, quarantunomila anni, ventiduemila anni), la quantità di radiazione solare che raggiunge le varie parti del globo in una data stagione, può variare di oltre il dieci per cento. Negli ultimi tre milioni di anni, questi cambiamenti nella quantità di luce solare che raggiungeva la superficie del pianeta hanno prodotto una lunga sequenza di glaciazioni separate da brevi periodi interglaciali caldi.

Mentre ruota attorno al proprio asse, la Terra ondeggia come una trottola, avvicinando ed allontanando dal Sole l'emisfero settentrionale.

Una carota di ghiaccio lunga tre chilometri recuperata negli anni novanta del secolo scorso dalla stazione Vostok in Antartide conteneva bolle di aria antica che rivelarono la

composizione dell'atmosfera negli ultimi ottocentomila anni.

Si è così scoperto che le naturali variazioni dell'orbita terrestre nel ridistribuire la luce del sole che raggiunge il globo causano anche forti oscillazioni nelle concentrazioni atmosferiche di metano ed anidride carbonica.

Le carote di Vostok ci dicono che le concentrazioni di metano in atmosfera sono aumentate e diminuite negli ultimi trecentocinquantaanni, in armonia perfetta con gli alti e bassi di radiazione solare, indotti dalla precessione nell'emisfero nord. Le concentrazioni di anidride carbonica invece sono variate a secondo della precessione, delle variazioni di inclinazione dell'asse di rotazione della Terra e della forma orbitale del pianeta. Cicli questi che si verificano ogni quarantamila e undicimila anni. Per motivi ancora non del tutto chiari, le concentrazioni globali di questi gas serra rispondono quasi esclusivamente a cambiamenti che si verificano durante l'estate nell'emisfero settentrionale, dove si concentra la maggior parte delle masse continentali. I picchi di calore estivi nell'emisfero nord si verificano ogni ventiduemila anni, quando l'estate settentrionale coincide con il passaggio più ravvicinato della Terra al Sole e l'emisfero nord riceve il massimo di luce. Il calore estivo invece raggiunge il minimo undicimila anni più tardi, dopo che l'asse terrestre ha compiuto mezza rivoluzione. L'emisfero riceve il minimo di luce solare estiva perché la Terra e il Sole sono al massimo della distanza.

In sintesi, le carote di Vostok ci dicono che nonostante le ampie fluttuazioni avute in passato, il clima ha mantenuto una regolarità che rifletteva quella delle variazioni nell'orbita della Terra, oscillando tra due stadi di apparente equilibrio, uno, corrispondente al freddo periodo glaciale e l'altro al caldo periodo interglaciale. Così è avvenuto negli ultimi ottocentomila anni.

Oggi però non è più così, infatti le attività dell'uomo hanno cambiato per sempre questa naturale ciclicità e, con una certezza: il nostro impatto sull'ambiente crescerà sempre di più. Non possiamo tornare indietro. Possiamo però studiare il processo di trasformazione in atto, imparare a controllarlo e tentare di gestirlo con le scelte della politica e con le leggi della fisica. Si dirà, cosa c'entra la fisica ora. C'entra, eccome se c'entra. Ma procediamo per ordine.

Alla fine del periodo glaciale più recente, durato circa centomila anni, i ghiacci cominciarono a ritirarsi lasciando libere quasi tutte le terre emerse dell'emisfero settentrionale. Non molto tempo dopo i nostri antenati iniziavano a costruire città, inventavano la scrittura e fondavano religioni.

La società umana cominciava a strutturarsi.

### **Le religioni, l'uomo e l'ambiente**

Le religioni hanno influenzato da sempre la cultura e il comportamento dei popoli, delle genti, dei singoli individui. La cultura occidentale, la nostra cultura, ha imposto al mondo la propria visione della vita, il proprio modello organizzativo, produttivo, economico, sociale, le aspettative, i propri valori e progetti futuri. Ma quanto hanno influito la religione cristiana e le religioni monoteiste nel determinare ciò che siamo rispetto all'ambiente nel quale viviamo?

Si è per secoli inculcato il principio secondo il quale l'uomo ha ricevuto dal Creatore il diritto di vita o di morte su ogni altra creatura. L'ambiente e la natura sono stati creati per essere a lui sottomessi, per servirlo, insomma: prede da saccheggiare.

Questa concezione fortemente antropocentrica ha reso l'uomo insensibile, convinto com'è di essere il dominatore del mondo con diritto di vita o di morte su ogni creatura, su ogni ecosistema, di poter disporre di tutto ciò che è natura a proprio piacimento. Così l'uomo ha soggiogato altri uomini: li ha predati, resi schiavi, sfruttati, uccisi ieri come oggi, e prederà e ammazzerà anche domani. L'uomo, quello più forte tra gli altri uomini, è il re di una creazione intesa per lui solo, e sulla quale egli gode di prerogative senza limiti, fino al diritto di sottometterla, di esserne il padrone, di sfruttarla a piacimento.

Le religioni monoteiste e, in primis, il cristianesimo hanno sempre concepito i rapporti tra uomo e natura coincidenti con il rapporto (per tanto tempo sperimentato tra uomo e uomo) tra padrone e schiavo. L'antropomorfismo arrogante dei grandi monoteismi ha sempre predicato il non rispetto, il non ascoltare, il non interrogare, il non comprendere, il non amare la natura quanto piuttosto il suo contrario cioè il dominarla per sfruttarla e saccheggiarla. Come ha potuto, ad esempio il cristianesimo, ignorare e

non udire per duemila anni il grido assordante emanato dal creato? Come ha potuto la religione dell'amore, della pietà, della misericordia e del perdono occuparsi solo di una creatura, l'uomo, e di escludere tutte le altre? Come ha potuto la religione che pone al centro del proprio messaggio il Sermone della montagna e quello delle Beatitudini ignorare la sofferenza lacerante provocata da saccheggi e menomazioni causate dall'uomo al "resto" vivente? Probabilmente la risposta va cercata nella tradizione più antica cui il cristianesimo fa riferimento, la Bibbia. Tra le tante citazioni riservate al creato ed alle sue creature, dopo il diluvio, nella Genesi si legge: siate la paura ed il timore di tutti gli animali della Terra e del Cielo, di quelli che strisciano e di quelli che nuotano nei fiumi e nei mari: essi sono messi in vostro potere assieme a tutto ciò che si muove ed ha vita.

La cultura cristiana che nei secoli è seguita non è stata indulgente, nei confronti del creato e del vivente, rimarcando nel tempo la consacrazione dell'uomo a re della creazione. Del resto essere stato creato a immagine e somiglianza del proprio Creatore, l'uomo non poteva che avere una posizione regale e di dominio su tutto il creato. A ridimensionare questo Re senza regno ci hanno per fortuna pensato Darwin e l'Illuminismo.

Da allora la forza e la bellezza delle parole del Vangelo sono state accolte e vissute da tantissime donne e uomini, fatte proprie e testimoniate soprattutto dai poveri e dai diseredati dell'umanità. Purtroppo, di tanto in tanto la storia rigurgita, e allora ritorna la voglia di potere da parte di chierici e mhullà. E' il tempo che stiamo vivendo. Ed a ciò **deve** essere contrapposto, in Occidente e nel mondo intero un "neo illuminismo" che si faccia carico di esaltare e diffondere da subito la vera peculiarità della razza umana, il vero nostro essere diversi ma complementari al resto vivente: la consapevolezza di esistere. Speriamo che non sia troppo tardi!

## **Un dono della natura: i composti fossili del carbonio**

Fino a solo due secoli fa gli uomini erano in grado di vivere sfruttando esclusivamente la luce del sole. La nostra stella nutriva le piante che fornivano cibo e riscaldamento.

All'inizio del XIX secolo poco meno di un miliardo di persone popolava il pianeta.

In quel tempo erano pochi a viaggiare, la maggior parte delle persone non si allontanava dal luogo di nascita e si viveva in funzione dei cicli e delle risorse che la natura donava.

Oggi noi spesso lavoriamo lontano da casa spostandoci con veicoli che consentono una mobilità mai esistita prima. Navi, aerei, automobili, treni, trasportano persone e cose in ogni angolo del pianeta. La scienza, la tecnologia ci consentono di vivere una vita comoda. Ma ciò che abbiamo, il benessere raggiunto, è frutto dei doni della natura adattati e trasformati dall'ingegnosità umana.

Riusciremo a mantenere il livello di vita raggiunto? Come vivremo? Sopravviverà l'umanità?...Procediamo con ordine.

Per centinaia di milioni di anni la natura ha lavorato per noi trasportando in fondo agli antichi oceani materia animale e vegetale. In alcune aree della Terra si formarono strati di rocce particolarmente porose capaci di assorbire materiale organico.

I sommovimenti tellurici e le dinamiche del pianeta portarono successivamente, queste rocce a sprofondare sotto i fondali marini. Poi, l'aumento della temperatura provocato dal decadimento degli elementi radioattivi e il calore proveniente dal centro del pianeta, trasformarono il materiale organico in petrolio.

Diversi di questi strati si trovavano ad oltre cinque chilometri di profondità dove la pressione elevata e il calore spezzarono le lunghe molecole che formavano il petrolio trasformandolo in metano.

Non tutto il materiale vegetale finì nel sottosuolo profondo, parte di esso resta in superficie sotto forma di enormi banchi di torba. Seppellita dai movimenti tellurici e riscaldata dal calore interno della Terra si trasformarono in carbone.

Petrolio, metano e carbone i principali combustibili fossili altro non sono che energia del Sole conservata all'interno della Terra.

Nel corso degli ultimi centocinquanta anni abbiamo attinto a piene mani da questi doni di madre natura. Nel farlo abbiamo dato un colpo durissimo all'equilibrio climatico del pianeta. Il petrolio che la Terra ha conservato per centinaia di milioni di anni è una risorsa destinata a finire. Domanda: quando finirà?

Hubbert ha suggerito un metodo per avere una risposta la quale indica che tra una decina d'anni, verrà raggiunto il picco di produzione, cioè avremo estratto il cinquanta per cento del petrolio esistente.

Una volta raggiunto il picco è facile prevedere che l'offerta di petrolio cominci a diminuire. Passata la vetta di produzione con la domanda di petrolio in continua crescita e l'offerta in diminuzione avremo ancora una decina di anni di certezza energetica, a costi elevati, ma l'avremo. Dunque, a partire da oggi, abbiamo circa dieci anni per arrivare al picco e circa altri dieci per trovare e diffondere su scala planetaria una possibile alternativa energetica al petrolio. Ce la faremo?

E' facile prevedere che, una volta arrivati al picco di Hubbert, la civiltà che noi conosciamo avrà un cambiamento. In quale direzione? Questo dipenderà da ciò che l'umanità nel frattempo farà, dai mezzi e dalla tecnica che avremo, nel frattempo, sviluppato per produrre energia.

Esploriamo allora queste possibilità.

### **Energia: il problema dei problemi**

**Il petrolio** che oggi usiamo e sfruttiamo non è l'unico tipo di petrolio esistente, è presente anche nelle cosiddette **sabbie petrolifere e negli scisti petroliferi**. Per utilizzare questo petrolio invece di pomparlo come si fa oggi con tutti i depositi petroliferi, è necessario estrarlo dalla roccia, come i metalli.

La quantità di petrolio intrappolato nelle sabbie e negli scisti è di gran lunga maggiore della quantità di petrolio convenzionale. Gli addetti ai lavori sanno per esempio che in alcuni stati degli USA come nel Colorado, nello Utah, nel Wyoming v'è una enorme quantità di petrolio contenuta negli scisti e che in Canada vi sono altrettanti

enormi depositi di sabbie petrolifere. Una ricerca su base planetaria, sicuramente, farebbe scoprire altri luoghi dove queste formazioni petrolifere sono presenti.

Allora si dirà, dov'è il problema? E' nei costi. Per estrarre petrolio dalla roccia, questa va scavata, frantumata e riscaldata. L'intero processo richiede una notevole quantità di energia che ne sconsiglia la produzione. Chissà, forse tra qualche tempo, quando si sarà oltrepassato il picco di Hubbert, quando cioè il costo dell'energia richiesta per l'estrazione sarà inferiore al valore economico dell'energia che si otterrebbe dal petrolio estratto, allora forse si prenderà in considerazione questa ipotesi. Occorre, però, mettere in conto a priori che questo processo di "estrazione" sarà più lento rispetto a quello dell'attuale pompaggio da pozzi e sarà anche molto più oneroso per l'ambiente.

Se si dovesse arrivare alla coltivazione delle cave di scisti e di sabbie petrolifere si sarà superato il picco di Hubbert, le emissioni di anidride carbonica avranno nel frattempo raggiunto una concentrazione in atmosfera di 420 parti per milione e la temperatura media del pianeta si sarà alzata di un altro paio di gradi. Tutto normale?

Il **metano** è l'altro combustibile fossile relativamente abbondante per il quale il picco di estrazione è spostato in avanti, rispetto a quello del petrolio, di vent'anni.

Ciò, ovviamente, se il tasso di estrazione si dovesse mantenere costante. E' facile tuttavia prevederne un aumento che ridurrà il tempo di arrivo del relativo picco di produzione.

Alla quantità di metano esistente nei giacimenti tradizionali va aggiunta quella presente sotto il permafrost artico e nei fondali oceanici in forma di idrato.

L'idrato di metano è solido e, se acceso brucia.

Scoperto circa 20 anni fa, è composto da molecole di metano intrappolate in reticoli di molecole d'acqua.

Le condizioni fisico - chimiche che ne determinano la formazione sono la temperatura, prossima al punto di solidificazione e la pressione. Non si sa con certezza quanto ce ne sia e come fare per estrarlo. Una cosa però sappiamo, l'aumento della temperatura comporterà lo scioglimento dei ghiacci delle calotte polari ed il metano intrappolato nei cristalli di idrato si libererà favorendo

altresì la crescita della frazione dei gas serra presenti in atmosfera.

Infine il **carbone** i cui giacimenti potrebbero darci energia ancora per diversi decenni. Bruciare carbone significa, però, produrre ulteriore anidride carbonica, nonostante si dica da più parti che la tecnologia attuale ne consente l'utilizzo senza alcuna emissione in atmosfera. Infatti le nuove centrali elettriche alimentate a carbone dispongono della nuova tecnologia di desolforizzazione che liquefa le emissioni che poi vengono sotterrate. Speriamo bene.

Un'altra possibile opzione risiede nella **fusione nucleare controllata** in cui l'energia si ottiene dalla fusione di nuclei atomici leggeri in nuclei più pesanti (ciò che avviene nel Sole).

Un impianto sperimentale (progetto ITER) per la produzione di energia elettrica è stato recentemente approvato e finanziato con il contributo di diverse nazioni. Verrà realizzato in Francia e dovrebbe produrre circa 500 megawatt elettrici.

Se tutto andrà come previsto il passaggio dalla fase sperimentale a quella industriale, abbassando gli elevati costi, consentirà la diffusione su larga scala.

I benefici della diffusione e utilizzo di questa tecnologia sono notevolissimi perché sono, praticamente, impianti ad emissioni zero. Il problema è rappresentato dai tempi. Il picco di Hubbert è sempre lì che aspetta. Le centrali a fusione controllata utilizzano come combustibile il deuterio, presente in quantità, pressoché inesauribili, nell'acqua del mare e degli oceani ed il litio, anch'esso abbondante, perché presente in tanti minerali comuni.

Molti scommettono sul petrolio ricavato dagli scisti e dalle sabbie e sulla fusione nucleare controllata quali principali fonti energetiche per il futuro. Il problema è il tempo. Il picco di Hubbert è lì, non si muove.

V'è poi, la **fissione nucleare** per la quale esiste una tecnologia ed una esperienza consolidata nel tempo che ha dato vita ad una nuova generazione di reattori, quelli a neutroni veloci. Le centrali nucleari oggi in funzione sono a neutroni lenti e, se continuassimo a costruirne, dissiperemmo, entro qualche decennio le riserve mondiali di minerale di uranio. C'è di più. Le centrali nucleari con

reattori a neutroni lenti hanno una scarsa efficienza nell'uso del combustibile perché assieme alle scorie viene buttato via anche l'uranio grezzo. Uno spreco enorme, non più tollerabile.

I reattori nucleari a neutroni veloci consentono, al contrario, di sfruttare una frazione molto più elevata di energia contenuta nel minerale di uranio attraverso il riciclaggio, anche del combustibile esausto, mediante il processo "pirometallurgico".

Con esso vengono separati i prodotti di fissione dell'uranio dal plutonio e dagli attinidi presenti nel combustibile nucleare esausto. Gli attinidi, elementi molto pesanti e con tempi di dimezzamento molto lunghi, sono poi miscelati con il plutonio per non consentirne alcun impiego militare. Una volta terminato il processo pirometallurgico, che è una semplice elettrorefinazione, l'uranio e gli attinidi rimanenti sono fusi per produrre nuovo combustibile. Si riduce così, di molto, la quantità di scorie, producendo energia per un tempo molto più lungo rispetto alle centrali nucleari in funzione e che utilizzano, invece, reattori a neutroni lenti. La tecnologia dei reattori nucleari a neutroni veloci riduce di molto le scorie da stoccare ed è, in pratica, esente da emissione di anidride carbonica, e scusate se è poco!

Il carbone e l'uranio potranno garantirci la produzione di energia elettrica ma non la mobilità.

Grandi mezzi di trasporto come le navi potranno solcare i mari anche con la spinta di reattori nucleari, ma gli aerei, le automobili, gli autobus, gli autocarri, i treni certamente no! E allora come ci sposteremo?

Una possibilità è data dal metano o dalle **batterie elettriche**. Negli ultimi anni sono state sviluppate batterie per telefoni cellulari e computer portatili in grado di fornire energia, a parità di volume, in maggiore quantità e per più tempo, delle classiche batterie per automobili. Le auto elettriche potrebbero usare batterie più grandi che usano lo stesso principio. Vi sono poi le auto ad alimentazione ibrida ad elettricità e benzina, oppure ad aria compressa e benzina.

In alternativa il carburante per i mezzi di trasporto del futuro potrebbe essere l'**idrogeno**.

L'idrogeno è l'elemento più abbondante dell'Universo e anche sulla Terra, in combinazione soprattutto con l'ossigeno dell'acqua, è l'elemento più presente costituendo circa il 75% della superficie terracquea.

L'attuale produzione mondiale di idrogeno è di circa 600 miliardi di metri cubi annui pari, circa, al 9% della produzione mondiale di petrolio.

L'idrogeno viene utilizzato come materia prima per la produzione, su larga scala, di fertilizzanti, di ammoniaca, di polipropilene, nei generatori di freddo, nelle nafte, negli scambiatori di calore e in tante altre produzioni minori.

Dell'idrogeno, quale nuovo vettore energetico, si è cominciato a parlare da qualche anno soprattutto da quando una nazione come l'Islanda ha annunciato il proprio piano energetico che è alla base della trasformazione della propria futura economia, la prima al mondo fondata sull'idrogeno .

Da allora in tutto il mondo occidentale sono aumentate le risorse economiche sia pubbliche che private, destinate a superare i problemi tecnologici esistenti, per fare dell'idrogeno il vettore energetico del futuro prossimo.

Gli sforzi fatti in tutti gli istituti di ricerca mondiale ma soprattutto nei centri di ricerca dei colossi dell'industria automobilistica, hanno reso maturo l'avvento di una nuova tecnologia che usa l'idrogeno quale vettore energetico per produrre elettricità: la cella a combustibile.

Le celle a combustibile sono come le batterie, ma utilizzano un processo inverso ad esse.

Le batterie immagazzinano energia chimica e la convertono in elettricità; le celle a combustibile non immagazzinano energia chimica ma convertono l'energia chimica di un combustibile con cui sono alimentate in elettricità.

Non devono essere ricaricate e continuano a generare elettricità, finché dall'esterno sono forniti combustibile ed ossidante. La cella a combustibile utilizza l'idrogeno come carburante ed è costituita da un anodo, caricato negativamente, un catodo caricato positivamente, ed un elettrolita nel mezzo.

L'alimentazione della cella con l'idrogeno avviene sul lato dell'anodo, dove lo stesso si scinde in un protone e un elettrone.

Gli elettroni liberati escono attraverso il circuito elettrico esterno sottoforma di corrente continua mentre gli ioni

idrogeno raggiungono, attraverso lo strato elettrolitico, il catodo dove reagendo con l'ossigeno dell'aria formano acqua.

La cella a combustibile non ha parti in movimento, è silenziosa ed è fino a 3 volte più efficiente del motore a scoppio.

Nel processo di produzione di energia elettrica mediante le celle a combustibile viene, prevalentemente, messo in atmosfera vapore acqueo e una piccola quantità di idrogeno gassoso che si combina con gli strati alti di ozono.

L'idrogeno può essere usato per produrre energia anche in modo tradizionale, attraverso il processo di combustione (combustione mild).

Mentre gli altri combustibili, quali il petrolio, il carbone e il metano prima o poi finiranno, l'idrogeno è pressoché inesauribile. Inoltre l'idrogeno è una forma di "energia democratica", una volta superati i problemi tecnologici connessi al suo utilizzo, in qualunque parte del mondo potremmo vedere "lampadine accese"; nelle capanne del Burundi come in quelle del Bangladesh. L'energia prodotta dall'uso dell'idrogeno ha anche un'altra grandissima peculiarità, non è dipendente da fattori di geopolitica, religiosi o razziali. Meditare su questo, meditare.

Certo per il suo uso e la sua diffusione vi sono al momento problemi tecnologici ma questi possono essere superati. Basta volerlo. L'umanità ha dato prova che quando vuol raggiungere un risultato, vi riesce. Quarant'anni fa si diede infatti l'obiettivo di mettere piede sulla Luna e vi riuscì, superando problemi tecnologici, inizialmente, ritenuti impossibili. Allora avanti, avanti con la ricerca. Solo così possiamo pensare di farcela. Cominciamo subito però, ne va della sopravvivenza di miliardi di individui. Credo che ne valga la pena e poi, possiamo darla vinta alle impostazioni neolibériste e malthusiane teorizzate e diffuse dalla scuola degli economisti di Chicago? Credo proprio di no!

V'è poi l'**energia geotermica** che non si esaurirà mai ma per il momento è, difficilmente sfruttabile, per i bisogni energetici dell'umanità. In futuro chissà.

Infine c'è l'energia che muove tutto, che ci consente di vivere, la luce del **Sole**.

Il flusso di energia luminosa che arriva dal Sole non è molto intenso, esso è pari a circa 343 watt per metro quadrato come media sull'intera superficie terrestre nell'arco di un anno. Riuscire a sfruttarla si può, si deve.

Le tecnologie che si stanno sviluppando consentiranno di trasformare l'energia proveniente dal Sole, direttamente in energia elettrica nelle quantità che occorreranno per vivere e per produrre.

C'è chi sostiene che il futuro energetico su larga scala sarà nucleare e solare.

Allo stato attuale la tecnologia nucleare è molto più avanzata rispetto a quella solare.

Ma le cose potrebbero presto cambiare. Gli studi e le ricerche in corso fanno ben sperare. La tecnologia fotovoltaica, oggi in uso, costa troppo rispetto alla resa energetica. Si stanno facendo però degli enormi passi in avanti. Recentemente sono stati messi a punto dei nuovi sistemi che inducono all'ottimismo. Si tratta di sistemi a concentrazione che utilizzano celle fotovoltaiche a giunzione multipla sulle quali si convoglia la luce focalizzata da lenti o specchi. In questi impianti i costi sono di circa 45 centesimi di euro per watt di picco prodotto, con una riduzione dei costi di circa sette volte rispetto alla tecnologia fotovoltaica attualmente in uso. Un bel passo in avanti.

Inoltre, esistono tecnologie sperimentali che alzano ulteriormente il rendimento delle celle fino a sfiorare il 70 per cento. Queste utilizzano nanotecnologie che inserite in modo appropriato nei pannelli solari comuni, li rendono sensibili alla radiazione infrarossa consentendone la produzione di elettricità anche di notte. Infatti trasformano in elettricità anche l'energia infrarossa accumulata di giorno ed emessa di notte dalla Terra, energia che oggi non si utilizza. Sarebbe sufficiente un quadrato di 500 chilometri di lato di questi pannelli solari per dare energia a tutto il pianeta. Che cosa fantastica. E ancora...

E' terminata da poco la fase sperimentale, con il conseguente inizio e passaggio alla fase industriale, di impianti a concentrazione capaci di accumulare il calore della luce solare, con processo termodinamico, in una miscela di sali fusi dove la temperatura arriva a circa 600 gradi centigradi. Il calore accumulato dai sali è reso

disponibile alla produzione di vapore, la cui pressione alimenta un turbogeneratore elettrico anche di notte, anche in assenza cioè della luce solare, con una continuità produttiva di 24 ore.

Il problema però è il solito, i tempi. Intanto bruceremo ancora combustibili fossili immettendo ulteriormente in atmosfera, centinaia di miliardi di tonnellate di anidride carbonica e chissà cos'altro ancora.

Come si intuisce, sia tecnicamente che scientificamente esistono i mezzi e la tecnologia per poter vivere senza bruciare i combustibili fossili, i quali invece andrebbero preservati per le future generazioni che potrebbero utilizzarli per la fabbricazione di quei prodotti di derivazione dagli idrocarburi, utili a tante attività umane. Ad ogni modo una domanda si pone. Faremo in tempo?

Ho dubbi, forti dubbi e penso che possa accadere il peggio. Tutte le tecnologie oggi disponibili ( non escluso il solare) hanno forti impatti ambientali, sono costose e nel caso del solare occupano grandi spazi . Nella ricerca di nuove vie di produzione si tratta di trovare un compromesso tra costi, praticità, impatto ambientale ed altri fattori.

E' ben nota poi la difficoltà delle nuove tecnologie di soppiantare le vecchie tecnologie per ragioni di investimenti, inerzia dei consumatori, scetticismo, regolazioni governative etc. Questi fattori sono superabili solo quando la nuova tecnologia ha una superiorità tecnica schiacciante rispetto alla vecchia, oppure costi nettamente inferiori. Tutte le transizioni tecnologiche richiedono anni e notevoli investimenti. Nel campo energetico si sono avute due di queste transizioni a livello mondiale, quella da legna a carbone nel XIX secolo e più tardi quella da carbone a petrolio. Entrambe hanno richiesto tempi dell'ordine di un secolo per essere completate. Noi oggi questo tempo non l'abbiamo.

Le conoscenze, la tecnologia, la pressione della pubblica opinione, mai come oggi, così consapevole su questi temi potranno essere utili per una più veloce transizione dai combustibili fossili ad un'altra sorgente di energia. Anche nella più ottimistica delle previsioni di disponibilità di greggio, potremmo ottenere una transizione “ dolce “ solo iniziando adesso.

Ma andiamo avanti e continuiamo nella nostra analisi.

## **Le attività “globalizzate” e l’inquinamento ambientale**

L’innalzamento della temperatura verificatosi negli ultimi 150 anni come precedentemente detto è dovuto, principalmente, all’utilizzo dei combustibili fossili che ha portato a livelli record la concentrazione di gas serra in atmosfera.

Nella storia, le variazioni climatiche sono sempre state forti catalizzatori dei cambiamenti della vita e delle attività umane.

In passato interi popoli sono scomparsi o hanno cambiato abitudini, territori, continenti a causa del clima. V’è stato in questo, e credo ci sarà ancora in futuro, una sorta di “determinismo climatico”.

Il problema è che in passato le aggregazioni umane erano limitate a qualche migliaia, o tutto al più a qualche decina di migliaia di individui che facilmente, in caso di necessità, si spostavano dai luoghi dove vivevano e resi non più ospitali da alluvioni persistenti, siccità prolungate etc, ad aree e luoghi anche lontani, ma ospitali. Era presente una vulnerabilità alle variazioni climatiche tutto sommato contenuta.

Con la crescita della popolazione e la forte urbanizzazione della nostra epoca questa vulnerabilità è, enormemente aumentata. Oggi, in un mondo di sei miliardi di individui e più caldo rispetto al passato, il potenziale per un disastro climatico ambientale è, infinitamente, maggiore. Facciamo continui sforzi per proteggerci da pericoli climatici di minore entità e nel contempo, mettiamo in essere azioni che ci porteranno a subire, più rare, ma più gravi catastrofi di fronte alle quali non siamo preparati.

Inondazioni, frane, tifoni, alluvioni, cicloni, siccità, carestie, epidemie, faranno parte sempre più della nostra vita.

Occorrerebbe mettere in campo sin da ora azioni che riducano le emissioni in atmosfera dei gas serra, ma per quanto si predichi e si sottoscrivano accordi in tal senso, resta il fatto che queste continuano ad aumentare. Non si riesce a comprendere che sarebbe più facile modificare gli stili di vita e di consumo, mutando le regole economiche e la sensibilità culturale che li giustificano e sostengono, che affrontare i rischi ambientali conseguenti. Non è possibile, ad esempio, che si possa continuare a trovare nei mercati

ortofrutticoli o nei supermercati delle città europee frutta esotica proveniente dal Brasile o dalla Thailandia. Per un chilogrammo di questa frutta resa disponibile sul banco del fruttivendolo sotto casa nostra sono stati immessi in atmosfera sette chili di gas serra tra monossido e biossido di carbonio. Allucinante.

E ancora. Si spingono gli Stati a specializzarsi in determinate attività produttive costringendo, poi, gli stessi ad importare tutto ciò di cui hanno bisogno.

Il libero flusso di capitali indotto dall'economia globalizzata unito al bassissimo costo della manodopera e alle condizioni di lavoro senza regole con cui si producono i beni, hanno reso conveniente, per le multinazionali e le corporations, installare impianti e fabbriche in determinate aree del mondo e trasportare poi le merci, lì prodotte, nei Paesi più sviluppati dove i consumatori sono in grado di pagare quelle stesse merci, profumatamente.

Questo modo di fare, oltre a creare forti squilibri sociali, incide fortemente sull'inquinamento atmosferico. E' acclarato che il trasporto, tra le attività umane, è il settore che, maggiormente contribuisce alle emissioni di anidride carbonica. Circa 650 milioni di veicoli circolanti sulle strade del mondo bruciano oltre il 55 per cento del petrolio estratto. Le nostre città sono piene di automobili i cui gas di scarico "corrodono" la vita di milioni di individui. In città le persone si spostano per fare questa o quella commissione, per raggiungere il posto di lavoro, per fare acquisti, ma nella stragrande maggioranza dei casi l'automobile usata trasporta il solo conducente. Uno spreco enorme, un schiaffo al buon senso. Ma questo spostarsi frenetico nella città è reso necessario dal modo indecente, insulso e irrazionale con cui, in passato, sono state progettate le città. Occorre una nuova filosofia urbanistica. Le persone devono poter avere a non più di 10 -15 minuti a piedi tutto ciò di cui hanno bisogno per vivere, lavorare, istruirsi, svagarsi, curarsi etc. Ridurre le cause e i motivi della mobilità urbana consentirà una drastica riduzione dei gas serra, e forse le città continueranno ad avere un senso perché potranno essere vissute, anzi "respirate".

Con la globalizzazione gli Stati, le Nazioni, hanno abdicato al proprio ruolo di regolazione degli interessi generali a favore di una libertà, pressoché incondizionata, delle

società multinazionali e delle corporations. Il profitto ad ogni costo, costi quel che costi.

Gia, oggi, le multinazionali condizionano pesantemente le decisioni di quelli che una volta “erano” gli Stati sovrani. Del resto, con la ricchezza e il potere di cui dispongono sono in grado di condizionare la politica e le scelte, non solo degli Stati – nazione, ma anche degli organismi internazionali. Posseggono e finanziano scuole, ospedali, università e laboratori di ricerca; hanno proprie flotte aeree, dispongono di propri eserciti di sicurezza, di servizi segreti, etc...Insomma, sono Stati negli Stati e sopra gli Stati. Il mondo è, di fatto, governato da chi è a capo di queste corporations. Pochi uomini sono in grado di condizionare la vita o la morte di miliardi di essere umani. Il loro paese è il globo terrestre, il loro campo d’ azione è l’intero pianeta, il loro governo è sui popoli e le moltitudini del globo terrestre. E gli Stati - nazione? E la democrazia? Per come oggi è organizzata la società sono un bluff, un bluff autentico. E’ diventata solo un gioco innocente per masse e popoli ritenuti deficienti. Queste masse si accapigliano a favore di Prodi o Berlusconi, per Aznar o Zapatero, per Bush invece che Kerry, per la Merkel invece che Schroder, pro o contro Blair o Chirac o Putin, non sapendo che questi decideranno solo il contingente, il giorno per giorno. Il futuro, il progetto di futuro per l’umanità è definito altrove, da poche menti, da chi è in grado di attivare “processi Maltusiani”. Meditare su questo, meditare.

Nel frattempo si producono bulloni a Pechino per avvitarli a Roma, chips a Nuova Delhi per essere assemblati ad Oslo, le merci prodotte in Cina affollano gli scaffali delle metropoli americane ed europee. E i mezzi di trasporto necessari a questa danza delle merci inquinano e avvelenano l’aria e l’ambiente. Si continua ad operare come se bruciare petrolio non comportasse nulla al sistema ecologico globale. Sono importanti solo il momentaneo benessere, il reddito, il guadagno.

Non ci si pone affatto il problema che tra pochissimi anni potremmo avere un’atmosfera estremamente energizzata dall’effetto serra e che, fenomeni metereologici estremi, potrebbero diventare la norma con tutto ciò che ne consegue. Non ci si pone affatto il problema che nel 2050, continuando con l’attuale tasso di crescita, saremo quasi dieci miliardi di individui. Ci sarà cibo per tutti?

Già oggi sfruttiamo l'ambiente con una velocità maggiore rispetto a quella con cui esso si rigenera. E' una situazione insostenibile oggi, figuriamoci nel 2050 con dieci miliardi di individui. Il pianeta non potrebbe sopportarlo. Quanto cibo, acqua, energia occorreranno? Venendo a mancare il petrolio e, non essendo completata la transizione ad una fonte energetica sostitutiva, cosa accadrà? E' facile prevedere una involuzione autoritaria in tanti paesi, oggi, democratici.

Chi fermerà le folle, i popoli, che patiranno di stenti per la mancanza di energia necessaria ad una vita normale?

Con una popolazione mondiale in aumento e con il bisogno sempre crescente di energia per riscaldarsi, mangiare, curarsi, istruirsi, insomma per una vita decente, il fabbisogno di petrolio per la popolazione umana sarà enorme e con esso il conseguente inquinamento ambientale che produrrà una, inevitabile, decuplicazione delle emissioni dei gas serra.

Sovrappopolazione, penuria di energia, inquinamento ambientale, riscaldamento atmosferico, non c'è che dire, una bella sfida per le "democrazie". Reggeranno l'urto dei popoli infreddoliti, denutriti, fiaccati dalle malattie, dalla sete, dalle alluvioni, dai cicloni, dalla siccità, dalla fame, dalle freddi e prolungate nevicate, etc.?

Una cosa è certa, torneranno a nascere Dei e ci si raccomanderà di nuovo ai Santi. La tragedia consiste nel fatto che, nonostante si preveda che il peggio possa accadere, chi può non fa nulla per far cambiare rotta alla nave dell'umanità. Razionalità e discernimento sembra abbiano abbandonato il libero arbitrio.

Venendo a mancare il petrolio torneremo allo stile di vita del XVII secolo, prima che cominciassimo a sfruttare i combustibili fossili. Il risultato, pressoché immediato, di ciò sarà la sparizione del novanta per cento della popolazione mondiale. Sopravviverebbe, oltre ai pochi soliti noti, solo chi da sempre per vivere fa a meno dei combustibili fossili e dell'elettricità. Uno schiaffo alla civiltà, al mondo tecnologico, anche se comunque costoro dovrebbero fare i conti con i fenomeni estremi indotti dall'effetto serra. E tutto ciò capiterà solo perché **si è voluto sostituire ed imporre ad un liberismo ragionato, ad un liberismo oserei dire "rinascimentale", al liberismo della matematica di Nash, il Neoliberismo della scuola di Chicago.**

## **Una visione del neoliberismo**

Ma cos'è veramente il neoliberismo? Esso è l'insieme dei processi e delle politiche che consentono ad un gruppo, relativamente ristretto, di organizzazioni private di controllare la vita economica e sociale del pianeta, al fine di aumentare i propri profitti in un lasso di tempo sempre più breve. Esso è anche il "vangelo" economico – comportamentale non solo di uomini molto ricchi e di circa un migliaio di grandi imprese ma anche di molti partiti politici sia di destra che di sinistra. Nelle nazioni convertite al nuovo "vangelo" l'attuazione delle politiche neoliberiste inizia sempre con l'attenuazione della pressione fiscale per i ricchi per proseguire, poi, con lo smantellamento dello stato sociale, con l'abolizione delle norme più restrittive di tutela ambientale e soprattutto con il controllo di radio, televisioni e giornali. Il controllo dell'opinione pubblica, il suo "addomesticamento" è ritenuto strategico ai fini dell'attuazione del progetto neoliberista. I cittadini devono essere spettatori e non attori della propria storia, per cui la manipolazione del consenso è regola generale sia negli Stati con governi autoritari sia, ahimè, negli Stati a democrazia avanzata. A dirigere e governare le nazioni devono essere gli individui che la "possiedono". Per questo nei governi che si ispirano al "vangelo" neoliberista, si attuano in, genere, politiche di tutela delle minoranze che posseggono rispetto alle maggioranze che non posseggono. In questi stati si contrappone il diritto di proprietà al diritto alla proprietà cioè si esalta il diritto degli individui che hanno la proprietà. E ancora. L'omologazione delle masse è diventata una scienza. Massa significa numeri molto alti, quantità enorme di prodotti da vendere anche laddove la maggior parte delle persone sono povere. I poveri, non sono più considerati come le vittime passive dello sviluppo ma, grazie alla nuova visione neoliberista assumono anch'essi un ruolo attivo, quello di consumatori. Le multinazionali e le corporations vedono, nei 4 miliardi di poveri, un obiettivo reale di mercato. L'ampiezza di questo mercato in termini monetari è enorme. In India 200 milioni di famiglie povere rappresentano un mercato di 500 miliardi di dollari. In Cina 500 milioni di famiglie povere hanno un potere di acquisto di 1.000 miliardi di dollari tutti

da spendere nei cosiddetti “beni di consumo di massa ”. Complessivamente, oltre un miliardo di famiglie povere nei 20 paesi cosiddetti “emergenti” rappresentano un mercato più grande di quello della Francia, Italia e Germania messe insieme. Il potere d’acquisto del singolo cinese, indiano, brasiliano o egiziano sarà minimo ma, messo insieme, diventa significativo ed estremamente interessante per le corporations. E allora si studiano nuovi prodotti e nuove tecniche di marketing e distribuzione per arrivare fin nei villaggi più sperduti dell’India, del Pakistan o della Mongolia in cerca di nuovi clienti. E ai poveri si dà il benvenuto nel mondo del consumo di massa! Domanda: chi ha l’autorità per dire ai poveri del mondo di non comprarsi il telefonino? Chi ha l’autorità per non far comprare loro gli stessi saponi con cui noi laviamo?...e intanto per produrre questi beni si inquinano le acque, il suolo e l’aria...e il modello di vita e di sviluppo non cambia...e l’atmosfera si arricchisce di anidride carbonica...e il picco di Hubbert si avvicina sempre più, velocissimamente.

Per contro, alle masse dei paesi occidentali vengono “suggeriti” tutti i comportamenti da adottare per vivere una “vita virtuosa”, dal cosa mangiare al come vestirsi, dal cosa leggere al chi “votare”. Tutto questo in ossequio ai principi di economicità dei beni da produrre e dei servizi da erogare ed ai conseguenti e ovvi massimi ricavi, da realizzare. E l’unicità rappresentata da ogni individuo? A farsi friggere, ovvio! Se si continua così il nome e cognome che si impone alla nascita e che finora ha rappresentato la continuità delle storie vissute dalle unicità che sono i nostri genitori, verrà, inevitabilmente, sostituito da sigle di lettere e numeri, al pari di ogni prodotto che esce dalle catene di montaggio delle fabbriche di mezzo mondo.

Tra non molto essere un “nessuno” ed essere un “uguale” sarà la regola più di quanto non lo sia già oggi. Vogliamo salvare il mondo? Vogliamo dare un futuro all’umanità? Se questo è ciò che veramente desideriamo occorre che ognuno di noi si riappropri della unicità connaturata alla persona, della propria specificità, della consapevolezza di ciò che si è nella irripetibilità della esperienza della vita. Non v’è altra via per la salvezza del Pianeta...

## Inizio di un ragionamento

L'intensità media della radiazione solare che giunge sulla Terra è di 1372 watt per metro quadrato. La Terra gira sul proprio asse e distribuisce questa quantità di energia su ogni metro quadrato della sua superficie che in media e sull'intero anno, è negli strati alti dell'atmosfera, pari a 343 watt. Il trenta per cento di questo flusso di energia è riflesso direttamente nello spazio. La restante parte viene assorbita e, dopo aver contribuito a determinare il clima, viene re-irradiata sotto forma di energia infrarossa. Altri fattori, di natura astronomica, influenzano il clima del nostro pianeta; quello più importante è certamente l'inclinazione dell'asse terrestre sul piano dell'eclittica. A causa di ciò in un certo periodo dell'anno l'emisfero nord è più esposto al sole. Sei mesi dopo, ad essere esposto maggiormente al sole è l'emisfero sud.

L'atmosfera terrestre è composta principalmente da azoto, ossigeno ed in minore quantità da altri gas. La luce proveniente dal sole l'attraversa, facilmente, e quella parte non riflessa dai ghiacci o dalle nuvole ne illumina e riscalda la superficie.

Il calore accumulato viene, successivamente riemesso dalla Terra sotto forma di raggi infrarossi i quali sono in parte riflessi nuovamente verso la Terra e in parte verso lo spazio.

I gas che concorrono ulteriormente a riflettere in parte verso la Terra l'energia re-irradiata dalla stessa Terra sono il vapor acqueo, l'ozono, i clorofluorocarburi, gli ossidi di azoto, il metano e soprattutto l'anidride carbonica, cioè i gas serra.

Senza la presenza di questi gas tutta l'energia infrarossa sarebbe riflessa nello spazio e, conseguentemente, la temperatura media del pianeta sarebbe di circa -20 gradi centigradi, impossibile alla vita.

La presenza dei gas serra in atmosfera permette invece di intercettare circa il 70 per cento della radiazione infrarossa ri-emessa dalla Terra, causandone l'innalzamento della temperatura media, intorno ai 14 gradi centigradi.

In circa duecento anni, dall'inizio dell'era industriale, abbiamo però fatto aumentare di quasi il 40 per cento l'anidride carbonica nell'atmosfera e, più passa il tempo,

più aumenta, più globalizziamo le attività industriali e più aumenta.

L'incremento dell'anidride carbonica crea un problema, un grande e serio problema; l'energia infrarossa intercettata è maggiore e ciò provoca l'innalzamento della temperatura media del pianeta.

Gia oggi i modesti incrementi di temperatura che si sono registrati si riflettono sul clima con conseguenze, a volte, drammatiche.

La maggiore energia presente in atmosfera attiva fenomeni estremi sempre più dirompenti perché l'equilibrio climatico naturale è, in parte, già stravolto.

Le calotte polari si stanno sciogliendo e l'ecotono, presente all'estremità meridionale del massiccio centrale della Francia si sta spostando (l'ecotono è un confine tra due o più zone ecologiche dove la vegetazione cambia a distanza di pochi metri, in questo caso da vegetazione tipica delle aree temperate a quella della macchia mediterranea).

La Zona di Convergenza Intertropicale è sempre meno stabile e le piogge monsoniche che governa sono sempre meno prevedibili in durata, intensità ed aree in cui si rovesciano. Per non parlare di El Nino. L'oscillazione Meridionale che lo attiva, che è un'altalena di valori di pressione in atmosfera tra il pacifico orientale ed equatoriale, è sempre più imprevedibile nell'intensità e nella durata.

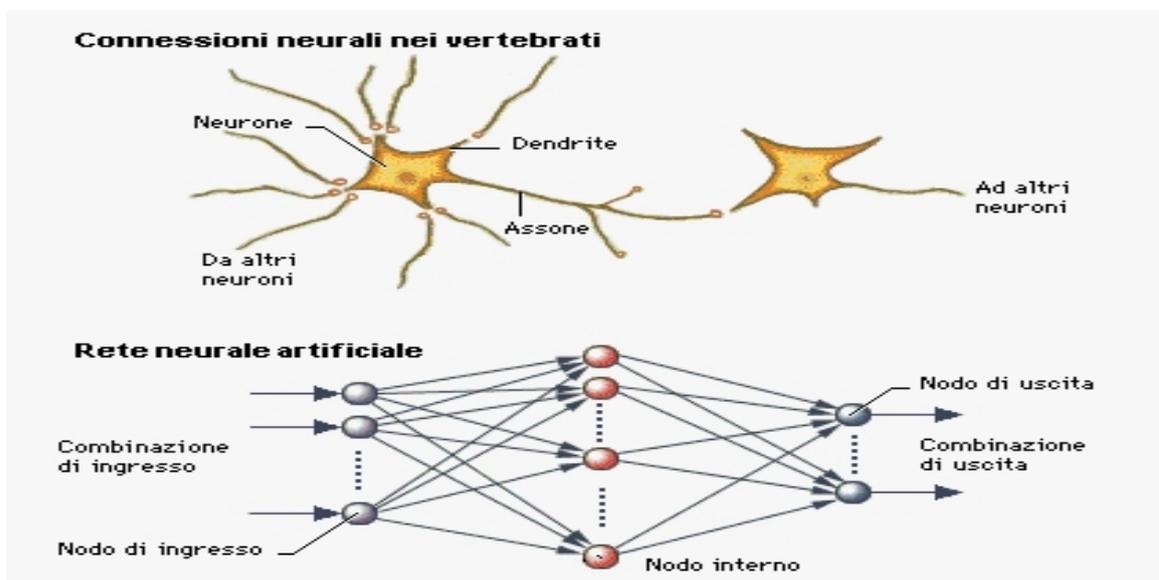
Mentre si opera per passare dal petrolio ad altra fonte di energia occorre studiare e proporre soluzioni che riescano a darci delle previsioni sulle variazioni climatiche al fine di ridurre la nostra vulnerabilità dai prevedibili fenomeni estremi che potrebbero verificarsi.

Oggi si può. La scienza ci mette i mezzi a disposizione per potervi riuscire. Tra le tecniche più promettenti vi sono, senz'altro, i cosiddetti modelli a reti neurali, sistemi capaci di stabilire i legami tra le variabili fisiche che interagiscono nei sistemi complessi. Le reti neurali ad esempio potranno aiutarci a studiare il clima...

Ma cosa sono le reti neurali?

## Le reti neurali

Le Reti Neurali nascono dall'idea di poter riprodurre alcune delle funzioni e capacità del cervello umano e tentano di imitarne la struttura e le funzionalità. Una rete neurale è costituita da un determinato numero di neuroni collegati tra loro da diverse connessioni sinaptiche.



La funzione di un neurone biologico è quella di sommare i suoi input (dati in ingresso) e produrre un output (dati in uscita) nel caso in cui tale somma sia maggiore di un dato valore di soglia. Tali output vengono poi trasmessi a successivi neuroni attraverso le giunzioni sinaptiche. In una rete neurale artificiale l'efficienza delle giunzioni viene predisposta, inizialmente, in funzione del tipo dei dati in ingresso per ciascun neurone. Le reti neurali possono essere utilizzate, principalmente, per due scopi: il riconoscimento di regolarità e lo studio dei sistemi complessi quali i sistemi biologici, economici, il clima etc. Concentriamoci dunque su quest'ultimo aspetto, che è quello rilevante per i nostri scopi. Nell'ambito dello studio dei sistemi complessi come il

clima, lo scopo principale è quello di definire un modello in cui la rete neurale diventi lo strumento per la predizione di eventi possibili, tramite un processo di simulazione. Il metodo della simulazione su calcolatore differisce abbastanza radicalmente dai metodi classici della scienza. La scienza tradizionale procede formulando, con il proprio simbolismo teorie e ipotesi, verificandone l'esattezza in esperimenti di laboratorio. Il metodo della simulazione consiste invece nella definizione di un modello della realtà che consente di valutare e prevedere lo svolgersi dinamico di una serie di eventi, susseguenti all'imposizione di certe condizioni, da parte dell'analista. Le simulazioni sono uno strumento sperimentale molto potente e si avvalgono delle possibilità di calcolo offerte dall'informatica. La simulazione, infatti, non è altro che la trasposizione in termini logico - matematici - procedurali di un "modello concettuale" della realtà; tale modello concettuale è l'insieme dei processi che hanno luogo nel sistema valutato e che permette di comprendere le logiche di funzionamento del sistema stesso, il clima ad esempio.

I vantaggi della simulazione possono essere molteplici: dalla rapida e semplice verifica sperimentale di ipotesi e teorie nel "laboratorio virtuale" creato col processo simulativo, alla facilità di manipolare singole variabili di un sistema complesso, alla simulazione semplice di fenomeni su cui non si può sperimentare per ragioni di costi, per ragioni etiche o perché avvengono molto lontano nel tempo o nello spazio, oppure perché hanno tempi reali di svolgimento molto lunghi. Le reti neurali hanno un'altra caratteristica, che le rende uniche e potentissime, con una potenzialità di applicazioni incredibilmente vasta: hanno la capacità di apprendere dalle simulazioni che producono. All'inizio, quando la rete non "sa" o non "sa fare" una cosa i risultati forniti sono casuali. Con il tempo, con "l'esperienza" e l'apprendimento la rete modifica le modalità di elaborazione dei dati in entrata per ogni neurone artificiale, attivando una cosa fantastica, "umana": **l'auto-apprendimento e l'auto-organizzazione.** Non solo, in funzione della quantità di neuroni impiegati abbiamo, già oggi, reti capaci di "sapere" o "saper fare". E' la vera intelligenza...artificiale! Che cosa meravigliosa! Si capirà ad esempio che per tenere sotto controllo le bizzarrie del clima che ci si aspetta nei prossimi anni,

avere disseminati alle varie profondità degli oceani, come sulla Terra ferma, ai poli e a varie quote dell'atmosfera, centinaia di migliaia di sensori in grado di fornire ad un sistema di reti neurali i dati necessari alle simulazioni, (quali le temperature, la direzione e la forza delle correnti, la salinità, l'umidità dell'aria, la forza e la direzione del vento, le precipitazioni etc etc.) potrà consentirci di capire quando e quali fenomeni meteorologici estremi dobbiamo attenderci, permettendoci di prevenirne gli effetti catastrofici. E scusate se è poco. Se tutti gli stati - nazione del mondo ci credessero e si attivassero, potremmo riuscirvi.

## **IL PROGETTO ATLANTE**

Due sono i principali movimenti della Terra. Quello di rotazione e quello di rivoluzione. La rotazione è il movimento della Terra intorno al proprio asse. Un'intera rotazione richiede circa 24 ore. In ogni momento delle 24 ore c'è una metà della sfera terrestre che riceve la luce del Sole e un'altra metà che è immersa nell'oscurità notturna. La linea che separa la metà buia della Terra dalla metà illuminata e che si sposta man mano che la Terra ruota è detta circolo di illuminazione. La rivoluzione è invece il movimento che la Terra compie percorrendo la sua orbita intorno al Sole viaggiando a più di 107.000km/h lungo un'orbita ellittica. La distanza tra la Terra e il Sole è mediamente di 150 milioni di chilometri; "mediamente" perché, dato che l'orbita terrestre è leggermente ellittica, tale distanza varia nel corso dell'anno. Verso il 3 gennaio il nostro pianeta si trova alla sua distanza minima dal Sole, circa 147 milioni di chilometri, nella posizione chiamata perielio; circa sei mesi dopo, intorno al 4 luglio, la Terra è alla sua massima distanza dal Sole, circa 152 milioni di chilometri, nella posizione chiamata afelio. Le variazioni nella quantità di energia solare ricevuta dalla Terra, dovute a queste piccole variazioni di distanza, sono però molto limitate e hanno conseguenze minime nel quadro delle ben maggiori variazioni di temperatura stagionali; tanto per fare un esempio, la Terra si trova più vicina al Sole proprio quando nel nostro emisfero, quello settentrionale, è inverno.

Quando il Sole è, esattamente, sulla verticale di una determinata area i suoi raggi compiono il tragitto minimo, pari allo spessore dell'atmosfera, quando invece, sono inclinati di 30 gradi, percorrono nell'atmosfera un tragitto doppio di quello minimo, e, quando sono inclinati di 5 gradi, il loro tragitto attraverso l'atmosfera è undici volte maggiore. Quindi, tanto più lungo è il tragitto delle radiazioni solari attraverso l'atmosfera, tanto maggiori sono le possibilità che esse ne vengano assorbite, riflesse e disperse, e che si riduca l'intensità delle radiazioni che raggiunge la superficie terrestre. La Terra, non dimentichiamolo, è sferica, per cui ogni giorno i raggi del Sole a mezzogiorno cadono verticali solo sui punti della superficie terrestre che si trovano a una particolare latitudine; mano a mano che ci si sposta verso nord o verso sud rispetto a tale latitudine, i raggi solari incidono sulla superficie terrestre con angoli via via minori. Inoltre l'inclinazione dei raggi solari ad una certa latitudine varia nel corso dell'anno, poichè l'orientazione dell'asse terrestre, e quindi della Terra, rispetto al Sole cambia continuamente, per via dell'inclinazione dell'asse terrestre: infatti, non è perpendicolare al piano dell'orbita terrestre (se lo fosse, non si avrebbero, come ora vedremo, cambiamenti di stagione), ma è inclinato di 23,27 gradi rispetto alla perpendicolare. Inoltre, poiché durante il movimento di rivoluzione della Terra intorno al Sole la direzione dell'asse terrestre non varia (l'asse trasla parallelo a se stesso, puntando sempre verso la stella polare), l'orientazione di quest'ultimo rispetto ai raggi solari cambia continuamente nei vari momenti dell'anno. C'è un giorno all'anno in cui l'asse si viene a trovare in posizione tale che l'emisfero settentrionale risulta "inclinato" di 23,27 gradi verso il Sole; sei mesi più tardi, quando la Terra ha raggiunto la posizione esattamente opposta lungo l'orbita, l'emisfero settentrionale è "inclinato" di 23,27 gradi in direzione contraria al Sole. Nei giorni che intercorrono tra queste due situazioni estreme, l'asse terrestre è inclinato meno di 23,27 gradi rispetto ai raggi solari. Tale cambiamento periodico di orientazione dell'asse terrestre rispetto al Sole fa sì che l'area su cui i raggi del Sole a mezzogiorno cadono, verticalmente, migri annualmente tra i 23,27 gradi a nord dell'equatore e i 23,27 gradi a sud di esso. Come conseguenza, in molte località l'altezza massima del Sole

in cielo (che è quella a mezzogiorno) varia, nel corso dell'anno, di quasi 47 gradi (ossia 23,27 gradi +23,27 gradi). In base a questa "migrazione" annuale dei raggi del Sole e agli effetti di tale migrazione sul ciclo annuale delle condizioni del tempo, si possono distinguere nel corso dell'anno quattro giorni particolari. Il 21 giugno la Terra è nella posizione in cui il suo emisfero settentrionale è rivolto verso il Sole, con un'inclinazione dell'asse di 23,27 gradi; in questa data, a mezzogiorno, i raggi del Sole sono perpendicolari alle aree situate a 23,27 gradi di latitudine nord, cui corrisponde un parallelo terrestre chiamato Tropic del Cancro. Per chi vive nell'emisfero settentrionale il 21 giugno rappresenta il solstizio d'estate. Sei mesi più tardi, il 21 dicembre, la Terra si trova nella posizione opposta alla precedente e i raggi del Sole a mezzogiorno sono perpendicolari alle aree situate a 23,27 gradi di latitudine sud, cui corrisponde un parallelo terrestre chiamato Tropic del Capricorno. Per chi vive nell'emisfero settentrionale il 21 dicembre rappresenta il solstizio d'inverno. In quello stesso giorno nell'emisfero meridionale si verifica la situazione opposta, si ha cioè il solstizio d'estate. A metà tra i due solstizi cadono gli equinozi: il 22 settembre si ha nell'emisfero settentrionale, l'equinozio d'autunno, e il 21 marzo l'equinozio di primavera (l'opposto avviene nell'emisfero meridionale). In tali giorni, a mezzogiorno, i raggi del Sole sono perpendicolari all'equatore (0 gradi di latitudine), perché lungo la sua orbita, la Terra è in una posizione tale che l'asse terrestre non risulta inclinato né verso il Sole, né in direzione opposta ad esso.

### **Effetto serra, una questione termodinamica**

Per comprendere la natura ed il significato dell'effetto serra è necessario analizzare più in dettaglio qual è il bilancio energetico globale nel sistema climatico. La fonte di energia principale, ma anche unica, vista la trascurabile influenza di altre sorgenti di energia provenienti dallo spazio o dal sottosuolo, è il Sole. Il sole emette un flusso di energia, sotto forma di radiazioni elettromagnetiche, pari a circa 64 milioni di watt/m<sup>2</sup> (watt per metro quadro) alla temperatura di circa 56 mila °C. Questa energia si disperde uniformemente, nello spazio in tutte le direzioni. Sulla

Terra, che è a circa 150 milioni di km dal sole, arriva solo una frazione, estremamente piccola del flusso iniziale, pari a circa lo 0,002 per mille (ovvero 20 milionesimi).

Tuttavia, tale flusso energetico arriverebbe integralmente al suolo se la Terra fosse piatta e fosse esattamente perpendicolare ai raggi solari e, per di più, non avesse alcun mezzo interposto, come l'atmosfera, che attenua e diffonde la radiazione solare. Invece, la Terra è sferica ed i raggi solari giungono, perpendicolari o poco inclinati, alle basse latitudini (zona intertropicale), ma via via sempre più inclinati alle alte latitudini, e questo provoca una distribuzione non uniforme del flusso solare tra zone equatoriali e zone polari. Inoltre, la Terra ruota su se stessa e ruota attorno al sole, e ciò provoca una ulteriore disuniformità nella distribuzione della radiazione solare tra giorno e notte e tra una stagione e l'altra.

Tutte queste oscillazioni sono, comunque, cicliche e si ripetono regolarmente con periodo giornaliero e annuale. Se assumiamo come riferimento l'anno solare, il valor medio annuo dell'energia solare che arriverebbe sulla superficie terrestre, se non ci fosse l'atmosfera, sarebbe pari a 343 watt/m<sup>2</sup>. Questo flusso energetico rappresenta il massimo valore medio di energia solare per unità di superficie, di cui il nostro pianeta può teoricamente disporre.

Il flusso energetico realmente utilizzabile dal nostro pianeta è, invece, minore perché la Terra non ha una superficie "nera", ovvero, in grado di assorbire totalmente la radiazione solare in arrivo, ma una superficie composta da suoli, rocce, mari ed oceani, che hanno una certa riflettività (definita albedo). L'albedo terrestre è mediamente pari al 30%. Pertanto, il flusso energetico medio di radiazione solare effettivamente utilizzabile dal nostro pianeta come fonte di energia è di 240 watt/m<sup>2</sup>.

Questo patrimonio energetico di cui disponiamo, permetterebbe al nostro pianeta, se non ci fosse l'atmosfera, di raggiungere al massimo una temperatura media di 20 °C sotto lo zero. Le escursioni termiche attorno a questo valor medio sarebbero, però, molto elevate tra zone polari ed equatoriali, tra notte e giorno e fra estate ed inverno.

Una volta che la radiazione solare è giunta sulla superficie terrestre, essa viene assorbita dai suoli e dai mari, i quali si riscaldano aumentando la loro temperatura. Via via che

aumenta la temperatura, la superficie terrestre emette energia sotto forma di calore e, cioè, come radiazione infrarossa, fino a quando non si stabilisce l'equilibrio, tra flusso di energia solare incidente e flusso di energia terrestre uscente verso lo spazio.

Abbiamo visto prima che, se non ci fosse l'atmosfera, la temperatura media del nostro pianeta sarebbe di quasi 20°C sotto lo zero. Invece, grazie alla presenza dell'atmosfera, la temperatura media raggiunge quasi i 14°C sopra lo zero. Quindi, l'atmosfera terrestre con il suo contenuto di gas ad effetto serra fa aumentare il valor medio globale di oltre 34°C.

Ma la cosa più importante da sottolineare è che, mentre la temperatura di 20°C sotto zero si raggiungerebbe con un flusso di energia solare di 240 watt/m<sup>2</sup>, come abbiamo visto prima, la temperatura di 14°C sopra lo zero che si verifica con la presenza dell'atmosfera, è viceversa raggiunta con un flusso di energia solare più basso, e cioè con circa 170 watt/m<sup>2</sup>, un valore che è la metà di quello massimo disponibile (343 watt/m<sup>2</sup>).

Il motivo per il quale, al suolo, in presenza di atmosfera, arriva un flusso minore di energia rispetto al caso di assenza di atmosfera, deriva dalle perdite di energia che le radiazioni solari subiscono mentre penetrano negli strati sempre più densi dell'atmosfera. Le perdite (102 watt/m<sup>2</sup>) sono causate sia dai processi di riflessione dei raggi solari verso lo spazio da parte delle nubi, che dai processi di dispersione e di diffusione in atmosfera della radiazione solare una parte della quale ritorna verso lo spazio.

Il perchè, al suolo, con un flusso energetico minore rispetto al caso di assenza di atmosfera, si raggiungono temperature maggiori di ben 34°C, dipende dalla capacità dell'atmosfera di immagazzinare calore: capacità che viene denominata "effetto serra"...

L'atmosfera terrestre è una miscela di gas che possiede una proprietà caratteristica (con aria pulita e sgombra da nubi): è trasparente alla radiazione proveniente dal Sole, ma è opaca alla radiazione infrarossa riflessa dalla Terra, a causa della presenza di alcuni gas come il vapor d'acqua e l'anidride carbonica che sono dei forti assorbitori ed emettitori di radiazione infrarossa. Ma quando l'anidride carbonica si discosta dalle percentuali, naturalmente presenti in atmosfera, le cose si complicano. Vediamo come.

L'effetto serra coinvolge la Terra, con le terre emerse , gli oceani e l'atmosfera. Tra esse esiste un equilibrio termico e, quindi, energetico che coinvolge anche lo spazio. Se la Terra o l'atmosfera si dovessero discostare da questo equilibrio, se cioè una delle due si riscalda, l'altra si raffredda; per far ritornare in equilibrio il sistema, la quantità di energia assorbita dovrà essere pari a quella rimessa. La termodinamica non da scampo. Così è.

L'aumento di concentrazione di anidride carbonica, provocata dalle attività umane, intrappola una maggiore quantità di energia infrarossa che fa aumentare la temperatura dell'atmosfera. Questo aumento provoca una maggiore evaporazione dell'acqua dagli oceani. Il vapor acqueo è, a sua volta, un potentissimo gas serra che concorre a trattenere la radiazione infrarossa agevolando il surriscaldamento dalla Terra. L'aumento dell'energia termica porta allo scioglimento delle calotte polari e, conseguentemente, diminuisce la superficie riflettente la radiazione luminosa proveniente dal Sole causa di un ulteriore innalzamento della temperatura del pianeta. Contemporaneamente aumenta anche la condensazione del vapor acqueo che si trasforma in nuvole che riflettono la luce proveniente dal Sole che fa diminuire la radiazione assorbibile dal pianeta e, quindi, la temperatura.

Ma lo sciogliersi dei ghiacci annullerebbe l'effetto della corrente del golfo, concausa del clima mite europeo, causando una piccola glaciazione in parte dell'Europa centro settentrionale e della Russia. Si formerebbe così di nuovo una vasta aerea ghiacciata che rifletterebbe la radiazione luminosa nello spazio.

L'equilibrio termodinamico si ristabilisce sempre.

Sarei curioso in quel caso di sapere dove andrebbero a vivere gli abitanti della Germania, della penisola Scandinava, della Francia, dei Paesi Bassi, degli stati Baltici e della Russia. Su queste cose non si scherza perché un simile evento è, drammaticamente, possibile.

Non oso pensare poi cosa potrebbe accadere e quali effetti potrebbe causare alla vita sulla Terra se al clima estremamente "energico" ed imprevedibile causato dall'effetto serra, si aggiungesse quello provocato da cataclismi naturali come quelli dovuti all'eruzione del monte Tambora, avvenuta nell'Asia sud orientale nel 1816, e le ripetute eruzioni del vulcano Hekla in Islanda. Quelle

eruzioni causarono variazioni climatiche tali da provocare, allora, la morte di decine di milioni di essere umani.

Ma ciò appartiene al passato. Quelle eruzioni così violente non potranno mai più verificarsi? Oppure sì...

Cosa fare? Bisogna avere coraggio, occorre rivedere il modo di vivere e di abitare il pianeta che ci ospita. La cultura, le conoscenze acquisite, il vissuto storico, possono consentirci di trovare la soluzione. Ma il tempo è tiranno. Occorre fare presto. Non dimentichiamoci che già oggi vengono immesse ogni anno in atmosfera circa 25 miliardi di tonnellate di anidride carbonica che alterano, in modo sempre più significativo, l'equilibrio climatico. Quando e se tra qualche anno saremo dieci miliardi di individui cosa succederà? Occorre agire e in fretta. Ne va della nostra stessa vita e della vita dei nostri figli...

### **Sovrappopolazione ambiente e Malthus**

L'umanità cresce di numero ed aumenterà, conseguentemente, la sua pressione sul pianeta. Già oggi emettiamo anidride carbonica ed altri gas serra in quantità quattro volte maggiore della capacità di assorbimento del "sistema" Terra. Verso la metà di questo secolo la popolazione umana, stando agli attuali ritmi di crescita, sarà composta da circa dieci miliardi di individui. Di fronte ad un aumento così spropositato il successo ottenuto nei decenni passati nello scongiurare e tenere alla larga possibili effetti Maltusiani potrebbe non ripetersi.

Dopo migliaia d'anni alla fine del XVIII secolo l'umanità raggiunge il miliardo di individui, oggi per raggiungere un miliardo di persone in più bastano quindici anni. Ogni anno infatti la popolazione della Terra aumenta di circa ottanta milioni di individui. Nelle regioni economicamente meno sviluppate del pianeta si avrà la quasi totalità dell'incremento demografico mondiale. Ma il "sistema" Terra sarà in grado di fornire condizioni di vita accettabili, quindi non di sola sussistenza a dieci miliardi di individui? Personalmente ho dei dubbi, dei fortissimi dubbi, anzi una certezza: non vi sono risorse sulla Terra in quantità sufficienti da consentire a dieci miliardi di persone di vivere in condizioni di libertà e prosperità materiale. Non solo, la produzione dei beni e servizi, la mobilità, l'alimentazione e tutte le attività che svolgeranno i dieci miliardi di individui avranno una cosa in comune: la

immissione in atmosfera e negli oceani di inquinanti, tali, da attivare fenomeni atmosferici estremi, di violenza e durata oggi imprevedibili. Allora o cambiamo il nostro modello di vita e di consumi per consentire a chi non possiede, di vivere con quella parte a cui noi rinunciamo, oppure, se non si desidera rinunciare a nulla di ciò che si ha, se non si desidera rinunciare al proprio stile di vita resta una sola cosa da fare: lasciare quella parte di umanità che non ce la fa al proprio destino. Si badi però che l'umanità che non ce la fa non vive chissà dove. E' il nostro vicino di casa, è un nostro compagno di giochi, è un nostro parente, un collega di lavoro dichiarato in esubero dall'azienda per la quale lavorava, sono i nostri genitori anziani che vivono con una pensione misera, i nostri concittadini che vivono nelle periferie degradate della nostra città, le persone ammalate, le persone con handicap, nostro fratello che non è riuscito a trovare un lavoro stabile, nostro figlio che è disoccupato: è anche questa la parte di umanità da lasciare al proprio destino. Pensavate che gli individui che non ce la fanno e da lasciare al proprio destino fossero solo in Africa, in Indocina, oppure chissà dove, niente di più sbagliato. La globalizzazione, il capitalismo neoliberista, ha rimescolato le carte della ricchezza e della povertà in tutte le società e gli stati del mondo. La trasversalità della povertà, degli individui da lasciare in balia degli eventi, riguarda tutte le nazioni del mondo, comprese quelle occidentali.

Si dirà, però, comunque siamo troppi. Il mondo non può sopportare un ulteriore incremento della popolazione umana. Ne va della vita di tutti gli eco-sistemi, della vita dell'intero pianeta. Un esempio su tutti. La globalizzazione neoliberista ha dato un ruolo economico, e non solo, a paesi come la Cina e l'India. Nell'area di queste due nazioni vive oltre il cinquanta per cento della popolazione mondiale. E' facile intuire l'enorme impatto ambientale che la vita e le attività di circa tre miliardi di individui producono sull'ambiente locale e globale. In quest'area l'energia prodotta per il fabbisogno delle attività industriali proviene, per circa il settantacinque per cento, da centrali elettriche a carbone le quali immettono, ogni anno, quasi cinquanta milioni di tonnellate di anidride solforosa in atmosfera. Questa enorme nuvola di gas tossico, oltre ad incidere negativamente sul clima del pianeta, è responsabile di centinaia di migliaia di decessi che si

verificano ogni anno in tutto il mondo per le complicazioni soprattutto di carattere respiratorio che provoca. Se a questo si aggiungono, i miliardi di tonnellate di liquidi inquinati che da quell'area si riversano nell'oceano, i miliardi di tonnellate di altri gas provenienti dalla forte espansione della motorizzazione individuale e dalle decine di centrali elettriche a carbone, il quadro inquinante si completa. E siamo ancora all'inizio del loro sviluppo industriale. Se gli abitanti della Cina e dell'India dovessero raggiungere il livello di vita dei paesi occidentali, le materie prime, a cominciare dal petrolio, il suolo agricolo, l'acqua, etc. non basterebbero, e il mondo entrerebbe in "fibrillazione".

E' "quanti sono", il loro numero, la massa di questi uomini e donne a rendere insostenibile per l'ambiente lo sviluppo economico alla maniera occidentale. Del resto l'aspirazione di quelle popolazioni ad accedere al nostro livello di benessere è del tutto legittimo. Il problema è che questo benessere non è replicabile a livello planetario, c'è il rischio di andare incontro ad una catastrofe ambientale globale. Nonostante si abbia consapevolezza di ciò non si fa nulla per modificare questo modello di sviluppo, responsabile del cataclisma ambientale che si avvicina. E' lo stesso modello economico responsabile, già oggi, di quelle piogge acide che avvelenano i fiumi, le terre, i raccolti e le falde idriche della stessa Cina e dell'India, oltre che di tante malattie di cui soffrono quelle popolazioni. Il riscaldamento globale, poi, inizia a farsi sentire anche in queste zone, se è vero che la desertificazione comincia ad interessare circa un terzo di quei territori e che le piogge diminuiscono progressivamente, anno dopo anno, e quando ci sono si manifestano in forme sempre più violente. Le riserve idriche di Cina e India ammontano oggi a circa il 20 per cento delle riserve mondiali a fronte di una popolazione che ne rappresenta il 50 per cento. La superficie agricola diminuisce sempre più a causa dell'avanzare della desertificazione e dell'intenso sfruttamento del suolo a fini produttivi mediante l'impiego massiccio di pesticidi e sostanze chimiche. Riuscirà la Cina, riuscirà l'India a dissetare e ad alimentare l'immenso suo popolo? Ricordiamoci che l'insicurezza alimentare di un popolo nel passato ha determinato, spessissimo, conflitti militari. Ricordiamoci anche che sia l'India che la Cina sono

potenze nucleari e che hanno entrambe un esercito composto da milioni di soldati.

Scusate, come si può pensare che il pianeta Terra possa sfamare dieci miliardi di individui della specie Homo Sapiens, dieci miliardi di altri mammiferi tra animali domestici e non, centinaia di milioni di uccelli, di rettili e anfibi, miliardi di pesci, miliardi di insetti, miliardi di piante, e miliardi di altre specie viventi? Noi abbiamo la consapevolezza di vivere e ciò ci pone degli obblighi, quello di provvedere alla nostra sopravvivenza ed alla sopravvivenza di tutte le altre forme “ essere vivente”, non dimentichiamolo mai. E invece stiamo assistendo alla più grande rapida ed inusuale estinzione della storia della Terra. Al ritmo di 30 mila specie cancellate ogni anno, tre all'ora. Entro un secolo rischiamo di vedere ridotta la biodiversità del pianeta del 50 per cento e nel giro di 150 anni potrebbero essere scomparsi quasi tutti gli animali e le piante. E vi è una particolarità rispetto al passato, il fatto che a causarla siamo noi, gli esseri umani. Ed è la prima volta che questo avviene, che una singola specie distrugga il resto del mondo. In tutte le estinzioni documentate finora dallo studio dei fossili e della Terra, la causa è sempre stata di tipo fisico. Si trattava di grandi cambiamenti climatici oppure dell'impatto tra la Terra e un asteroide, come avvenne 65 milioni di anni fa quando scomparvero i dinosauri.

Adesso invece, le attività dell'uomo, il suo eccessivo sviluppo demografico, l'urbanizzazione ed uno stile di vita sconosciuto stanno cancellando il patrimonio di biodiversità del nostro pianeta. E non ci si rende conto che per la nostra stessa sopravvivenza, abbiamo bisogno di almeno 40 mila specie viventi.

### **Ambiente desertificazione e nanotecnologie**

Secondo le stime del Programma per l'Ambiente delle Nazioni Unite (United Nations Environment Programme - UNEP), un quarto delle terre del pianeta è minacciato dalla desertificazione. Le esistenze di più di un miliardo e mezzo di persone, in oltre 100 nazioni, sono messe a rischio da questo fenomeno, dal momento che le coltivazioni

divengono meno produttive. La desertificazione è un processo graduale con cui un territorio fertile e abitato si trasforma in una regione spopolata e sterile. Si tratta di una calamità antica (regioni oggi desertiche sono state un tempo ricche di boschi, pascoli, campi coltivati), che tuttavia solo da pochi anni suscita serie preoccupazioni, in quanto i processi di desertificazione si stanno sviluppando su scala globale e a ritmo accelerato, rendendo ogni anno inutilizzabili nel mondo circa 60.000 km<sup>2</sup> di terreni. Nell'attivare il processo di desertificazione hanno una larga parte le oscillazioni naturali, in primo luogo quelle climatiche, ma la causa decisiva è senza dubbio l'eccessiva pressione umana sulle risorse naturali. Piogge scarse, marcata variabilità delle precipitazioni da un anno all'altro, siccità persistenti, deterioramento delle strutture dei suoli, erosione del vento sono tutti fattori che predispongono alla desertificazione. Essa è quindi un processo di "degrado dei terreni coltivabili in aree aride, semi-aride e asciutte sub-umide in conseguenza di numerosi fattori, comprese variazioni climatiche e attività umane". Chiazze di terreno degradato possono trovarsi a centinaia di chilometri dal deserto più vicino. Ma esse possono espandersi ed unirsi l'una con l'altra, creando delle condizioni simili a quelle desertiche. E noi, oggi, questo fenomeno in parte possiamo controllarlo, grazie alla ricerca, alle nanotecnologie. Vediamo come.

Il bene più prezioso che abbiamo è l'**acqua**.

Si stima che la Terra contenga circa 1.400 milioni di km<sup>3</sup> d'acqua, di cui 35 milioni di km<sup>3</sup> (2,5 per cento) sono d'acqua dolce. Le precipitazioni medie annue al suolo ammontano a 120.000 km<sup>3</sup>, dei quali circa 75.000 km<sup>3</sup> tornano nell'atmosfera per evaporazione, i rimanenti 45 000 km<sup>3</sup> confluiscono in laghi, bacini e scorrono o si infiltrano nel terreno a rimpinguare le falde. Questa frazione rappresenta ciò che è comunemente indicata come "risorsa idrica" mondiale. Non è accessibile la totalità di questi 45 000 km<sup>3</sup> perché parte dell'acqua è convogliata in fiumi inaccessibili o dispersa durante le piene stagionali. Il quantitativo oggi prelevato per le varie attività umane ammonta a 6.000 km<sup>3</sup> di risorse d'acqua. Dal momento che sia l'acqua che la popolazione sono distribuite in maniera non uniforme, la situazione è già critica in vari paesi e regioni del mondo. Aree sempre più vaste del mondo sono

afflitte da penuria endemica d'acqua dolce e la competizione fra i vari utenti va crescendo.

Da stime attuali risulta che l'uomo prelevi circa 3 600 km<sup>3</sup> d'acqua dolce, l'equivalente di 580 m<sup>3</sup> annui pro capite. Fatta eccezione per l'Europa ed il Nord America, l'agricoltura è di gran lunga, il maggior consumatore d'acqua con circa il 70% di tutti i prelievi a livello mondiale mentre l'uso civile (cittadino) conta circa il 10% e l'industria ne utilizza circa il 21%. Con l'aumentare della temperatura diminuiranno le precipitazioni "utili" e disporremo, sempre meno, di acqua per poter vivere, lavorare e nutrirci. Come faremo? Niente paura, la scienza, la tecnologia ci toglieranno da questo impiccio. E' sufficiente usare la testa e cominciare a programmare e progettare decine di migliaia di dissalatori che prelevando l'acqua dal mare, la restituiscano pronta per tutti gli usi. Si dirà che gli impianti di dissalazione sono troppo costosi sia nella realizzazione che nella gestione. Tranquilli ancora per poco. La ricerca, le nanotecnologie ci daranno una mano, e che mano!

E' in corso di avanzata sperimentazione un sistema per la desalinizzazione dell'acqua, (non più quindi ad osmosi inversa come gli attuali impianti) che utilizzando una membrana di nanotubi al carbonio ridurrà dell'80% i costi della desalinizzazione dell'acqua di mare. Non solo: le membrane, che selezionano le molecole in base alla grandezza, grazie alle forze elettrostatiche potrebbero anche separare vari gas e contribuire a sviluppare metodi economici per sequestrare l'enorme quantità di anidride carbonica emessa, per esempio, dalle centrali elettriche, impedendone l'immissione nell'atmosfera.

### **Il destino dei ghiacciai...e della Terra**

L'acqua negli oceani è in continuo movimento per effetto delle maree, del moto ondoso e delle correnti che spingono le gelide acque polari verso l'equatore e le calde acque subtropicali verso i poli, generando la cosiddetta circolazione termoalina. La circolazione termoalina è attivata dalle differenze di temperatura e di salinità dei mari, e una della sue componenti è la corrente del Golfo, che regala all'Europa parte del suo clima, relativamente, mite. Gli studi più recenti denunciano purtroppo un rallentamento della circolazione termoalina tra la Scozia e la Groenlandia. La diminuzione del livello

di salinità degli oceani, dovuta sia allo scioglimento dei ghiacciai che all'aumento delle precipitazioni, potrebbe interrompere, rallentare o, comunque, alterare le grandi correnti transoceaniche, con disastrose conseguenze sul clima e sull'agricoltura in Europa e con impatti su tutti i mari e sulle temperature in tutto il mondo. L'ultima volta che questo è successo, 12.700 anni fa, le isole britanniche sono state coperte di ghiaccio per 1.300 anni. Sul lato occidentale della Groenlandia, intanto, si sta osservando una corsa del ghiacciaio Jakobshavn in scioglimento verso il mare: la sua velocità normale di discesa è di 30 cm l'anno. Nell'ultimo anno è stata di 34 metri. Questo avviene perchè l'acqua che si scioglie dalla superficie filtra sotto lo strato ghiacciato e forma una piattaforma sulla quale la massa ghiacciata scivola verso il mare, dove si scioglie.

Nei prossimi cento anni si prevede un aumento del livello medio del mare compreso tra i 9 e gli 88 centimetri, a causa delle immissioni in atmosfera di gas serra. Per quanto possa sembrare modesto, anche un innalzamento di pochi centimetri provocherebbe il caos: inondazioni nelle zone costiere, contaminazione delle falde acquifere potabili, aumento del grado di salinità degli estuari, sono solo alcuni degli elementi di questo scenario allarmante. Molte delle città sulla costa avrebbero problemi. Risorse strategiche per le popolazioni costiere, come le spiagge, l'acqua potabile, la pesca, la barriera corallina e gli atolli sarebbero a rischio. Solo quattro anni fa c'era accordo nella comunità scientifica sul fatto che la banchisa polare nella regione occidentale dell'Antartide fosse stabile, ma un inatteso fenomeno di scioglimento ha costretto gli scienziati a mettere in discussione questo assunto. Nel 2002 il Larson B, una piattaforma di ghiaccio da 500 miliardi di tonnellate con un'estensione pari a dieci volte quella di Roma, si è disintegrato in meno di un mese: pur non avendo avuto ricadute immediate sul livello del mare, questo episodio è emblematico degli effetti del surriscaldamento globale. Nel 2005, è stato rilevato che il 90 per cento dei ghiacciai della penisola antartica si è ritirato negli ultimi cinquant'anni perdendo, nei più recenti cinque anni, 50 metri ogni anno. L'intera banchisa antartica contiene acqua a sufficienza per innalzare il livello dei mari di 55 metri. Nel luglio del 2005, alcuni scienziati a bordo di una nave appositamente attrezzata hanno fatto un'incredibile scoperta: i ghiacciai della

Groenlandia si stanno sciogliendo ad una velocità che non ha precedenti. Questo significa che il cambiamento climatico è reale e non un concetto astratto, né uno scenario futuribile da fantascienza, ma una realtà concreta, che bussa alle nostre porte. I rilevamenti fatti indicano, inoltre, che il ghiacciaio di Kangerdlugssuaq, sulla costa orientale della Groenlandia, si muove verso il mare ad una velocità di quasi 14 chilometri all'anno. Le misurazioni sono state effettuate usando un sistema GPS ad alta precisione. E ancora, i ghiacci del Polo Nord contengono più del 6% dell'acqua potabile del mondo. E si stanno sciogliendo ad un ritmo molto più elevato di quanto non si pensasse. Lo scioglimento dell'intera Groenlandia determinerebbe un innalzamento dei mari di 7 metri, ma anche un incremento di un solo metro significherebbe l'inondazione di New York, Amsterdam, Venezia e di tutto il Bangladesh. Il ritirarsi allarmante del ghiacciaio Kangerdkugssuaq lascia dedurre che l'intera calotta polare artica si stia sciogliendo, molto più velocemente, del previsto. Nella superficie dei laghi in disgelo della Siberia stanno affiorando bolle di metano in quantità, molto maggiore, di quanto registrato finora. Il gas, venti volte più potente dell'anidride carbonica come causa di effetto serra, proviene dallo scioglimento dei ghiacci perenni (il cosiddetto "permafrost") che, a causa dei cambiamenti climatici, si stanno sciogliendo nella parte settentrionale della regione russa. Il permafrost siberiano contiene depositi organici che si trovano congelati, sin dal Pleistocene. Questi depositi sono costituiti in parte da metano che è rimasto imprigionato per più di 40 mila anni nei depositi di carbone. Questo metano rischia, una volta rilasciato nell'atmosfera, di peggiorare l'attuale effetto serra di cui soffre il pianeta, finendo per accelerare il ritmo del surriscaldamento globale.

### **La conferenza di Parigi**

E' terminata da poco la **conferenza di Parigi sul riscaldamento globale**.

Entro la fine del secolo in corso, dunque al più tardi nel 2100, la temperatura superficiale della Terra crescerà **probabilmente** tra 1,8 a 4 gradi centigradi (stima peraltro ottimistica)... E' la stima dell'Ipcc ( l'Intergovernmental Panel on Climate Change), la più importante commissione

di studio delle Nazioni Unite sul surriscaldamento globale. Secondo la commissione, il riscaldamento del clima sulla Terra durerà per "oltre un millennio". Le oscillazioni nelle previsioni dipendono dalle quantità di anidride carbonica, il principale tra i gas-serra, che in concreto saranno immesse nei prossimi anni nell'atmosfera. La stima si riferisce al decennio 2089-2099, messo a confronto con il periodo 1980-1999: si basa sul lavoro, e lo sintetizza, di 2500 ricercatori esperti in diversi settori di rilevanza climatica e operanti in ogni parte del mondo. Ci sono voluti quasi 6 anni di lavoro e d'impegno. Ma il verdetto, che è stato annunciato ufficialmente il 2 febbraio a Parigi questa volta è senza appello. "Il riscaldamento climatico è inequivocabile, risulta evidente dall'aumento della temperatura dell'aria e degli oceani, dallo scioglimento delle nevi e dei ghiacci, dall'aumento del livello dei mari". Il riscaldamento globale non solo è in atto, ma in costante accelerazione: 11 dei 12 anni più caldi nella storia della meteorologia sono concentrati negli ultimi 12 anni. All'inizio del 2001, quando uscì il terzo rapporto Ipcc, l'aumento di temperatura nell'arco dell'ultimo secolo si misurava in 0,6 gradi. Oggi gli ultimi cento anni danno un incremento di 0,74 gradi. E, per i prossimi vent'anni, è attesa un'ulteriore crescita di almeno 0,5 gradi. Avrebbe potuto essere la metà se gli avvertimenti fossero stati colti in tempo tagliando radicalmente le emissioni serra. Adesso ci aspettano almeno tre decenni di caldo crescente. Oltre quella data il livello di certezza delle previsioni diminuisce poiché i possibili scenari dipendono dalle risposte "politiche" al problema climatico che l'umanità saprà dare.

Potremmo ancora tirare il freno d'emergenza, potremmo ancora smettere di bruciare petrolio e carbone. E in questo caso gli scenari per il 2100 prevedono esiti più accettabili. Ma potremmo anche andare avanti facendo finta di niente, come è successo finora. In questo caso l'aumento medio previsto è di 4 gradi, con l'ipotesi peggiore che arriva a **6,3 gradi**. Una prospettiva del genere cambierebbe, radicalmente, le possibilità di sopravvivenza di centinaia di milioni di persone. Accanto all'innalzamento degli oceani da considerare ormai certo (da 28 a 43 centimetri a fine secolo) si dovrebbe mettere in conto l'ingresso nell'era dell'**apocalisse**. Più rapidi, invece, sono altri effetti negativi provocati dai cambiamenti climatici. Assisteremo

a una riduzione delle calotte glaciali che, nel caso del Polo Nord, porterà a fine secolo a una scomparsa quasi totale dei ghiacci durante il periodo estivo. Inoltre è molto probabile che le ondate di calore e gli episodi di precipitazioni molto intense continuino a diventare sempre più frequenti e che i cicloni tropicali diminuiscano, in numero, ma aumentino in intensità. Dal punto di vista tecnico, la responsabilità di questi fenomeni va attribuita ai gas serra che trattengono il calore all'interno dell'atmosfera. Gas come il metano, in poco più di due secoli è passato da una concentrazione di 715 parti per miliardo a 1774. O come l'anidride carbonica che, nell'era preindustriale, si misurava in 270-280 parti per milione: oggi sono già 380. Arrivare al raddoppio dell'anidride carbonica, cioè a quota 550, comporterebbe un aumento della temperatura valutabile in 3 gradi. È un traguardo disastroso per l'equilibrio degli ecosistemi. Di fronte a una prospettiva così devastante, l'Ipcc chiama direttamente in causa, le responsabilità politiche che hanno portato a questa situazione, cioè le scelte di sviluppo energetico e produttivo centrate sui combustibili fossili e sulla deforestazione: "L'aumento dei gas serra è dovuto principalmente alle emissioni derivanti dai combustibili fossili, dall'agricoltura e dai cambiamenti d'uso del terreno". Nel disastro che si prospetta la natura gioca un ruolo del tutto marginale: analizzando l'aumento di temperatura dal 1750 a oggi si scopre che l'intervento umano ha un peso "almeno 5 volte maggiore" della variabilità climatica naturale indotta dai fenomeni di tipo astronomico.

Il messaggio che la conferenza sul clima lancia ai governi è chiaro: c'è una finestra di tempo per agire che si sta restringendo in fretta. E' un invito a non dormire più, a svegliarsi.

### **Le conseguenze prevedibili**

Ma quali sono le principali conseguenze pratiche dovute all'aumento della temperatura?

+ **1 grado.** Con un solo grado di aumento (possibilità che ormai si ritiene plausibile in un brevissimo lasso di tempo) lo scioglimento dei ghiacciai porterà serie minacce agli approvvigionamenti idrici di circa 100 milioni di persone. Il ritorno massiccio della malaria e di altre malattie legate

al riscaldamento globale, associate alla malnutrizione, provocheranno un aumento di circa 600 mila decessi ogni anno. A soffrire molto sarà poi l'ecosistema marino, con circa l'80% della barriera corallina uccisa dal riscaldamento. Aumenterà l'erosione di tutte le zone costiere e l'intensità degli eventi atmosferici estremi crescerà in tutto il pianeta. Unica nota positiva, il previsto aumento dei raccolti agricoli nelle aree temperate.

**+ 2 gradi.** La situazione comincia a farsi seria. I raccolti nelle aree tropicali diminuiscono del 15-20 per cento. Un'ulteriore fascia di popolazione sarà esposta nella zona equatoriale al rischio di malaria. Fino a 20 milioni di persone saranno interessate dall'innalzamento del livello dei mari. Grave anche l'impatto sugli ecosistemi, con una stima che fissa tra il 25 e il 50 per cento la quantità di specie a rischio di estinzione. Con una temperatura media di +2 gradi, il manto ghiacciato della Groenlandia potrebbe iniziare a sciogliersi in maniera irreversibile, avviando un aumento del livello del mare di ben 7 metri.

**+ 3 gradi.** Questo è ritenuto lo scenario di incremento più attendibile. La prospettiva è comunque drammatica: l'Europa meridionale andrebbe incontro a pesanti siccità; la scarsità d'acqua colpirebbe una cifra compresa tra 2 e 4 miliardi di persone ai quali andrebbero aggiunte 300-850 milioni di persone a rischio di fame. Inizierà il collasso della foresta Amazzonica e della banchina polare occidentale che provocherà una vistosa alterazione delle correnti calde che attraversano l'oceano Atlantico con conseguenti bruschi cambiamenti nei cicli monsonici. Le zone costiere più basse, come Venezia, Amsterdam, parte di New York, parte di Londra etc, vengono perdute per sempre. Numerosissime specie ancora viventi potrebbero estinguersi.

**+ 4 gradi.** La situazione si farebbe ancor più drammatica. I raccolti agricoli nella fascia equatoriale e in parte in quella subtropicale crollerebbero di un 30-50 per cento e anche alle alte latitudini comincerebbero a scarseggiare. L'acqua potabile diminuirebbe, drasticamente, in ogni parte del globo. Aumenterebbero di ulteriore 150 milioni le persone esposte ai rischi di malaria, si perderebbe circa metà della tundra artica. I fenomeni meteorologici estremi diventerebbero frequentissimi.

**+ 5 gradi.** E' la catastrofe: ci sarebbe la scomparsa dei ghiacciai himalayani e la conseguente scarsità di acqua per

circa il 50 per cento della popolazione cinese e il 40 per cento di quella indiana. Gli ecosistemi marini sarebbero sconvolti e diminuirebbe, drasticamente, la disponibilità di pesce. L'innalzamento del mare raggiungerebbe un livello tale da minacciare molte isole minori e vaste aree costiere, comprese quelle della Florida e grandi città come New York, Londra e Tokyo. L'innalzamento del livello dei mari si attesterà su di una media di 100 centimetri. Questo perché l'innalzamento della temperatura porterà allo scioglimento di vaste estensioni di ghiaccio già oggi osservato sia in Antartide che in Groenlandia. Assisteremo a migrazioni di massa verso le nazioni situate nelle alte latitudini con conseguenti frizioni sociali che potranno sfociare in guerre per la sopravvivenza. E Malthus avrà vinto.

### **I terremoti, la deriva dei continenti e lo spostamento dell'asse di rotazione della Terra**

Tutti gli scenari sul surriscaldamento globale ipotizzati dagli scienziati prima della conferenza di Parigi prevedevano un ritmo di riscaldamento globale e di scioglimento dei ghiacciai più lento. I nuovi dati ci dicono, invece, che il cambiamento climatico è una minaccia più grande e più vicina di quanto prima non si pensasse. Allora bisogna agire, subito, tentando di "raffreddare" la Terra. Come? Semplice, modificando l'inclinazione dell'asse di rotazione terrestre. Si dirà, questo qui è matto, è da legare, è da manicomio, è da camicia di forza. Calma, calma, ragioniamoci sopra riflettendo su due fenomeni.

La deriva dei continenti determina lo scivolamento in profondità delle placche oceaniche che incide sull'orbita e la rotazione della Terra, con oscillazioni e variazioni **nell'inclinazione dell'asse di rotazione**, cosa che determina un diverso angolo d'incidenza dei raggi solari sulla superficie terrestre, nonché una variazione della posizione e dell'intensità del campo magnetico terrestre (che ci protegge dai raggi cosmici).

Il sisma del 26 dicembre del 2004 di 9 gradi Richter al largo di Sumatra ha spostato l'asse terrestre. Già si sapeva che un terremoto di magnitudo superiore a 8 gradi mette in moto una quantità di energia tale da modificare la distribuzione delle masse sulla crosta terrestre e quindi è in grado di spostare l'asse terrestre. Ma finora non era mai

avvenuto che questo fatto potesse essere osservato strumentalmente. Infatti erano 40 anni esatti che la Terra non era colpita da un movimento tellurico simile e nel 1964, anno dell'ultimo grande sisma, non c'erano ancora strumenti così sofisticati da poter valutare lo spostamento. Il Centro di geodesia spaziale dell'Agenzia spaziale italiana (Asi) di Matera, ha affermato che, secondo i rilevamenti effettuati tramite i satelliti Lageos 1 e Lageos 2, l'asse terrestre si è spostato di 2 millesimi di secondo d'arco corrispondenti a uno spostamento lineare di 5-6 centimetri. Lo spostamento è avvenuto proprio lungo la direzione dell'epicentro del terremoto, quasi all'equatore. Quindi non si è modificata l'angolazione dell'asse (che è di circa 23 gradi e mezzo), ma la direzione laterale verso cui punta l'asse nello spazio. La modificazione dell'angolo dell'asse di rotazione può alterare il clima. Infatti l'alternarsi delle stagioni dipende proprio dal fatto che l'asse è inclinato. Se fosse perfettamente verticale, ai poli sarebbe quasi sempre buio e farebbe molto più freddo di oggi, mentre le regioni equatoriali e tropicali riceverebbero molta più radiazione solare e avrebbero temperature di gran lunga superiori alle attuali. Perciò se l'angolo fosse minore degli attuali  $23,27^\circ$ , farebbe più freddo alle alte latitudini e più caldo all'equatore, se fosse maggiore invece i poli riceverebbero più sole e le calotte di ghiaccio rischierebbero lo scioglimento.

Il fatto che l'angolo di rotazione non si è modificato, ma solo spostato lateralmente ci rassicura, ma non del tutto se guardiamo i dati del recente passato. Otto dei dieci più forti terremoti dell'ultimo secolo sono avvenuti in un arco di tempo molto limitato: solo 15 anni. Dal 15 agosto 1950 le scosse superiori a 8,5 gradi sono state otto, di cui quattro superiori a 9 gradi.. Tutti sono avvenuti nell'area indiana e circumpacifica .Ci troviamo all'inizio quindi di una nuova fase sismica che potrebbe durare 15-20 anni? Può darsi, al momento non ci sono elementi per dirlo. Ma se nei prossimi anni si verificassero nella stessa macroarea altri terremoti di grande intensità, allora ci si potrebbe trovare nella stessa situazione degli anni Cinquanta - Sessanta. Ma tutto ciò cos'ha a che fare con il cambiamento climatico se l'asse terrestre con il sisma di Sumatra non ha cambiato l'angolazione verticale?

Se i terremoti di grado superiore a 8 spostano l'asse terrestre, sicuramente questo sarà avvenuto anche durante la fase sismica degli anni '50-'60, che sono stati anche più forti e violenti. Anche allora lo spostamento dell'asse è avvenuto solo orizzontalmente e non ha modificato l'angolazione? Non lo sappiamo, non c'erano gli strumenti in grado di misurarlo con accuratezza. Sappiamo però con certezza che proprio in corrispondenza di quegli anni si è verificata una fase più fredda del normale, specialmente alle alte latitudini, con un abbassamento fino a 0,4 °C rispetto alla media. Dopo di che la temperatura media è aumentata fino ai massimi livelli del secolo in questi ultimi anni. La temperatura media dipende da molti fattori: gas serra, fasi solari, presenza di polveri nell'alta atmosfera dovute a grandi eruzioni, angolo dell'asse terrestre. La fase fredda degli anni Cinquanta - Sessanta può essere stata dovuta a una combinazione di questi fattori, ai quali possono aver contribuito i grandi terremoti. Contributo modesto ma avvertibile.

Dunque il ripetersi di eventi sismici violenti potrà avere conseguenze sul cambiamento del clima, anche se in maniera limitata e per un breve lasso di tempo. Dobbiamo solo augurarci che i prossimi terremoti agiscano sull'asse terrestre in modo che questo diminuisca la propria angolazione così da innescare un periodo più freddo e salvare per qualche anno le calotte polari in modo da consentire "all'uomo" di rinsavire modificando, con l'apporto anche della scienza e della tecnologia, le regole sociali ed economiche che sono alla base dell'attuale convivenza umana, prime responsabili del disastro planetario annunciato. Se invece l'angolo dovesse aumentare, le conseguenze catastrofiche dovute allo scioglimento dei ghiacciai si verificheranno con una velocità ancora maggiore di oggi, con danni la cui enormità è oggi imprevedibile. Datemi pure del matto, ma non possiamo certo augurarci dei cataclismi tellurici che spostino l'asse terrestre "a casaccio", o attendere i lentissimi fenomeni indotti dalla deriva dei continenti, vi pare?

## **La soluzione**

E allora visto che non c'è nessuna intenzione di modificare il modello economico che è causa del disastro ambientale globale che genera l'effetto serra, in attesa che crescano le sensibilità culturali necessarie ad affrontare, globalmente e in tutte le sue componenti, il problema dell'inquinamento planetario, occorre fare una cosa, una semplice cosa: diminuire l'effetto dell'incidenza sul riscaldamento terrestre dell'energia proveniente dallo spazio, dal Sole. E ciò lo si può fare in due soli modi, o mettendo tra il Sole e la Terra degli enormi ombrelli parasole in grado di intercettare parte della radiazione solare che arriva sulla pianeta oppure inclinando l'asse terrestre in modo tale da diminuire su entrambi gli emisferi l'apporto energetico dei raggi solari. Esiste un punto nello spazio dove un corpo potrebbe essere messo in orbita intorno al Sole senza che questo venga attratto dalla forza di gravità della nostra stella. Un mega ombrello messo in quel punto, alla giusta velocità orbitale (circa quella di rivoluzione della Terra, e comunque facilmente calcolabile con le leggi di Keplero) rimarrebbe tranquillamente in quell'orbita, davanti al nostro pianeta, perché a quella distanza la forza di gravità terrestre compensa esattamente quella del Sole. Questo punto, noto come punto langrangiano si trova sulla retta che unisce il centro della Terra con il centro del Sole ed è a circa 15 milioni di chilometri dal nostro pianeta. Perché questo ombrello, messo a quella distanza, possa sortire l'effetto di far diminuire sensibilmente la radiazione solare in arrivo sulla Terra, occorre che abbia un diametro di almeno 4 mila chilometri. Un'altra opzione per impedire a parte della radiazione solare di giungere sulla Terra potrebbe essere quella di prelevare un asteroide della giusta dimensione dalla fascia degli asteroidi tramite sonde appositamente costruite, e di posizionarlo nel punto langrangiano; oppure si potrebbe farlo esplodere (in modo controllato) in modo che le polveri create in seguito all'esplosione intercettino parte della radiazione solare. Troppo complicato e fantascientifico? Meno di quanto a prima vista possa sembrare; disponiamo già oggi delle tecnologie necessarie. Del resto quando si tratta di far "esplodere" qualche cosa noi uomini siamo imbattibili.

Immaginate quale sforzo tecnologico e soprattutto quanto tempo sarebbero necessari per realizzare simili progetti. E noi tempo non ne abbiamo.

E allora non rimane che l'altra soluzione, **modificare l'inclinazione dell'asse di rotazione della Terra**. Rinfreschiamoci un pò la memoria.

- L'effetto serra abbiamo precedentemente detto è il fenomeno con cui l'energia emessa dalla superficie terrestre verso lo spazio (in prevalenza come radiazione infrarossa), per bilanciare il flusso di energia ricevuta dal Sole, viene parzialmente, assorbita da alcuni gas presenti nell'atmosfera e da questi irradiata nuovamente verso la Terra. In tal modo una volta ritardata la dispersione di energia si instaura una temperatura media sulla superficie terrestre maggiore di quella che si verificherebbe in assenza di atmosfera. La temperatura sulla superficie di un pianeta dipende dal bilancio tra l'energia ricevuta da altri corpi celesti e l'energia che questo irradia verso lo spazio. si determina, poi, un equilibrio. In questo processo energetico si determina un equilibrio tra la composizione dell'atmosfera e la quantità di radiazione solare ricevuta dalla Terra, equilibrio che definisce il valore medio della temperatura sulla superficie terrestre, fondamentale, allo svolgersi della vita sul nostro pianeta. Se uno dei fattori in gioco si modifica l'equilibrio si sposta. Nel caso specifico è allarme per l'aumento rilevante di anidride carbonica. Al momento l'atmosfera contiene 380 parti per milione (ppm) di anidride carbonica in confronto alle 280 ppm dell'era preindustriale. Per far sì che la temperatura media globale non aumenti oltre i due gradi la concentrazione di anidride carbonica non dovrebbe superare le 450 ppm. Tale obiettivo sarà impossibile da raggiungere in quanto già oggi si prevede di arrivare alle 400 ppm di anidride carbonica in atmosfera nei prossimi 10 anni. Dobbiamo accettare questa realtà? L'obiettivo di mantenere la concentrazione al di sotto delle 450 ppm non è realistico. Questo significa che stiamo per raggiungere un punto di non ritorno in cui i cambiamenti potrebbero diventare irreversibili. . L'equilibrio termico naturale della Terra si sta definitivamente alterando, il collasso del pianeta è vicino... E irreversibile significa non ritorno, e c'è da avere paura.

- Abbiamo anche visto precedentemente che quando il pianeta si trova in afelio, cioè alla distanza massima dal Sole (152 milioni di Km circa) siamo in luglio, nel mese più caldo dell'emisfero settentrionale; alla distanza minima dal Sole (147 mln di Km) siamo invece in perielio, ai primi di gennaio, nel mese più freddo dell'anno. Ciò che conta, giova ricordarlo, è **esclusivamente l'inclinazione dell'asse terrestre**.

Il solstizio e l'equinozio corrispondono ad importantissime posizioni che la Terra assume rispetto al Sole in quattro diversi momenti dell'anno solare (in un anno si verificano, infatti, due equinozi e due solstizi).

Quando la Terra è all'equinozio i raggi solari sono perpendicolari all'Equatore e tangenti ai poli. Come già accennato, la temperatura del pianeta dipende **dall'angolo di incidenza tra la superficie e i raggi del sole**: se questi sono perpendicolari, l'energia da essi trasportata sarà massima; è evidente dunque che il riscaldamento ha valori più alti a 0° di latitudine, cioè all'equatore, avrà valori medi alle medie latitudini e minimi ai poli. Gli equinozi danno inizio, come indica il loro nome, alle stagioni della primavera e dell'autunno, le quali si concludono rispettivamente con i solstizi d'estate e d'inverno, momento d'inizio delle relative stagioni

Il solstizio d'estate si verifica il 21 giugno. In questa data i raggi del Sole sono perpendicolari al Tropico del Cancro. Pertanto si ha una maggiore intensità di riscaldamento nell'emisfero boreale, alle nostre latitudini, dove comincia l'estate,

Al contrario, in quello australe comincia l'inverno poiché la durata dell'illuminazione giornaliera raggiunge il suo valore minimo. Nel solstizio d'inverno, invece, inizia l'estate nell'emisfero australe, mentre da noi cade il giorno col minor numero di ore di luce.

Per tornare a noi, abbiamo due parametri sui quali ragionare: le emissioni inarrestabili di anidride carbonica e l'energia che attiva l'effetto serra, la luce solare. Essendo per il momento impossibile diminuire le emissioni di anidride carbonica dobbiamo fare in modo che l'energia dei raggi solari incida il meno possibile sul riscaldamento del pianeta, costringendo i raggi di luce solare a fare un percorso più lungo, ad attraversare, cioè, per un tempo maggiore a quello naturale, una maggiore quantità di

atmosfera sia nell'emisfero sud che in quello nord. Come? Mantenendo per un tempo da definire la Terra nella posizione che occupa agli equinozi, quando cioè i raggi solari sono perpendicolari all'equatore e non alla linea del capricorno o del cancro. O meglio, raddrizzare l'asse di rotazione in modo da avere una condizione di irraggiamento solare come agli equinozi. In questa posizione la Terra riceverebbe ai poli una minima quantità di energia, i ghiacciai non si scioglierebbero, le acque oceaniche all'equatore si riscalderebbero e si ristabilirebbero gli scambi freddo-caldo che alimentano le correnti oceaniche e atmosferiche. Ovviamente ad altre posizioni della Terra rispetto a quella assunta agli equinozi corrisponderebbero diverse inclinazioni dell'asse di rotazione terrestre che potrebbero causare una diversa distribuzione dell'anidride carbonica nell'atmosfera con un travaso della stessa dall'emisfero nord a quello sud, "travaso" oggi impedito dalla "barriera termica" equatoriale.

Una maggiore inclinazione dell'asse terrestre non impedirebbe la vita sulla Terra. Probabilmente la renderebbe solo un po' più scomoda. Dipende di quanto lo si inclina. Intanto domandiamoci: è possibile modificare l'inclinazione dell'asse intorno a cui gira la nostra amata Terra? La disperazione mi fa dire di sì. Amo la vita, amo le vite. Amo questo nostro pianeta, unico alla vita. E vorrei che continuasse ad essere quel luogo dove l'universo ha generato se stesso per avere consapevolezza di sé. E' il luogo, la Terra, dove l'infinito inanimato acquisisce e diventa consapevolezza. E siamo noi.

### **PROGETTO ATLANTE: la provocazione..??**

Cos'è la Terra? Una quasi sfera che gira perennemente sul proprio asse e che trasla intorno al sole. Ai fini del nostro ragionamento, per semplicità, consideriamo la forma della Terra come una sfera perfetta che ruota sul proprio asse. Cosa succederebbe se ad una sfera in rotazione sul proprio asse si applicasse un momento di forze diretto in una generica direzione? L'effetto generale sarà quello di una variazione della velocità di rotazione della sfera e/o dell'inclinazione dell'asse di rotazione. Dipenderà dalla parte di superficie della sfera sulla quale si applicherà il momento delle forze. Se tale momento delle forze si

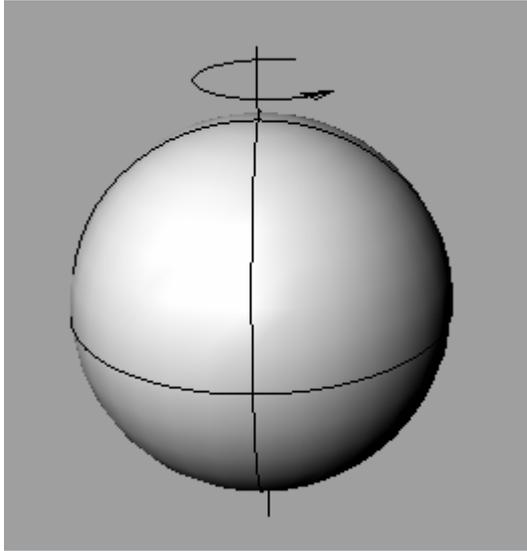
applica in modo che la sua risultante risulti parallela all'asse di rotazione, in questo caso varierà solo la velocità di rotazione della sfera. Viceversa, se la risultante del momento delle forze formasse un certo angolo con l'asse di rotazione avremo contemporaneamente una variazione dell'inclinazione dell'asse di rotazione della sfera e una variazione della sua velocità di rotazione. E ancora, se la risultante del momento delle forze applicate risultasse ortogonale all'asse di rotazione, avremmo come unico effetto, l'inclinazione dell'asse di rotazione. E ciò non è una fantasia, lo dice la Fisica. Il movimento dei corpi in rotazione è regolata dalla seconda legge della dinamica applicata ai corpi estesi, che è:

$$\mathbf{M} = \mathbf{L}'$$

l'apice ' sta a indicare la derivata (cioè la variazione) rispetto al tempo. Questa equazione vuol dire che la somma dei momenti delle forze esterne  $\mathbf{M}$  provoca una variazione proporzionale del momento angolare  $\mathbf{L}$ . In questa equazione tutte le grandezze, tranne il momento di inerzia  $I$ , sono grandezze vettoriali, cioè dotate di intensità (modulo), verso e direzione. In una sfera che ruota intorno ad un asse particolare (detto asse principale di inerzia), il momento angolare  $\mathbf{L}$  è parallelo all'asse di rotazione e ha un modulo che è uguale a  $I\omega$ .

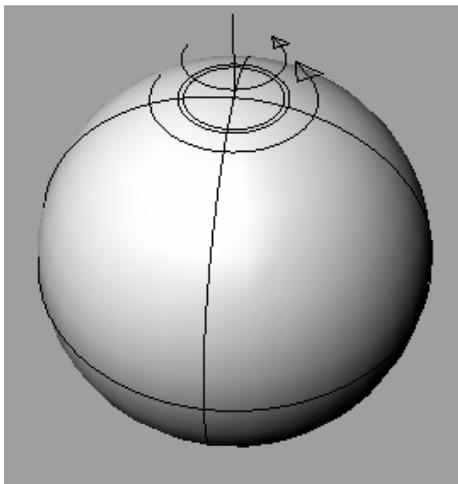
-  $I$  è il momento di inerzia ed il suo valore dipende dalla massa del corpo e come questa massa è distribuita intorno all'asse di rotazione. Esprime la “resistenza” del corpo ad un'accelerazione angolare. Per una sfera di massa  $m$  e raggio  $R$  il momento di inerzia vale  $\frac{3}{5}mR^2$ .  
 -  $\omega$  è la velocità angolare in radianti al secondo e misura l'angolo che viene coperto dalla rotazione del corpo in un secondo;  $I$  (nel caso più semplice di rotazione attorno ad un asse principale d'inerzia) è uno scalare cioè un numero;  $\omega$  come  $\mathbf{L}$  è un vettore (cioè una grandezza dotata di direzione modulo e verso) diretto come l'asse di rotazione. Immaginiamo di avere una sfera omogenea che ruota ma non trasla intorno ad un asse, senza che vi agisca alcun momento di forze: in questo caso il suo momento angolare

$\mathbf{L}$  è costante, e quindi la sfera ruota con velocità angolare costante.

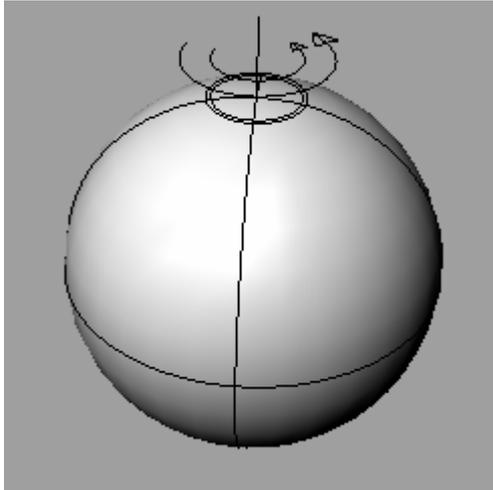


*sfera che gira intorno al proprio asse con una velocità angolare costante,  $\boldsymbol{\omega}$*

Ad un certo istante applichiamo un momento pari a  $\mathbf{M}$ . Se  $\mathbf{M}$  è parallelo o antiparallelo a  $\mathbf{L}$ , l'unico cambiamento che si avrà sarà una variazione del modulo di  $\mathbf{L}$ , per cui la sfera continuerà a ruotare intorno allo stesso asse ma cambierà la sua velocità angolare  $\boldsymbol{\omega}$ , cioè il modulo del vettore  $\boldsymbol{\omega}$  (nel caso della Terra significherebbe che le giornate sarebbero più lunghe o più corte a secondo che la velocità angolare diminuisca oppure aumenti).

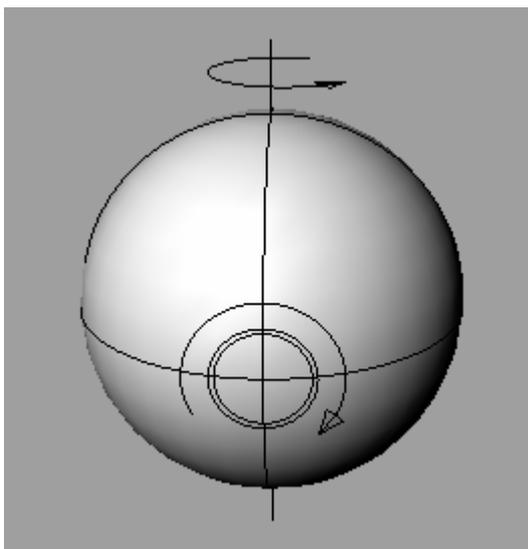


*sulla sfera si determina un momento di forze ...*

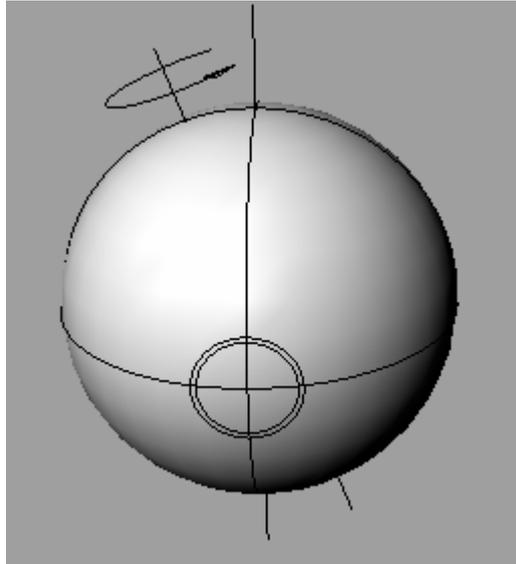


*...parallelo e/o antiparallelo all'asse di rotazione; in questo caso non varierà l'inclinazione dell'asse di rotazione bensì la sua velocità angolare,  $\omega$*

Se  $\mathbf{M}$  è perpendicolare a  $\mathbf{L}$  avviene una rotazione costante della direzione di  $\mathbf{L}$ , e quindi dell'asse di rotazione, senza far variare il modulo del momento angolare, per cui la velocità angolare intorno all'asse di rotazione resterà la stessa, solo che l'asse non sarà più nella posizione iniziale ( la Terra continuerebbe ad avere la stessa lunghezza dei giorni di oggi ma con ore di luce di diversa durata e varierà anche l'incidenza del riscaldamento solare e ciò dipenderà di quanto è variata l'inclinazione dell'asse di rotazione).

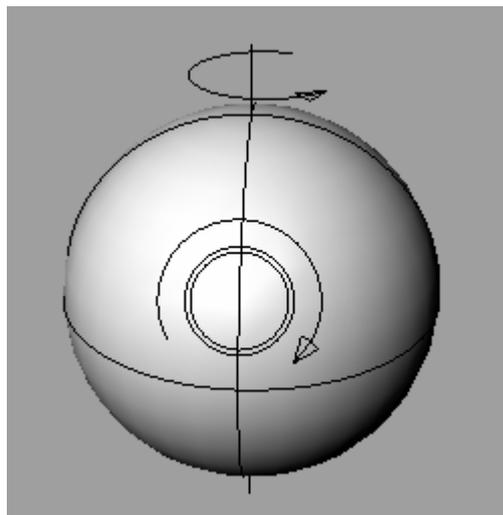


*sulla sfera in rotazione si determina un momento  $\mathbf{M}$  di forze ortogonale all'asse di rotazione...*

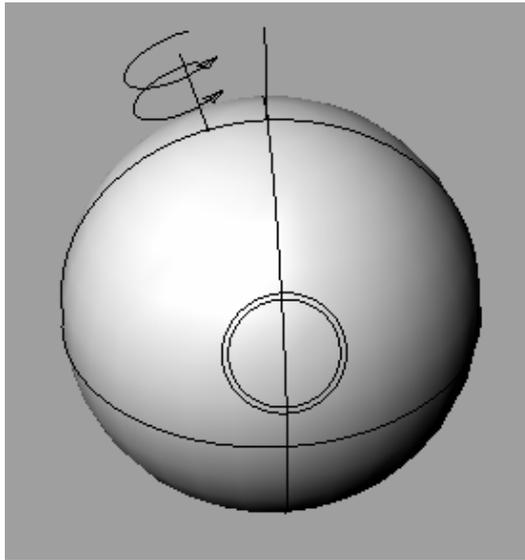


*...ciò determina l'inclinazione dell'asse di rotazione attorno al quale la sfera continua a girare con la stessa velocità angolare  $\omega$*

Per inclinazioni di  $\mathbf{M}$  rispetto a  $\mathbf{L}$  intermedie si ha un effetto combinato di variazione dell'asse di rotazione e della velocità angolare, poiché la componente di  $\mathbf{M}$  parallela a  $\mathbf{L}$  causerà la variazione del modulo di  $\omega$ , mentre quella ortogonale a  $\mathbf{L}$  una variazione della direzione dell'asse di rotazione ( sulla Terra varierebbero contemporaneamente sia la durata del giorno che le ore di luce dell'emisfero interessato e quindi l'incidenza del riscaldamento dovuto ai raggi solari).



*se il momento  $\mathbf{M}$  delle forze si applica su altra parte, intermedia, della superficie della sfera, in modo tale che formi un certo angolo generico con l'asse di rotazione ...*

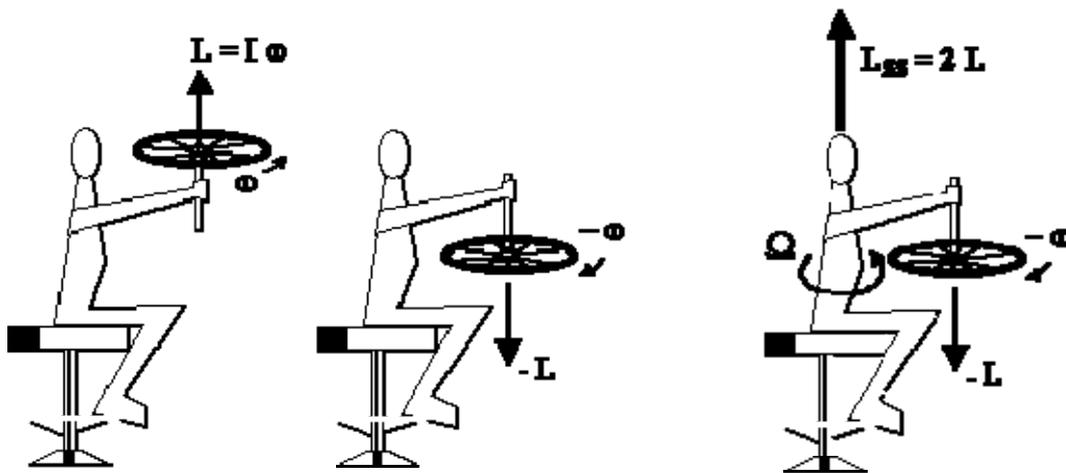


*...le “sue” componenti agiranno determinando contemporaneamente un’inclinazione dell’asse di rotazione ed un variazione della velocità angolare  $\omega$*

Quando il momento delle forze cessa di agire il momento angolare resta invariato in modulo, direzione e verso e quindi la sfera (la Terra) resterà a ruotare intorno ad un asse diverso da quello di partenza. L’assunto di partenza era che sulla sfera agissero delle forze esterne, e nel caso in cui la sfera di riferimento fosse la Terra significherebbe che tali forze debbono necessariamente provenire dallo spazio. Domanda, dobbiamo augurarci che un mega meteorite impatti con la Terra e provochi lo spostamento dell’asse terrestre? Ma manco per sogno. Abbiamo visto prima come il terremoto di Sumatra abbia prodotto una variazione dell’inclinazione dell’asse di rotazione della Terra. La modifica della distribuzione delle masse prodotta dal terremoto ha variato il momento di inerzia  $I$  della Terra. Poiché  $L = I\omega$  deve rimanere costante non agendo sulla Terra alcuna forza esterna, l’effetto della variazione di  $I$  è stato compensato dalla variazione di  $\omega$  in modulo e verso e quindi anche nello spostamento dell’asse di rotazione. Un’ interpretazione equivalente del fenomeno può essere data in termini di interazioni tra sottosistemi. Mi spiego meglio.

In un qualunque gabinetto di fisica dei licei scientifici è possibile fare un piccolo esperimento. Si prenda uno sgabello rotante. Si faccia sedere su questo sgabello uno

studente il quale sostiene una ruota di bicicletta in moto con una certa velocità. Successivamente lo studente faccia girare l'asse della ruota di  $180^\circ$  (vedi figura).



Cosa accade? Lo studente e lo sgabello (che erano fino ad allora fermi) prendono a girare con una certa velocità. Cosa è accaduto? Dato che il sistema (**studente sgabello**) + **ruota** è isolato, cioè  $\mathbf{M}_{\text{forze esterne}} = 0$ , consegue che  $\mathbf{L}_{\text{sistema}} = \text{costante}$ . Poiché dunque  $\mathbf{L}_{\text{sistema}}$  deve risultare invariato, dopo che la ruota è stata ribaltata lo studente sullo sgabello gira in senso opposto al verso di rotazione della ruota (e con velocità doppia rispetto a quella della ruota) per compensare la variazione di  $\mathbf{L}_{\text{sistema}}$  indotta da quest'ultima. Il fenomeno può essere analizzato in modo equivalente anche suddividendo il sistema (**studente sgabello**) + **ruota** nei due sottosistemi: (**studente sgabello**) e **ruota**. I due sottosistemi non sono isolati. Lo studente, nel girare l'asse della ruota, esercita un momento di forza  $\mathbf{M}_s$  sulla ruota, e per il principio di azione e reazione, la ruota esercita un momento  $\mathbf{M}_r$ , uguale e contrario sullo studente, costringendolo a ruotare.  $\mathbf{M}_s$  e  $\mathbf{M}_r$  sono considerati momenti esterni, cioè prodotti da un sottosistema sull'altro. Domanda: se lo studente fosse in rotazione sullo sgabello e invece della ruota di bicicletta avesse un volano rotante (in questo caso costituito da una massa metallica a forma di anello, di fatto un giroscopio) in movimento rotatorio attorno ad un asse perpendicolare al sistema studente sgabello e, all'improvviso, con le mani azionasse bruscamente il freno per bloccare la rotazione

del volano, cosa accadrebbe? Il sistema sgabello studente continuerebbe a girare ma lo studente non sarebbe più seduto comodamente, ma inclinato. Il modulo del momento angolare non cambierebbe (il sistema continuerebbe a ruotare come prima con la stessa velocità) ma cambierebbe la direzione dell'asse sul quale continua a ruotare perché questo nel frattempo avrebbe variato la sua posizione iniziale, inclinandosi. Il sistema studente sgabello è assimilabile ad una sfera in rotazione. Certo una sfera con massa non omogenea, ma il principio è lo stesso.

Il pianeta Terra non è una sfera perfetta ma un geoide, con una differenza di circa 45 chilometri tra il diametro misurato all'equatore e quello misurato ai poli. La Terra inoltre è costituita da una sottile crosta e da una enorme massa "pastosa". In caso di impatto con un asteroide di dimensioni significative, alle immani distruzioni che seguirebbero, vi sarebbe nel tempo anche l'effetto prodotto dalla nuova posizione assunta dall'asse di inclinazione terrestre. Se la Terra fosse una massa rigida il movimento precessorio dell'asse la riporterebbe nel tempo nella sua posizione iniziale. Il nostro pianeta ha invece una composizione non omogenea nè rigida e una volta variata la posizione del suo asse di rotazione, questi tenderebbe a rimanere nelle nuove condizioni determinate dall'impatto. Qualunque artificio messo in campo dall'uomo per variare l'angolo di inclinazione dell'asse di rotazione terrestre dovrebbe fare i conti con una fase sperimentale, di simulazione al calcolatore. Questo perché le leggi della dinamica che conosciamo fanno riferimento a corpi con massa omogenea. E' vero che la crosta terrestre è molto sottile e quindi di dimensioni trascurabili rispetto alle dimensioni interne del pianeta, pur tuttavia proprio per la "viscosità" della massa interna, una simulazione deve essere fatta. Questo perché non possiamo calcolare agevolmente come le leggi della dinamica agiscono su una sfera in rotazione di massa fluida e non omogenea. Non solo, la simulazione dovrebbe tener conto che la Terra è una "sfera" che non solo ruota su se stessa ma è soggetta anche a traslazione e che interagisce con il sistema gravitazionale del Sole e della Luna. Quindi la simulazione dovrebbe tener conto di ciò, in modo particolare della Luna che tanta influenza ha sulla stabilità della rotazione

terrestre. Infatti, la forza gravitazionale della Luna stabilizza l'inclinazione dell'asse terrestre, che varia di soli 1,3 gradi attorno a un valore medio di 23,3 gradi. Grazie all'effetto stabilizzante della Luna, anche eventi catastrofici come l'impatto del nostro pianeta con un grosso meteorite non potrebbero spostare l'asse terrestre: occorrerebbe forse un impatto con un corpo di dimensioni quasi planetarie.

Si dirà: ma allora l'asse lo spostiamo o non lo spostiamo? Tranquilli, lo spostiamo, lo spostiamo!!

Abbiamo detto che la Terra è una quasi sfera che gira perennemente sul proprio asse e che trasla intorno al sole. Cosa succederebbe se ad una sfera in rotazione sul proprio asse si applicasse un momento di forze diretto in una generica direzione? E soprattutto come si fa a creare un momento di forze tale da generare una così forte risultante da poter incidere sulla direzione dell'asse di rotazione, sulla velocità di rotazione oppure su entrambe contemporaneamente? Abbiamo detto che se tale momento delle forze si applicasse in modo che la sua risultante fosse parallela all'asse di rotazione, in questo caso varierebbe solo la velocità di rotazione della sfera (in termini tecnici si dice che varia il modulo di  $\omega$ ). Viceversa se la risultante del momento delle forze formasse un angolo con l'asse di rotazione avremo contemporaneamente una variazione dell'inclinazione dell'asse di rotazione della sfera e una variazione della sua velocità di rotazione. E ancora, se la risultante del momento delle forze applicate risultasse ortogonale all'asse di rotazione, avremmo come unico effetto l'inclinazione dell'asse di rotazione, come già accennato in precedenza. Tutto questo significa che se il momento di forze lo si applica artificialmente sulla superficie della Terra, a seconda di dove ciò si realizza avremo una variazione della velocità di rotazione, la variazione dell'inclinazione dell'asse terrestre oppure entrambi i fenomeni. Il momento lo si può creare mettendo degli automezzi carichi su di una vasta superficie a forma di corona circolare (assimilabile al "volano" in rotazione dell' esperimento studente + sgabello + volano di cui si è detto sopra). Di camions e tir ve ne sono tanti e ove mai non dovessero bastare quelli che vi sono, l'industria automobilistica mondiale sarebbe in grado di costruirne il giusto numero in un lasso di tempo brevissimo. Una volta in moto il "volano di tir" acquisterebbe un momento angolare direttamente proporzionale

alla velocità con la quale si muove e al momento d'inerzia  $I$  determinato dalla massa degli automezzi (che è nota) e dalla loro distanza dal centro del “volano”. Tale momento angolare verrebbe trasferito alla Terra poiché si produrrebbe un momento di forze “di accelerazione” che agirebbe dal sottosistema “volano di tir” al sottosistema Terra, facendo inclinare l'asse terrestre in una certa direzione. Se ad un certo punto, dopo un determinato tempo, il “volano di tir” in movimento circolare sulla superficie della “sfera” Terra venisse fermato trasferirebbe il suo momento angolare alla Terra in rotazione poiché si produrrebbe un vettore momento di forze opposto al precedente (di “decelerazione”), riportando l'asse nella direzione originaria. Ricordate il precedente esempio dello studente sullo sgabello e la ruota di bicicletta o il volano? Ebbene, nel parallelismo con il caso dello studente sullo sgabello, è come se fosse stato lo stesso studente sia a mettere in rotazione il volano che a frenarlo, inclinandosi in una direzione all'atto dell'accelerazione del volano e nella direzione opposta al momento di frenarlo, rimanendo a ruotare nella direzione originaria perché è il momento totale agente su di lui è zero essendo la somma di due momenti opposti. Domanda: cosa succede se i camion durante la fase dell'accelerazione perdono massa (ad esempio svuotandosi del materiale con cui sono stati caricati...) e vengono frenati quando sono vuoti? Ebbene, i momenti “di accelerazione” e di decelerazione sarebbero diversi, la loro somma non farebbe più zero e dunque il momento totale trasmesso dal “volano di tir” alla Terra ne causerebbe l'inclinazione dell'asse in una certa direzione! Nell'esempio dello studente è come se egli avesse accelerato un volano e ne avesse frenato uno di massa differente. Ritorniamo ora ai tir: anche se gli automezzi potrebbero essere uniti tra loro da formare un'unica massa rotante omogenea ci sarebbe il problema dell'arresto simultaneo di tutti i mezzi, ma la cosa non è insormontabile. In ogni caso, il tempo impiegato per fermare i tir in rotazione lo si potrebbe rendere molto inferiore a quello impiegato per accelerarli, dotandoli di idonei apparati frenanti.

L'effetto prodotto dal loro moto rotatorio dipenderebbe da quale parte della superficie della “sfera” Terra sarebbe interessata dall'allocatione del “volano di tir” (formato da decine di migliaia di automezzi). Da un punto di vista prettamente teorico, in base alla seconda equazione cardinale della meccanica, tale momento può causare sia l'inclinazione dell'asse terrestre rispetto alla direzione precedente (i noti

23,27°), poiché in generale possiede una componente ortogonale all'asse, sia una variazione della velocità di rotazione del pianeta, perché il momento può avere una anche una componente parallela o antiparallela alla direzione dell'asse di rotazione ( dipende da quale parte del pianeta opereranno i tir in circolo). Esempio: immaginiamo per semplicità che l'asse di rotazione della terra sia verticale; ebbene se il “volano di tir” fosse collocato all'equatore avremmo solo una risultante ortogonale all'asse di rotazione e quindi il solo spostamento dell'asse di rotazione della Terra. Se invece i tir in circolo fossero fatti agire nell'emisfero nord oppure in quello sud avremmo un momento agente sulla Terra diretto in una direzione generica le cui componenti (parallela e ortogonale all'asse terrestre) darebbero vita contemporaneamente ad una variazione dell'inclinazione dell'asse di rotazione e ad una variazione della velocità di rotazione ( rivedi fig pag 72 e seguenti). Nel caso reale essendo l'asse di rotazione inclinato di 23,27°, anche un momento applicato perpendicolarmente all'equatore, non sarebbe perpendicolare alla direzione dell'asse terrestre ma avrebbe anche una componente ad essa parallela. Quindi la condizione di ortogonalità del momento prodotto dal volano di tir sulla Terra si avrebbe grossomodo nell'area della superficie terrestre compresa tra l'equatore e il tropico del Cancro e/o Capricorno.

Ovviamente il diametro interno ed esterno del volano di tir (ha forma di anello) che deve produrre il momento necessario ad ottenere l'inclinazione desiderata è facile da calcolare. Basta conoscere il momento d'inerzia, la massa e la velocità angolare della Terra, alcuni parametri astronomici etc etc.

*In sintesi, (in laboratorio) tutto si basa sulla conservazione del momento angolare  $L$  di un sistema quando su di esso il momento totale delle forze esterne totale  $M$  è nullo: se il volano viene bloccato, il sistema sgabello + studente acquista un momento angolare (che fa inclinare l'asse del sistema sgabello + studente) tale che  $L$  di tutto il sistema sgabello + studente + volano rimane costante.*

*Riguardo ai tir, (sulla superficie della Terra) probabilmente va tenuto sotto controllo l'effetto che i tir producono quando, muovendosi, percorrono i meridiani; questo perchè a noi in particolare interessa “visualizzare” il momento torcente delle forze interne per costatarne l'effetto sul sottosistema Terra.*

*Perché l'effetto sia percettibile i momenti angolari dei due sottosistemi Terra e tir devono essere confrontabili; per esempio, il rapporto delle masse non deve essere troppo*

piccolo, anche se in linea di principio un effetto lo si può comunque avere nonostante uno dei due sottosistemi sia molto più “leggero” dell’altro.

Nei tir “a massa variabile” la massa espulsa faceva parte del sistema complessivo e contribuiva a determinare il momento angolare iniziale. Mentre nella prima versione il mettersi in moto del “volano di tir” ed il loro successivo arrestarsi non provoca alcuna variazione globale( il sistema riacquista il momento angolare posseduto prima che i tir cominciassero a muoversi), adesso il momento angolare totale della Terra + tir + più massa espulsa resta costante, mentre quello del sottosistema Terra + tir varia.

Quest’ultimo è il sottosistema che ci interessa e di conseguenza vanno studiate le forze esercitate su di esso dal resto del sistema (massa espulsa).

Formalizzare tutto questo sarebbe parecchio lungo e complesso, ed occorrerebbe fissare altri parametri.

Semplificando: la Terra ruota su se stessa, chiamo asse  $z$  o anche asse N-S l’asse di rotazione.

Ho una fila di tir che si muovono lungo un meridiano (se si muovono lungo un parallelo gli unici effetti potrebbero riguardare il modulo della velocità di rotazione  $\vec{\omega}$  ma non la sua direzione).

Per tener conto della rotazione del sistema occorre ricorrere alle equazioni di Eulero che descrivono la variazione del momento angolare nel sistema solidale con la Terra. Se chiamo asse  $x$  quello ortogonale a  $z$  contenuto nel piano del meridiano, i momenti d’inerzia  $I_x$  e  $I_z$  della Terra + tir rispetto agli assi  $x$  e  $z$  coincidono, e sono leggermente minori di quello  $I_y$  rispetto all’asse  $y$ .

(Le forze che si esercitano tra la Terra ed i tir hanno una ovvia componente tangente al meridiano, ma poiché la Terra ruota su se stessa, i tir per mantenere la rotta lungo il meridiano devono anche con le ruote esercitare una forza tangente al parallelo, per contrastare la forza di Coriolis.)

L’espulsione delle masse (ad un ritmo  $dm/dt$ ) può essere descritto considerando una “ spinta” pari a  $v$  (velocità di espulsione) per  $dm/dt$ , e diretta tangenzialmente al meridiano.

Se tutte le spinte sono concordi ( ogni tir butta via il proprio carico dallo stesso lato), i momenti torcenti dovuti a tutte le spinte si sommano determinando un momento totale diretto lungo l’asse  $y$  ( $N_y$ ) che fa variare il momento angolare del sottosistema Terra + tir lungo lo stesso asse.

*Le equazioni di Eulero diventano in questo caso:*

$$I_x \frac{d\varpi_x}{dt} + (I_z - I_y)\omega_y \omega_z = 0$$

$$I_y \frac{d\varpi_y}{dt} = N_y$$

$$I_z \frac{d\varpi_z}{dt} + (I_y - I_x)\omega_y \omega_x = 0$$

*da cui appunto risulta (tra l'altro) che la componente y della velocità angolare, inizialmente nulla, cresce nel tempo (e di conseguenza lo stesso avviene per la componente y del momento angolare)...con una conseguenza incredibile....si inclina l'asse terrestre. Ma cambiando bruscamente l'asse di rotazione cosa succede alle nostre case, alle montagne, ai laghi, agli oceani etc? Se lo si fa gradualmente, a passi successivi, non succede "nulla", vedi il terremoto di Sumatra (non lo tsunami). In realtà ciò che si potrebbe verificare, essendo la composizione della Terra non omogenea è lo "slittamento" della rigida crosta terrestre sulla sottostante massa pastosa. Si determinerebbe così uno spostamento delle faglie sismiche che potrebbero agire, come succede quando si verificano i grandi terremoti, sullo spostamento dell'asse terrestre. Una simulazione preventiva è, come si intuisce, necessaria. La tragedia è che abbiamo descritto anche come sia possibile realizzare un'altra "arma Maltusiana".*

**Si dirà: possibile che non vi siano altre soluzioni, possibile che bisogna sconvolgere l'equilibrio astronomico per permetterci di guadagnare tempo, per permetterci di rinsavire ed adottare soluzioni che ci consentano di salvare il pianeta in altro modo? Un'altra soluzione forse c'è.**

L'effetto serra è determinato dalla cattura della radiazione infrarossa riemessa dalla Terra riscaldata dal sole da parte delle nubi e dei gas serra. Se noi ricoprissimo vastissime aree della Terra, per esempio i deserti, di materiale riflettente la luce solare, impediremmo a queste grandi superfici di riscaldarsi e di emettere radiazione infrarossa, modificando così l'apporto energetico che determina l'effetto serra.

Le aree desertiche sono tali perché in genere non sono sovrastate da nubi che intercettano la radiazione solare

incidente. In queste aree l'atmosfera è trasparente ai raggi solari incidenti e quindi lo è anche ai raggi solari riflessi verso lo spazio dal materiale riflettente lì collocato. Ovviamente una piccola quantità di radiazione infrarossa verrebbe comunque trattenuta in atmosfera dai gas serra, ma sarebbe di proporzioni piccolissime rispetto alla radiazione infrarossa emessa dai deserti infuocati dalla radiazione solare incidente. Oppure al contrario, potremmo ricoprire queste stesse vaste superfici desertiche di materiale nero (fortemente assorbente la luce). In questo caso la luce proveniente dal sole verrebbe assorbita in tutte le sue componenti e non rimessa verso l'atmosfera e lo spazio. Una tale superficie si riscalderebbe ed emetterebbe solo la pericolosa componente infrarossa. Se però sottraessimo calore alla superficie nera, per esempio con dei fluidi contenuti in tubi, uniremmo all'utile il dilettevole, potendoci utilizzare i fluidi caldi per attività diverse. Certo, l'equilibrio termodinamico complessivo si ristabilirebbe sempre, ma almeno avremmo un po' più di tempo per pensare al da farsi. Oppure...

**Oppure possiamo tentare di ridurre la presenza di anidride carbonica nell'atmosfera.** Per arrivare ad ottenere questo risultato non esistono, nell'immediato, soluzioni tecnologiche che da sole possono riuscirci. Ritengo invece che la risposta possa essere trovata adattando un mix di interventi, socio – politici – economici da un lato, e fisico – tecnologici dall'altro. L'anidride carbonica prodotta dalle attività umane è stata finora assorbita per lo più dagli oceani e dalla vegetazione. Quindi oceani e vegetazione sono i principali “macrofagi” di anidride carbonica.

Affinchè gli oceani possano continuare ad assorbire grandi quantità di anidride carbonica occorre che si ripristinino nel minor tempo possibile le condizioni di differenza di temperatura tra la fascia equatoriale e le zone polari. Perché ciò avvenga rapidamente occorrono interventi di dimensione planetaria ( Progetto Atlante).

Gli oceani, infatti, sono un'immensa riserva termica in quanto trattengono il calore più a lungo delle terre emerse.

Senza gli oceani il clima sarebbe più rigido e la differenza di temperatura tra i poli e l'equatore sarebbe più elevata.

Le acque degli oceani si spostano dall'equatore ai poli trasferendo verso le latitudini più alte il calore immagazzinato alle basse latitudini. La circolazione del calore avviene lungo i meridiani e dipende dalla differenza di energia solare che la Terra riceve all'equatore rispetto ai poli, dalla direzione dei venti, dai continenti e per la componente orizzontale del flusso di calore, dalla rotazione della Terra.

Il sistema di circolazione, simile ad un nastro trasportatore, mescola a media altezza le acque delle grandi profondità con quelle superficiali. Quando le acque equatoriali calde raggiungono i poli la loro densità aumenta a causa del raffreddamento che provoca un aumento della salinità. L'acqua diventata quindi più pesante e si sposta verso il fondo innescando il meccanismo del nastro trasportatore il cui movimento ha grande influenza sul clima.

Oltre ad influire sul clima, gli oceani hanno anche un'altra importantissima funzione: la regolazione del ciclo del carbonio. Infatti gli strati superiori delle acque oceaniche riciclano una quantità di carbonio maggiore di quello presente nell'anidride carbonica atmosferica. La maggior parte di questo carbonio si è accumulato, in passato, nei fondali oceanici sotto forma di calcare. Quello presente negli strati superiori invece, in quantità simile a quella presente nell'atmosfera, si è sempre, finora, riciclato con uno scambio continuo con la stessa atmosfera. Parte di questo carbonio veniva assimilato dal plancton durante la fotosintesi e parte restituito all'atmosfera tramite la respirazione degli stessi organismi. Il resto si depositava a grandi profondità ed era utilizzato da altri organismi marini per formare gusci o scheletri.

Ma ora le cose stanno cambiando.

Alcune ricerche fatte in uno degli oceani che è stato finora più attivo nell'assorbire l'anidride carbonica, l'oceano Antartico, dimostrano che è in corso un cambiamento radicale nella sua funzione di "riciclaggio" dell'anidride carbonica. Infatti a causa del riscaldamento globale, l'oceano Antartico è sempre meno in grado di assorbire l'anidride carbonica prodotta dall'uomo. Le ricerche evidenziano come questo abbia iniziato ad assorbire dall'atmosfera sempre meno anidride carbonica. Secondo questi

studiosi la causa è da attribuire al maggior riscaldamento locale che ha portato i mari antartici ad essere molto più ventosi che in passato con la conseguenza che le acque, sempre più agitate, non sono più in grado di assorbire l'anidride carbonica al passo con le grandi quantità con cui viene prodotta dalle attività economiche globalizzate.

L'implicazione è di vasta portata, ma soprattutto è una nuova conferma che le proiezioni sull'aumento della temperatura globale elaborate dall'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) sono troppo ottimiste. È infatti probabile che le temperature aumenteranno più in fretta di quanto previsto.

Corinne Le Quéré e colleghi dell'University of East Anglia, in Inghilterra, sostengono, in base al loro studio, che i cicli di reazione climatica si svilupperanno tra i 20 e i 40 anni prima di quanto stimato. Infatti una maggiore presenza di anidride carbonica nell'atmosfera ne causa il riscaldamento, il quale a sua volta fa sì che gli oceani assorbano meno anidride carbonica del normale. Essendo l'oceano Antartico diventato sempre più ventoso, ne deriva un maggiore rimescolamento delle acque che porta gli strati più freddi e profondi, quindi più carichi di carbonio, a salire in superficie, rilasciando, nell'atmosfera, parte dell'anidride carbonica "intrappolata" nelle profondità. Ripristinare una "normale" ventosità sull'oceano Artico ed una "normale" temperatura aiuterebbe a riattivare il meccanismo del nastro trasportatore oltre a riattivare, la funzione delle sue acque, di grande dissipatrici di anidride carbonica (Progetto Atlante). A questo andrebbe aggiunta un comportamento virtuoso, di tutti i Paesi del mondo, nel depurare e nel riutilizzare le acque reflue. La non depurazione delle acque soprattutto da parte di paesi come la Cina e l'India che sversano nell'oceano dove si affacciano, ogni giorno, miliardi di tonnellate di liquami inquinanti, può causare una forte e vasta eutrofizzazione delle acque a danno della vita nell'oceano e del conseguente minore assorbimento di anidride carbonica da parte dello stesso oceano.

Sulle terre emerse, invece, gli interventi da realizzare, per far diminuire l'anidride carbonica, devono andare in due direzioni. La prima interessa il ruolo della

vegetazione nell'assorbimento dell'anidride carbonica, la seconda la sua drastica riduzione nelle emissioni provenienti dalle attività umane globalizzate.

Grazie ad una ricerca dell'Università californiana di Stanford, pubblicata su Proceedings of the National Academy of Sciences, sappiamo che l'influenza degli alberi sul clima avviene principalmente attraverso tre meccanismi, due di raffreddamento, uno di riscaldamento. Le temperature si abbassano grazie all'assorbimento dell'anidride carbonica e all'evapotraspirazione (il meccanismo che dall'evaporazione dell'acqua genera le nuvole), mentre si alzano grazie alla proprietà delle foglie di catturare la luce solare. Solo il primo di questi meccanismi rimane invariato con la latitudine, mentre le altre due funzioni possono dare anche effetti opposti passando da un luogo all'altro del pianeta. Gli effetti controproducenti delle piante si riscontrano in modo più evidente nelle zone boreali, mentre non interesserebbero affatto i tropici, dove l'azione della rigogliosa vegetazione resta invece utile. Insomma piantare un albero in Canada o in Russia non conviene quanto a Cuba.

Se il terreno umido dei tropici consente alle piante di generare nuvole che mitigano il calore dei raggi solari, una foresta su un campo innevato, invece, non riesce ad annuvolare il cielo e bilanciare così l'alto assorbimento di luce. Quello che a noi interessa però è il ruolo che le piante hanno a tutte le latitudini: l'assorbimento dell'anidride carbonica presente nell'atmosfera. Quindi, allo scopo, sarebbe utile un disboscamento pianificato e ciclico (che tenga conto della salvaguardia della biodiversità) di parte delle foreste esistenti. Questo perchè le foreste mature catturano pochissima anidride carbonica e vanno quindi sostituite con nuova vegetazione che per crescere assorbirà moltissima anidride carbonica. Se dai calcoli tale superficie non dovesse essere sufficiente se ne può programmare l'incremento attraverso la trasformazione di aree oggi deserte e rese fertili, per lo scopo, anche mediante irrigazione con impianti alimentati da migliaia di dissalatori. Abbiamo visto precedentemente che esistono nuovi apparati, che utilizzando nanotecnologie, consentono di farlo a costi estremamente vantaggiosi. Abbiamo visto

anche come sia possibile, ricorrendo alla natura, quindi attraverso gli oceani e la vegetazione, attivare i processi di assorbimento dell'anidride carbonica in eccesso presente nell'atmosfera. Ma tutto ciò non servirebbe a niente se contemporaneamente non si ridurrebbero drasticamente le emissioni di anidride carbonica. Cosa fare?

La prima cosa è metter mano alla riprogettazione delle città. Il trasporto urbano è tra le attività umane il settore che maggiormente contribuisce alle emissioni di anidride carbonica. Ridurre le cause e i motivi della mobilità urbana consentirà una **drastica riduzione dei gas serra**. Le persone devono poter avere a non più di 10 –15 minuti a piedi tutto ciò di cui hanno bisogno per vivere, lavorare, istruirsi, svagarsi, curarsi etc. Contemporaneamente bisogna sostenere quelle ricerche indirizzate a trasformare l'anidride carbonica in combustibile utile. Si tratta quindi di sfruttare il carbonio contenuto nella CO<sub>2</sub>, trasformando questo gas serra da problema a risorsa. La conversione di CO<sub>2</sub> in combustibile non è un sogno, ma una possibilità effettiva che richiede ulteriori studi. La ricerca, evidentemente da sostenere, potrebbe consentire di non immettere, in atmosfera, ulteriori quantitativi di anidride carbonica, trasformando quello emesso dalle attività umane in combustibile utile. Uno degli aspetti problematici di tale gas è che è altamente stabile. I legami chimici di CO<sub>2</sub>, una volta formati, sono estremamente difficili da scindere. La nuova tecnica, in corso di sperimentazione, consente a speciali catalizzatori di ottenere tale scissione e di creare molecole di carbonio a catena lunga che possono essere facilmente convertite in combustibili. L'energia necessaria per scindere questo tipo di legami chimici, anche con catalizzatori, è molto elevata. Forse procedendo in due fasi, prima utilizzando la luce solare (in impianti a concentrazione) con un catalizzatore al titanio che aiuta a scindere le molecole d'acqua con il conseguente rilascio di protoni liberi (ioni di idrogeno), elettroni e ossigeno gassoso. Poi, in una seconda fase, utilizzando gli elettroni liberi per ridurre la CO<sub>2</sub>, cosa che consente, mediante l'uso di catalizzatori a base di platino e di palladio all'interno di nanotubi di carbonio, di legare tra loro gli atomi di carbonio.. La cosa

potrebbe funzionare, soprattutto se l'energia necessaria, in sostituzione di quella solare, e per entrambe le fasi, è quella emessa da appositi laser alimentati da centrali eoliche o solari, chissà! Immaginate cosa accadrebbe se i miliardi di tonnellate di anidride carbonica emesse dalle centrali elettriche alimentate con combustibili fossili fossero trattate con questa o altra tecnologia simile; si potrebbe tornare a sperare. Così come l'ottimismo potrebbe riemergere se si riuscisse in tempi brevi a risolvere i problemi legati ad un altro processo tecnologico basato sempre sulle nanotecnologie. Parlo, nella fattispecie di quei dispositivi sui quali si sta lavorando in diversi centri di ricerca per riuscire a catturare l'energia infrarossa emessa dalla Terra e trasformarla in energia elettrica. Il materiale che sfrutta le nanotecnologie è costituito dalle prime celle solari capaci di gestire l'invisibile radiazione infrarossa del sole. I ricercatori hanno combinato nanoparticelle appositamente progettate (i cosiddetti quantum dot) con un polimero, ottenendo una plastica in grado di catturare l'energia nell'infrarosso. Il raggiungimento di questo traguardo spinge a prevedere in futuro lo sviluppo di pannelli solari cinque volte più efficienti di quelli possibili con le attuali tecnologie. I raggi del sole che raggiungono la superficie terrestre portano 10.000 volte più energia di quella che consumiamo. Se potessimo ricoprire lo 0,1 per cento della superficie della Terra con pannelli solari molto efficienti, potremmo in teoria sostituire tutte le centrali elettriche esistenti con una fonte di energia pulita e rinnovabile. Tra l'altro la costruzione di dispositivi nanotecnologici che convertono in energia elettrica la radiazione infrarossa emessa dai corpi a temperatura ambientali o poco sopra, consentirebbe di aumentare considerevolmente il rendimento dei mezzi tecnologici di uso comune, dall'automobile agli asciugacapelli, dai vestiti che indossiamo alle pentole con cui si preparano i cibi, per arrivare alla riduzione di apparati di grandi dimensioni, come le apparecchiature mediche di radiodiagnostica (TAC) che potrebbero essere ridotte a dimensioni da macchina fotografica. Aumentare il rendimento e ridurre la dimensione degli apparati significa consumare meno energia; di conseguenza, si

bruciano meno combustibili fossili e quindi si immette meno anidride carbonica in atmosfera.

Agli interventi descritti, infine, se ne deve aggiungere un altro di carattere umano, che attiene a quel complesso di “regole”, quelle dell’economia neoliberista, responsabile del possibile cataclisma ambientale prossimo venturo. Bisogna cambiare le regole del commercio mondiale invertendo, in questa fase storica, l’ordine e la valenza del protagonismo economico; occorre cioè una rivoluzione di protagonismo nell’economia. Chi è il soggetto, o meglio per come è da sempre considerato, l’oggetto a cui si rivolge ogni attività economica, ogni produzione? E’ il cittadino, il consumatore che deve passare da oggetto passivo a soggetto attivo del sistema economico, rivendicando e assumendo un ruolo centrale nella vita sociale e produttiva di ogni Paese. La politica, l’attuale politica espressa anche dalle democrazie non è in grado di cambiare le regole del WTO. Non ha la forza, le Multinazionali e le corporations ne hanno di più. Come fare? Cosa fare? Oggi il cittadino consumatore è solo, in balia di tutto e di tutti. Le multinazionali e le corporations si fondono tra loro per avere meno costi e sempre più ricavi. Per raggiungere l’obiettivo di guadagnare sempre di più si ricorre a qualsiasi mezzo, non importa se si riduce il mondo ad una cloaca, ad una camera a gas, ad un forno sempre più caldo. Risultato: il cittadino consumatore, in qualsiasi angolo del pianeta viva, è lui a pagarne le conseguenze, sempre lui a subire gli effetti negativi dei cambiamenti climatici. E allora il pianeta lo può salvare solo lui, il consumatore. Domanda: Cosa accadrebbe se i consumatori si costituissero in gruppi di acquisto? Cosa accadrebbe se ad esempio i consumatori statunitensi, canadesi, italiani, tedeschi, francesi, inglesi, spagnoli si costituissero ed organizzassero in gruppi di acquisto, in “internazionale del consumo”? E’ semplice, modificherebbero le regole che sovrintendono al funzionamento dei mercati e soprattutto potrebbero incidere sullo stile di vita causa del prossimo disastro planetario. Mettiamo che in una di queste nazioni si formi un gruppo di acquisto di cinque milioni di consumatori organizzato per paese, per quartiere, per città, per provincia, per regione, per

più regioni, esso diventerebbe una forza compatta di venti milioni di individui (una media di 4 per famiglia) capace di modificare e scardinare l'equilibrio economico costituito. Sulla funzione economica dei gruppi di acquisto dei consumatori, di come cambierebbero le regole economiche, i comportamenti etc, si potrebbe scrivere un trattato a parte. I cambiamenti al sistema economico sono necessari, ma la cultura che occorre perché si verifichino è lenta nel diffondersi. E noi di tempo non ne abbiamo. I gruppi di acquisto dei cittadini consumatori, possono invece costituirsi ed operare rapidamente perché è matura la coscienza di tanti individui stanchi di sentirsi oggetti passivi dell'attuale sistema economico, stanchi di delegare il proprio ruolo di cittadino. In tanti sentono sempre più il bisogno di riappropriarsi del proprio diritto alla cittadinanza civile, alla cittadinanza economica..  
Oppure....

### **Etica Universale**

Le soluzioni si possono trovare a patto di superare le divisioni planetarie che esistono tra i popoli del mondo. E ciò potrà avvenire solo dandoci regole o meglio ancora un'**Etica universale** e laica, un'Etica non religiosa, senza Dio, dove l'autonomia individuale, l'unicità e la libertà di ogni persona stia alla base della responsabilità morale nella comune umanità. Un'Etica interamente radicata nella natura umana, e per ciò stessa radicata anche nel vivente che ci circonda, e capace di promuovere l'universalità di alcune regole che possiamo accettare seguendo i nostri umani sentimenti e, soprattutto la nostra ragione. Qui il discorso si farebbe troppo lungo. Vale solo la pena ricordare il ruolo a volte nefasto avuto dalle religioni nella storia dell'umanità. Si può essere credenti o non credenti ma quand'anche vi fossero state religioni "ispirate" da un Dio, quando sono gli uomini a gestire questa "ispirazione", la struttura di potere terreno che ne è derivata è stata sempre di sopraffazione dei più deboli. E questa è una cosa assoluta, non relativa. E tra i deboli v'è stata anche la natura, saccheggiata, vilipesa e mutilata anche da altro

assolutismo dogmatico qual è stato il socialismo reale. Nei paesi ex comunisti i danni causati all'ambiente sono quanto di peggio la mente umana potesse concepire. Per fortuna quella "religiosità politica" è stata spazzata via dalla razionalità della storia. Ma ciò è stato possibile perché era una religiosità che prometteva un benessere materiale migliore, diverso. E quando così non è stato le donne e gli uomini ingannati da quella chimera sono stati capaci di seppellirla nelle voragini della storia. Le religioni "ispirate" da Dio invece promettono un "benessere virtuale", a posteriori, non verificabile, immateriale..... e sono sostenute ed alimentate dalla irrazionalità della storia. Del resto un'etica che debba valere universalmente per tutti i popoli della Terra non può che essere un'etica senza Dio, a meno di far confliggere tra loro i "diversi Dio" a cui i popoli del mondo credono. E anche quando è lo stesso Dio come nel caso del Cristianesimo, dell'Islam, dell'Ebraismo, la rivelazione, il messaggio è interpretato e vissuto diversamente, sia all'interno delle stesse religioni che in contrapposizione tra di loro, perché diverse sono le strutture umane di potere che ne sono derivate. Ma bisogna fare presto, il battello Terra si avvicina pericolosamente sempre più alla cascata del tempo oltre la quale il tempo non è più.

Intanto, mentre si discute e si adottano regole etiche universali occorre non stare fermi ma agire, cominciando a finanziare massicciamente **la ricerca** scientifica e tecnologica. Ad essa gli stati negli anni a venire dovranno destinare risorse finanziarie per non meno del 5% del proprio PIL. E le imprese in forma singola o associata, in funzione della loro dimensione, dovranno fare lo stesso, destinando non meno del 5 % dei loro ricavi a progetti coordinati di ricerca tecnologica. E a questo sforzo dovranno essere costrette a partecipare soprattutto le "imprese della finanza" che destineranno alla ricerca non meno del 10% dei loro ricavi. Oggi circa il 90% delle risorse finanziarie dell'intero pianeta sono utilizzate per scopi speculativi. Appena il 10% è destinato ad attività di produzione e lavoro. Occorre che si comprenda che è meglio lasciare ai propri figli una casa di meno ed un portafoglio titoli meno gonfio in un ambiente sano e vivibile piuttosto che castelli, palazzi e portafogli gonfi in una prospettiva di invivibilità ambientale. La sfida che

abbiamo davanti a noi è gigantesca, salvare noi stessi ed il pianeta nel quale viviamo. Non si possono certo lesinare risorse. E allora, all'importantissima ricerca di base da continuare a finanziare in modo sostenuto, si deve affiancare il finanziamento per la ricerca, lo sviluppo e la diffusione delle nototecnologie, delle reti neurali, della fotonica, della cibernetica, delle nuove branche delle scienze biologiche e delle scienze mediche, delle scienze della terra e dello spazio, delle tecnologie per il risparmio energetico, della riqualificazione e riutilizzo dei materiali già usati etc. etc. Insomma, occorre Ricerca, Ricerca, Ricerca.

### **Un ricordo personale, Fra Giuseppe Lazzaro**

Quand'ero ragazzo chiesi al mio insegnante di religione cosa fosse il **libero arbitrio**. Il compianto Fra Giuseppe Lazzaro dei Fratelli delle Scuole Cristiane, che era un fisico, ci pensò un pochino e poi mi diede la seguente spiegazione." Raffaele "- mi disse- "immagina di essere sulla cima di una montagna dalla quale domini con lo sguardo tutta la valle sottostante. In quella stessa valle v'è un fiume nel quale un battello trasporta i tuoi amici in gita. Tu che sei sulla cima della montagna puoi vedere con lo sguardo il presente il passato e il futuro della navigazione del battello. Vedi per esempio, che a qualche chilometro dal punto in cui si trova in quel momento il battello, v'è una grande cascata. Vorresti avvertire i tuoi amici, ti sbracci, urli, fai di tutto per avvertirli ma sei troppo lontano, non puoi riuscirvi. Cosa accadrà al battello? Si sfracellerà con tutto il suo carico sulle rocce sottostanti oppure si salverà? Dipenderà dagli occupanti il battello. Se costoro, i tuoi amici e l'equipaggio, si daranno ai bagordi non leggeranno alcun segnale premonitore che riveli il possibile pericolo, segnali quali l'aumento della velocità superficiale dell'acqua e quindi della corrente del fiume, il formarsi di mulinelli etc, il battello in questo caso continuerà la navigazione portando a distruzione il proprio carico. Viceversa, se i tuoi amici che sono sul battello interpreteranno correttamente e per tempo i segnali che annunciano un imminente pericolo, potranno far fare "macchine indietro tutta" e si salveranno. Come vedi

Raffaele, mi disse Fra Giuseppe Lazzaro, tutto dipenderà dal comportamento degli occupanti il battello, da loro e solo da loro. Il libero arbitrio è questo, decidere attraverso la consapevolezza e la conoscenza il proprio destino ” .  
Oggi quel battello si chiama Terra, i suoi passeggeri sono tutte le specie viventi e l’intera umanità. I timonieri di questo battello sono “pochi eletti”. I segni premonitori di un imminente possibile disastro sono evidenti e conosciuti. Riuscirà il battello Terra a fare “macchine indietro tutta” e a risalire la corrente del fiume del tempo? Ho dei dubbi, dei fortissimi dubbi.

## **Bibliografia**

Paul J. Crutzen, Benvenuti nell’Antropocene, Saggi Mondatori.

David Goodstein, Il mondo in riserva, Università Bocconi Editore.

Tim Flannery, I signori del clima, Corbaccio.

Thèodore Monod, L’avventura umana, Bollati Boringhieri.

Antonello Pasini, I cambiamenti climatici, Bruno Mondatori.

Antonello Pasini (a cura di), Kyoto e dintorni, Franco Angeli.

Eugenio Lecaldano, Un’etica senza Dio, Laterza.

Walter Graziano, Hitler ha vinto la guerra, Arcanalibri.

Brian Fagan, La lunga estate, Codice Edizioni.

William F. Ruddiman, Quando iniziammo ad alterare il clima in “Le Scienze”, 441, Maggio 2005, pp. 46-53.

E.J.Tarback - F.K. Lutgens – M. Parotto, Scienze della Terra, Principato

M. Alonso, E Finn, Elementi di Fisica per l’Università, Vol. 1 Meccanica, Edizione Bilingue, London: Addison-Wesley 1969

La fisica di Berkeley: Meccanica. Ed. Zanichelli.