WOLFGANG BEHRINGER

STORIA CULTURALE DEL CLIMA

DALL'ERA GLACIALE AL RISCALDAMENTO GLOBALE

La storia del mutamento climatico è la storia stessa dell'umanità

Bollati Boringhieri

3. *L'evoluzione del paleoclima dall'origine della Terra*

Il clima peculiare della Terra: i periodi interglaciali

Viviamo in un'era glaciale. La cosa può sorprendere se pensiamo all'attuale dibattito sul Riscaldamento globale. Per questo motivo, prima di considerare il clima attuale occorre conoscere meglio quello delle età più antiche della Terra: il *paleoclima*. In geologia le ere glaciali sono definite in base al fatto che ai Poli e sulle montagne più alte si formano dei ghiacciai. Nella storia del nostro pianeta ci sono state soltanto cinque ere glaciali: due nel *Precambriano* e due nel *Paleozoico*, la fase più antica del *Fanerozoico* o «era della vita visibile»; la quinta glaciazione è quella del Quaternario ovvero, secondo la terminologia più recente, del *Neozoico*, che è l'era in cui viviamo tuttora. Pertanto, anche se adesso fa sempre più caldo, ci troviamo pur sempre in un'era glaciale. Nella storia del nostro pianeta si tratta di un'eccezione, poiché per il 95% della sua storia sulla Terra non c'è stato ghiaccio permanente. Dal punto di vista statistico il clima peculiare della Terra è dato dai periodi interglaciali, nei quali faceva molto più caldo di oggi.

Più si risale indietro nella storia della Terra, maggiore diventa l'incertezza di qualunque affermazione sul clima. L'astrofisica ci dice che prima della nascita della Terra ci sarebbe stata, circa 14

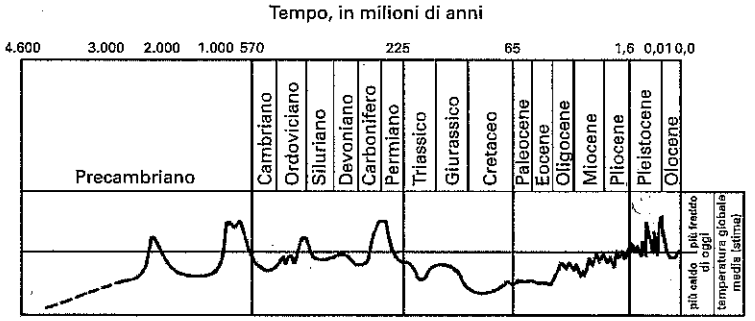

Figura 9
Il paleoclima dall'origine della Terra in poi: il più delle volte faceva molto più caldo di oggi, ma ci sono state anche cinque ere glaciali. In una di esse viviamo noi.

miliardi di anni fa, un'«esplosione originaria», da cui sarebbero sorte dapprima le galassie, 11 miliardi di anni fa, quindi, 9 miliardi di anni fa, le «nubi originarie» del nostro sistema solare. Un po' meno di 5 miliardi di anni fa questa «nube originaria» avrebbe cominciato a collassare. Sarebbe così iniziata la «caduta» della nostra stella centrale e dei suoi pianeti. Con la nascita della Terra comincia anche la storia del clima terrestre. E furono inizi caldi, anzi incandescenti. Non a caso l'età più remota del nostro pianeta è detta anche Adeano, da «Ade», l'inferno dell'antica Grecia.[42]

La geologia suddivide la storia della Terra in una successione di tempi organizzati gerarchicamente in eoni, ere, periodi, epoche e livelli.[43] I quattro eoni (*Adeano*, *Archeano*, *Proterozoico* e *Fanerozoico*) devono i loro nomi alle condizioni che offrivano, o non offrivano, alla vita sul pianeta. Nella fase formativa (*Adeano*) non c'era ancora un'atmosfera, sicché mancavano i presupposti per la vita sulla Terra. A causa dell'attività geotermica connessa alla formazione del pianeta, le temperature furono superiori a quelle di qualunque fase successiva nella storia della Terra. Esse scesero sotto i 100 °C al livello del suolo circa 4 miliardi di anni fa, a seguito della formazione della crosta terrestre. Poté quindi condensarsi l'acqua. Nacquero così la pioggia, i fiumi, i laghi e i mari. I sedimenti più antichi di cui si abbia notizia risalgono a 3,7 miliardi di anni fa.[44]

Nell'eone *Archeano* (ca. 3,8-2,5 miliardi di anni fa), a seguito di processi geofisici, probabilmente esalazioni vulcaniche, si formò l'*atmosfera primordiale*, il cui elevato contenuto di CO_2 limitò il *backscattering* della luce solare, aumentandone così l'assorbimento. Durante questo eone l'effetto serra permise una regolazione favorevole della temperatura. Con gli *archeobatteri* nacquero le prime forme di vita. A seguito della condensazione del vapore acqueo si formarono gli oceani e i continenti primordiali. I più antichi segni del ciclo dell'acqua si trovano in pietre che risalgono a 3,2 miliardi di anni fa. Il vapore acqueo fece sparire dall'atmosfera primordiale gran parte dell'anidride carbonica. Con la fotosintesi, iniziata 2,6 miliardi di anni fa, i cianobatteri (il termine «alghe azzurre» è ormai caduto in disuso) cominciarono a produrre ossigeno. L'atmosfera basata sull'anidride carbonica collassò e molti organismi anaerobici morirono: fu la prima estinzione di massa della storia

terrestre. Poi, circa 2 miliardi di anni fa, nel corso dell'*era glaciale arcaica* o *huronica*, la fine dell'effetto serra provocò un raffreddamento globale.[45]

In seguito, nel corso del *Proterozoico* (ca. 2,5-0,5 miliardi di anni fa), per quasi un miliardo di anni fece molto più caldo che in quasi tutte le epoche successive della storia della Terra. Ciò potrebbe essere dipeso da un nuovo effetto serra nell'involucro d'aria che ormai circondava la Terra, causato dalla presenza dell'ossigeno. In quest'epoca si formarono le prime piante con nucleo cellulare: dapprima, circa 1,4 miliardi di anni fa, erano solo organismi unicellulari, ma in seguito si formarono anche organismi pluricellulari a corpo molle.[46] I fossili più antichi ci permettono di conoscere il clima di questo terzo eone, alla fine del quale la temperatura subì di nuovo un forte calo, che portò al periodo più freddo della storia terrestre. A seguito della rottura del continente primordiale *Rodinia*, vastissime masse di terra si raccolsero nella regione equatoriale. Le rocce, prive di piante, aumentarono l'effetto albedo. L'abbassarsi della temperatura provocò la formazione di ghiaccio ai Poli, il che a sua volta retroagì sulla temperatura.[47] Si arrivò così al congelamento completo della Terra, che vista da fuori doveva presentarsi come una palla di neve, o di ghiaccio (*Snowball Earth*). Queste condizioni causarono, circa 650 milioni di anni fa, la seconda estinzione di massa della storia terrestre. La storia della vita sulla Terra fu nuovamente prossima alla fine.[48]

Le cinque estinzioni di massa del Fanerozoico

Le cinque estinzioni di massa della storia terrestre spesso citate nella letteratura (*the Big Five*) si riferiscono tutte al *Fanerozoico*. Questo eone, caratterizzato da forme di vita complesse, abbraccia soltanto il 10% della storia della Terra, e arriva fino a oggi. È suddiviso in tre «ere»: l'antichità della Terra (*Paleozoico*, a partire da ca. 600 milioni di anni fa),[49] il Medioevo terrestre (*Mesozoico*, l'epoca dei sauri, a partire da ca. 250 milioni di anni fa)[50] e infine l'era moderna della Terra (*Neozoico* o *Cenozoico*, l'epoca dei mammiferi, a partire da ca. 65 milioni di anni fa).[51]

Non sappiamo esattamente perché, alla fine dell'*era glaciale neoproterozoica*, alla vita fu data un'altra chance. A liberare la Terra dalla morsa del ghiaccio potrebbero esser state delle esplosioni vulcaniche, che, trasportando nell'atmosfera grandi quantità di CO_2, avrebbero generato un nuovo effetto serra. La vita diventò nuovamente possibile. Circa 570 milioni di anni fa, durante il *Cambriano* (600-510 milioni di anni fa), cominciò l'esplosione delle forme di vita con cui ebbe inizio il Fanerozoico.[52] Nel Cambriano, che ha lasciato una grande abbondanza di fossili (conchiglie, spugne, granchi, chiocciole, infine i primi vertebrati), non troviamo alcun indizio della presenza di ghiaccio sulle calotte polari. In tutto il mondo il clima era molto caldo, e rimase più caldo di oggi per un periodo di circa 400 milioni di anni. Durante il periodo *Ordoviciano* (510-438 milioni di anni fa), il numero delle specie viventi si moltiplicò. La forma di vita prevalente erano i nautilidi, ovvero gli antenati

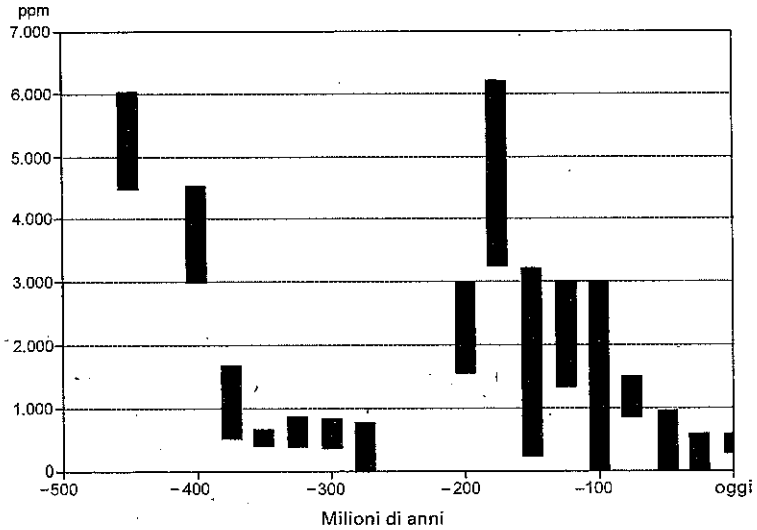

Figura 10.
Un altro colpo alla favola del clima costante: non è vero che la concentrazione di CO_2 fosse costante prima del riscaldamento globale; negli ultimi 500 milioni di anni essa ha subito variazioni notevoli anche senza l'intervento dell'uomo.

Invece alle latitudini più meridionali le difficoltà maggiori, per gli animali di grossa taglia, non vennero dall'aumento della temperatura, ma da quello dell'umidità. Gli esemplari che si sono conservati nel permafrost siberiano rivelano lo svantaggio del mammut nella selezione naturale: il suo mantello era estremamente delicato, in quanto il mammut, come l'elefante odierno, non aveva ghiandole sebacee che gli consentissero di mantenere unto il pelame. Durante l'era glaciale tale caratteristica non aveva avuto alcuna importanza, ma ora essa divenne un grosso svantaggio. Il pelo del mammut assorbiva molta umidità dall'aria e faceva fatica ad asciugarsi. E un mammut sudato non può che affogare nelle paludi e nei pantani – dove infatti sono stati trovati gli esemplari che si sono conservati congelati. Invece nei buoi muschiati l'aumento della temperatura favorisce l'insorgere di malattie influenzali e polmoniti, spesso letali. Si calcola che la densità degli animali di grossa taglia si sia ridotta del 99% a seguito del mutamento climatico. Tutto ciò peraltro non spiega come abbiano fatto i grandi mammiferi a sopravvivere nei precedenti intervalli tra le glaciazioni. In effetti il *periodo interglaciale Riss-Würm* non fu certo meno caldo dell'Olocene. Forse, allora, a giocare il ruolo decisivo fu proprio la comparsa dei nuovi uomini, con le loro affinate tecniche di caccia.[17]

2. *Riscaldamento globale e civilizzazione*

«L'uomo compare nell'Olocene», ha detto lo scrittore svizzero Max Frisch (1911-1991)[18] – ma abbiamo visto che gli uomini, in realtà, furono «figli dell'era glaciale». Piuttosto si potrebbe dire, con Stephen H. Schneider e Randi Londer, che fu il Riscaldamento globale dell'*Olocene* a rendere possibili i «climi propizi alla civiltà».[19] In effetti, sebbene possa suonare strano in un contesto dominato dalla discussione sul Riscaldamento globale, è innegabile che le civiltà superiori poterono formarsi solo grazie al Riscaldamento globale dell'Olocene. Il termine «Olocene» fu coniato nel 1885, al Congresso internazionale dei geologi, per dare un nome al «periodo recentissimo», dal punto di vista geologico, degli ultimi

diecimila anni, che si differenziano dall'era glaciale per un clima più mite.[20] Rispetto alla storia culturale l'Olocene costituisce, in effetti, un'unità a sé, in quanto vi comparvero alcune forme completamente nuove di cultura umana. Iniziò lo sviluppo verso la civiltà così come la conosciamo per esperienza diretta.

Nell'Olocene l'*Homo sapiens sapiens* cominciò a intervenire in maniera massiccia sulla natura, trasformandola in un paesaggio culturale. All'inizio di questo periodo si svilupparono, in alcune regioni favorite, l'agricoltura e l'allevamento degli animali. I cacciatori nomadi fondarono insediamenti stabili. Durante la «Rivoluzione neolitica» – cioè nel corso del radicale mutamento nel modo di vivere che ebbe luogo all'inizio dell'«Età della pietra nuova» (*neolithicum*) – ebbero inizio la produzione mirata degli alimenti, grazie a tecniche di conservazione e preparazione del cibo, e la costruzione delle case. Si svilupparono così società più articolate e stratificate che in passato e sorsero le città, che costituirono il nucleo delle prime civiltà evolute, cioè delle cosiddette «civilizzazioni antiche». La popolazione mondiale, che partiva dai cinque milioni di unità stimati per l'inizio dell'Olocene, cominciò ad aumentare.[21]

Prime costruzioni templari nell'età d'oro del periodo di Allerød

Nell'intervallo tra l'ultima grande glaciazione e il *periodo postglaciale dell'Olocene* il clima era secco e freddo, ma con qualche intervallo più caldo. Nel corso del *periodo di Allerød*, così chiamato dal nome di un sito in Danimarca, circa 12 000 anni fa (cioè intorno al 10 000 a.C.) le foreste ricominciarono a estendersi, grazie all'aumento sensibile della temperatura e dell'umidità. La cultura del Magdaleniano si estese verso nord, differenziandosi al proprio interno. Particolarmente significativo appare un accampamento con abitazioni rotonde di 6-8 metri di diametro, che venivano riscaldate da focolari all'aperto collocati su lastre di pietra. I tetti, di forma sferica, si reggevano su montanti obliqui e molto probabilmente erano fatti di crine, come pure le «pareti». Per cuocere si usavano pietre roventi, che venivano collocate in apposite fosse scavate nel terreno. Le case erano abitate solo in alcune stagioni,

paesi, ad esempio nei parlamenti costituzionali o durante la Rivoluzione del 1848.

La Rivoluzione industriale e lo sfruttamento delle energie fossili

Il concetto di *Rivoluzione industriale*, comparso negli anni quaranta dell'Ottocento, indica uno stravolgimento radicale nella storia dell'umanità, che molti accostano, per importanza, alla «Rivoluzione neolitica», cioè al passaggio dalla caccia all'agricoltura. In entrambi i casi si può parlare di rivoluzione, perché entrambe, pur avendo avuto inizio solo a livello locale, si diffusero poi in tutto il mondo e cambiarono la vita degli uomini in maniera così radicale da rendere inimmaginabile il ritorno alla condizione precedente.

Già prima l'industria non si basava sul lavoro manuale di singoli individui. I mulini ad acqua e a vento furono sfruttati a fini industriali fin dall'Alto Medioevo. Nella produzione tessile esistevano mulini per pestare, per follare, per macinare il gualdo (*Isatis tinctoria*) e per filare il refe di seta (*Filatorium*); in quella del metallo si impiegavano martelli di ferro e mulini per trattare i minerali, per molare e per tendere fili metallici.[7] Non a caso il termine inglese per «mulino», *mill*, con la Rivoluzione industriale venne a indicare, in Inghilterra, l'attività di fabbrica in genere.[8] Già prima del 1750 centinaia di persone lavoravano con i mulini industriali, nelle manifatture e nelle attività minerarie. Cionondimeno la Rivoluzione industriale rappresentò un salto qualitativo nello sviluppo della produzione, sia perché la produttività aumentò rapidamente, sia perché la maggiore divisione del lavoro permise di produrre merci meno care. Con l'industrializzazione iniziò a prendere forma la moderna *società dei consumi*, in cui anche le persone comuni possono vestirsi e nutrirsi come si deve.

E fu di nuovo in Inghilterra, la patria della libertà di pensiero, che si rese possibile il *transfer* dalle scienze all'economia. Abbiamo già considerato il ruolo pionieristico che l'economia rurale inglese ebbe nella *Rivoluzione agraria*.[9] Ora occorre ricordare il ruolo pionieristico dell'industria. La Rivoluzione industriale segnò il passaggio dalla società agricola a quella industriale, in quanto l'industria occupò una quota sempre maggiore di popolazione. Fin dall'inizio

del XVIII secolo alcuni imprenditori inglesi, come Thomas Newcomen (1663-1729), avevano sperimentato delle *macchine a vapore*, che furono poi brevettate, nel 1769, da James Watt (1736-1819). Da quel momento le macchine azionate da una forza prodotta artificialmente fecero il loro ingresso nell'industria. Come combustibile si usava, oltre al legno, il carbone, che permetteva di raggiungere temperature più alte. Dato che nelle Isole britanniche molti boschi erano stati abbattuti fin dall'antichità e poi di nuovo nella prima età moderna per costruire le navi, fu il *carbon fossile* a ricoprire, fin dall'inizio, il ruolo principale nell'impiego delle macchine a vapore. A causa della mancanza di legname, il carbone veniva impiegato anche per riscaldare le abitazioni. Per questo fin dal XVII secolo ebbe inizio lo sfruttamento sistematico delle energie fossili. Così, quando cominciò la vera industrializzazione, in Inghilterra si era abituati all'odore di carbone già da parecchio tempo. Comunque l'estrazione del carbone subì un'impennata. Inoltre il carbon fossile, o coke, era utilizzato anche nella lavorazione del ferro; con il procedere dell'industrializzazione fu necessario disporre di quantità sempre maggiori di ferro e acciaio.[10]

Contro un'opinione molto diffusa occorre dire che la Rivoluzione industriale non prese le mosse dalle macchine a vapore. Solo in un secondo tempo essa si appropriò di questa nuova invenzione. In Inghilterra il settore-guida della Rivoluzione industriale fu l'industria tessile, in particolare quella cotoniera. Questa vi era stata introdotta nel 1585, quando alcuni tessitori di cotone erano emigrati in Inghilterra da Anversa, che allora era sotto l'assedio dell'esercito spagnolo. La materia grezza veniva importata dai paesi del Mediterraneo. Ma ancora nel XVII secolo la produzione di cotone in tale area geografica era talmente contenuta che la maggior parte dei tessuti di cotone che si vendevano allora a Londra provenivano dall'India. Ma nel 1700, dopo che anche in Nordamerica si era iniziato a coltivare il cotone, le importazioni dall'Asia furono vietate per legge. In un primo tempo i tessuti di cotone furono prodotti con il sistema dell'anticipazione: gli imprenditori procuravano la materia prima ai tessitori, i quali a loro volta facevano lavorare per proprio conto dei filatori. In tal modo si sviluppò una accentuata divisione del lavoro, che è tipica della fase della *protoindustrializzazione*.

Il processo produttivo cominciò a cambiare quando John Kay, nel 1733, inventò la «navetta volante» (*fly shuttle*). Sempre negli anni trenta del Settecento fu inventato anche il filatoio meccanico, che, combinato con diverse altre macchine, poteva esser azionato da un motore. Secondo i suoi inventori, la macchina avrebbe funzionato sfruttando la forza dei cavalli, dell'acqua o del vento e il suo impiego sarebbe stato ottimale in un *mill* (cioè in una fabbrica). Le prime fabbriche, fatte costruire a tal fine da Richard Arkwright (1732-1792), furono il luogo di nascita della moderna produzione di massa. Già nel 1789 in Inghilterra erano in funzione 2,4 milioni di filatoi meccanici e quasi ovunque essi erano azionati dalla forza dell'acqua, che permetteva di contenere i costi. Il gran numero di macchine impiegate nell'industria tessile generò un'enorme domanda di componenti in legno e in metallo, che dovevano essere prodotte secondo procedure standard. Era nata l'industria meccanica.[11]

La macchina a vapore diventa un motore per tutti gli usi

James Watt registrò il suo primo brevetto nello stesso anno di Richard Arkwright, ma ci vollero circa due decenni perché le prime macchine a vapore facessero il loro ingresso negli *Arkwright Mills*. Nel frattempo la macchina a vapore di Watt era diventata un motore adatto a tutti gli usi. Cionondimeno nel XVIII secolo e ancora all'inizio del XIX, la maggior parte delle fabbriche continuò a funzionare con la forza naturale dell'acqua. Non solo l'impiego dell'acqua era più economico; ma, oltre a ciò, fino agli anni venti dell'Ottocento i mulini ad acqua, che erano fatti di legno, rimasero più efficienti delle macchine a vapore. A partire dal 1800, invece, il boom dell'industria metallurgica rese le macchine a vapore più convenienti e affidabili e ciò ne favorì la diffusione.

Già dai tempi di Thomas Newcomen le macchine a vapore erano state impiegate principalmente nelle miniere di carbone, in cui fino alla fine del XVII secolo l'unico mezzo per pompare via l'acqua era stato la forza muscolare, in particolare i mulini azionati da cavalli. Le pompe a vapore di Newcomen funzionavano molto meglio, sicché non fecero fatica a imporsi. Intorno al 1780 se ne contavano già quasi un migliaio. Ai proprietari delle miniere non importava

che, per funzionare, le nuove macchine consumassero molto carbone; e si capisce, visto che la materia prima – a differenza del fieno per i cavalli – da loro non mancava. Essi non erano neppure interessati al più efficiente sfruttamento dell'energia offerto dalla macchina a vapore di Watt. Watt andò addirittura in fallimento per mancanza di domanda e fu salvato da un produttore di ferramenta, Matthew Boulton (1728-1809). La ditta *Boulton & Watt* trasformò i proprietari delle miniere di stagno e di rame in propri clienti, cioè fece sì che essi dovessero a loro volta acquistare del carbone. Il successo arrivò quando Watt riuscì a convertire il movimento lineare della barra dei pistoni in un movimento circolare. La strada verso la macchina di uso universale era aperta.

Intorno al 1800 la meccanizzazione si estese alla lavorazione del ferro e infine anche all'attività mineraria. C'era bisogno di quantità sempre maggiori di bulloni, dadi, ruote dentate, barre, binari e attrezzi vari, che ormai non potevano più essere costruiti in maniera artigianale. Per stare al passo con una lavorazione dei metalli sempre più specializzata nacque l'industria delle macchine utensili. La produzione di beni di massa rese necessarie nuove capacità di trasporto, cui si fece fronte dapprima con la costruzione di canali, poi con il completo rivoluzionamento delle vie di traffico: ebbe così inizio l'era delle macchine a vapore mobili, cioè le navi a vapore sull'acqua e le ferrovie su terra. La produzione di queste macchine, accanto a quella delle armi, moltiplicò il fabbisogno di ferro e di combustibile. Fu la seconda grossa spinta al processo di industrializzazione. I nuovi mezzi di trasporto permisero un forte aumento delle esportazioni di prodotti tessili e quindi la produzione in questo settore.[12]

La Rivoluzione industriale mise l'Inghilterra al centro dell'economia mondiale. In breve tempo, comunque, sorsero distretti industriali anche fuori dall'Inghilterra: in Scozia, in Belgio, nella Francia del Nord, in Renania e in Vestfalia, in Slesia e in Sassonia, in Svizzera, in Boemia e in Ungheria, nel bacino di Vienna, nell'Italia del Nord e nel Nordest degli Stati Uniti. Queste regioni industriali, che sono le più antiche d'Europa e d'America, sono ancora oggi tra i centri dell'economia mondiale, sebbene nel corso del XX secolo il numero dei concorrenti sia aumentato.[13] L'ascesa dei motori a vapore alimentati a carbone cominciò nella prima metà del XIX secolo.

sili – prima o poi si esauriranno. Il merito del Club di Roma consiste nell'aver richiamato l'attenzione, in maniera convincente, sulla finitezza delle risorse naturali. Di gas serra non si parlava ancora.

2. *La scoperta del Riscaldamento globale*

Le prime teorie sui gas serra

Se ancora negli anni sessanta si sentiva mormorare qualcosa circa i pericoli di una nuova glaciazione che si riteneva imminente, bastò un decennio perché si scoprisse il Riscaldamento globale. Ma sarebbe meglio dire «riscoprisse», poiché già all'inizio del XIX secolo il fisico francese Jean-Baptiste Joseph de Fourier (1768-1830) si era chiesto su che cosa si basassero le temperature della Terra. Fourier riconobbe l'importanza dell'atmosfera terrestre, che paragonò a una sorta di serra, dato che essa trattiene una parte del calore che arriva sulla Terra con i raggi solari. Fu invece il fisico irlandese John Tyndall (1820-1893) a scoprire, nel 1859, i cosiddetti gas serra. Tyndall stabilì che l'ossigeno e l'azoto, le componenti principali dell'aria, lasciano passare i raggi solari, mentre l'anidride carbonica no e che è proprio per questa ragione che la Terra è in grado di riscaldarsi, rendendo così possibile la vita. Tyndall intravide anche la possibilità di servirsi di questo effetto per spiegare le oscillazioni climatiche della storia della Terra. Pensava soprattutto alle grandi ere glaciali, che erano state scoperte proprio allora e che erano argomento di controversia tra gli scienziati. Secondo Tyndall, la diminuzione della quantità di vapore acqueo nell'atmosfera aveva ridotto l'effetto serra, e in tal modo aveva provocato le ere glaciali.[28]

Nel 1896 Svante August Arrhenius (1859-1927), futuro premio Nobel per la chimica, richiamò l'attenzione sul problema dell'aumento delle emissioni di anidride carbonica dovuto all'industrializzazione. Come Tyndall, anche questo professore di Stoccolma era più interessato a spiegare le ere glaciali che non ad avanzare tetre prognosi sul futuro.[29] Poco tempo prima il geologo inglese James Croll aveva sviluppato una teoria del *feedback*. La crescita dei ghiacciai aumenterebbe la rifrazione della luce solare nello spazio, provocando in tal modo un ulteriore abbassamento della temperatura, che a sua volta comporterebbe un mutamento dei venti e delle

correnti oceaniche. Croll aveva scoperto l'*effetto albedo* e per questa via giunse a elaborare modelli climatici complessi. Una volta cominciata, questo il succo del discorso, un'era glaciale si autoalimentava. Arrhenius, da parte sua, calcolò che cosa sarebbe successo se la quantità di CO_2 presente nell'atmosfera si fosse dimezzata e arrivò alla conclusione che la temperatura sarebbe diminuita di 5° C. Poteva sembrare poca cosa, ma non era così, dato che gli effetti di feedback scoperti da Croll avrebbero potuto ingenerare una spirale verso il basso.[30]

Prima dell'invenzione del computer o anche solo dei calcolatori, effettuare calcoli complessi era un lavoro estenuante. Arrhenius chiese a un collega se riteneva possibile immaginare grossi cambiamenti nella composizione dell'atmosfera. Arvid Högbom per prima cosa calcolò quanta CO_2 veniva prodotta nei processi domestici e industriali di combustione del carbone. Non era certo gran cosa rispetto alla quantità presente in natura, ma col tempo sarebbe potuta aumentare. Arrhenius fece dei calcoli anche su questo punto e giunse alla conclusione che un raddoppiamento della quantità di anidride carbonica presente nell'atmosfera avrebbe fatto salire la

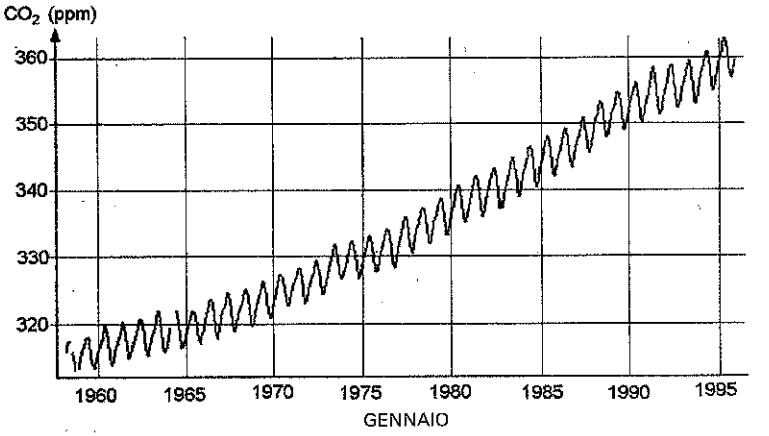

Figura 38
Un'icona della climatologia: la curva di Keeling. Per la prima volta fu reso evidente l'aumento di anidride carbonica nell'atmosfera. Dagli anni sessanta la curva viene costantemente aggiornata sulla base di ulteriori misurazioni.

temperatura sulla Terra di 5-6 °C. Tale prospettiva, tuttavia, non lo inquietò affatto. Un po' di caldo in più non avrebbe fatto male alla Scandinavia. Del resto egli pensava che per dar luogo a sviluppi di tale portata ci sarebbero volute alcune migliaia di anni. Arrhenius condivideva con la sua epoca un forte ottimismo nei confronti della tecnica. Allora si credeva che l'inventività degli ingegneri avrebbe risolto qualsiasi problema, aprendo la via a un futuro migliore e più giusto. Per Arrhenius quello da lui elaborato era solo un modello teorico, un gioco mentale. Per questo egli non si considerò mai lo scopritore del *Global Warming*.[31]

Più o meno nello stesso periodo in cui Arrhenius metteva a punto i suoi calcoli, la Piccola era glaciale giunse al termine. Il Tamigi gelò per l'ultima volta, dopo di che le temperature salirono un po' ovunque. Fu allora che Milanković sviluppò la sua spiegazione dei cambiamenti climatici, basata sulle oscillazioni dell'orbita terrestre. Negli anni trenta una siccità dalle conseguenze catastrofiche colpì le regioni del Sud degli Stati Uniti, fino a scatenare il *Dust Bowl*. In seguito a tali avvenimenti, anche Oltreoceano si cominciò a seguire con interesse il trend della temperatura. Nel 1938 Guy

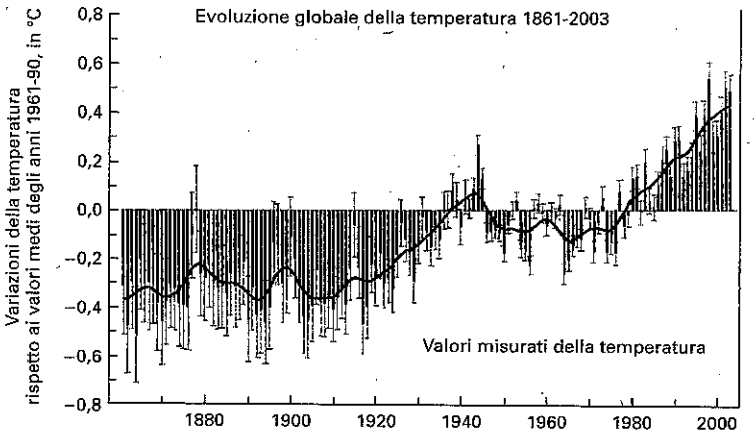

Figura 39
Dalla Piccola era glaciale al Riscaldamento globale. Fin dagli anni novanta dell'Ottocento si è registrato un aumento della temperatura, interrotto soltanto da un periodo freddo tra il 1945 e il 1975.

Steward Callendar tornò a studiare il Riscaldamento globale.[32] Nel 1956 Gilbert Plass, servendosi di un modello climatico, fu il primo scienziato a sostenere, sulla base di calcoli, la «teoria del legame tra anidride carbonica e mutamento climatico».[33] Nel 1957 fu indetto l'Anno Internazionale della Geofisica, che negli anni seguenti favorì il progresso di tale disciplina e della climatologia. In tale occasione Charles Keeling presentò una serie di misurazioni condotte nell'arco di più anni. Tale serie lo rese famoso. Con i suoi rilevamenti Keeling intendeva dimostrare che la concentrazione di CO_2 nell'atmosfera è sottoposta a oscillazioni stagionali. In tal modo veniva illustrato, per così dire, il ritmo annuale con cui la biosfera inspira ed espira. Come base per le sue misurazioni Keeling scelse *Mauna Loa*, nell'arcipelago delle Hawaii, cioè una località che, lontana dalle metropoli e dai continenti, prometteva di fornire dei risultati non condizionati dall'inquinamento ambientale. Contrariamente alle attese, si vide che sul ritmo annuale si sovrapponeva un secondo tipo di evoluzione e cioè una tendenza costante all'aumento della concentrazione di CO_2 nell'atmosfera. Oggi la «curva di Keeling», che mostra in modo esemplare l'arricchimento dei gas serra nell'atmosfera, è un'icona della climatologia.[34]

All'inizio dei rilevamenti effettuati da Keeling, la concentrazione di CO_2 era di circa 315 ppm (parti per milione), ma entro il 1970 essa era già salita a 325 ppm e nel 1980 a 335. Da allora le misurazioni vengono ripetute costantemente, in modo da fornire l'evidenza del fatto che la concentrazione di questo gas serra nell'atmosfera non cessa di crescere. I valori continuano a salire: nel 1995 si era a 360 ppm, e nel 2005 si è stabilito il nuovo record mondiale di 380 ppm, pari allo 0,038% del totale. Qualcuno ha anche cercato di determinare l'arricchimento di CO_2 su una scala temporale più ampia. Per l'anno 1870, cioè verso la fine della Piccola era glaciale, è stato calcolato un valore di 290 ppm, ma sulla correttezza di tale stima ci sono alcune riserve.[35]

«Global Cooling»: il timore di una nuova era glaciale

L'evoluzione delle temperature, tuttavia, non è avvenuta secondo le previsioni. Stando alla «teoria della serra», negli anni sessanta avrebbe dovuto fare più caldo, ma le cose sono andate in

maniera opposta. È vero che le temperature erano salite di 0,6 °C tra il livello minimo del 1880 e il 1940, però poi, per qualche motivo, questo processo ha ceduto il passo a quello inverso. Poiché dopo il 1940 le temperature non hanno mai cessato di diminuire, nessuno prestava più attenzione alle teorie e ai calcoli del *Global Warming*.[36] In effetti ci si trovava di colpo di fronte a un processo che nessuno aveva messo nel conto e che appariva assai più pericoloso: un processo di raffreddamento globale della durata di diversi anni, il *Global Cooling*.[37]

Fu così che, all'inizio degli anni sessanta, ci si interrogò sulla possibilità di un ritorno delle glaciazioni. L'idea di un riscaldamento dalle conseguenze drammatiche sembrava contraddetta da tutti i rilevamenti, oltre che da quel che si poteva vedere con i propri occhi. A dare il via al dibattito furono le ricerche del climatologo J. Murray Mitchell, dello US Weather Bureau. Mitchell aveva confrontato i valori climatici di quegli anni con quelli relativi agli esperimenti atomici, da un lato, e con quelli relativi alle esplosioni vulcaniche, dall'altro. Egli notò che la polvere sollevata dall'esplosione delle bombe atomiche rimaneva nello stesso emisfero. Comprese anche che la polvere vulcanica presente nella stratosfera poteva provocare, per molti anni, l'abbassamento della temperatura in tutto il mondo. Eppure ciò non aveva impedito il riscaldamento dei primi decenni del XX secolo, né poteva servire a spiegare la tendenza al raffreddamento che aveva caratterizzato la metà del secolo. L'abbassamento delle temperature medie in tutto il mondo era superiore ai margini di una variazione casuale. Nelle sue ricerche Mitchell aveva davanti agli occhi la fluttuazione climatica del *Dryas recente*, che era stata scoperta solo qualche anno prima. Durante tale periodo, circa 12 000 anni fa, le temperature erano diminuite di 10 °C nel giro di pochi anni. La conseguenza era stata un'era glaciale durata un millennio. Stava per accadere di nuovo qualcosa del genere?[38]

Negli anni sessanta i climatologi erano ossessionati dall'idea che una nuova glaciazione fosse imminente. Lo facevano pensare i risultati delle ricerche ecologiche più recenti, ma non solo: la crescita dei ghiacciai in tutto il mondo fece sì che la *glaciologia* divenisse una sottodisciplina a sé stante. Nello stesso periodo, appositi

esperimenti condotti ai due Poli permisero di mettere a punto il metodo del carotaggio del ghiaccio, grazie a cui si scoprì non solo che le ere geologiche erano caratterizzate dall'alternarsi di glaciazioni e periodi caldi, ma che anche all'interno della glaciazione ancora in atto c'erano periodi più o meno freddi – i *Periodi glaciali* e *interglaciali*. In tale prospettiva parve strano che l'Interglaciale dell'Olocene durasse tanto: circa 10 000 anni, ovvero tanti quanti quelli dei periodi interglaciali di tutto il Quaternario, mentre i restanti 90 000 anni del ciclo di Milanković erano stati contraddistinti da un freddo più o meno intenso. Grazie a una rete internazionale di stazioni di rilevamento, inoltre, si poteva affermare con certezza che negli ultimi due decenni le temperature medie erano diminuite. Tutto ciò non doveva forse far pensare che il periodo caldo fosse giunto al termine e che il mondo stesse per cadere in una nuova glaciazione?

Nel 1972 un gruppo di glaciologi si incontrarono alla Brown University per discutere dell'imminente fine dell'attuale *Interglaciale* e dell'arrivo di una nuova glaciazione. La grande maggioranza degli esperti concordò nell'affermare che i periodi interglaciali di norma sono brevi e finiscono bruscamente. Basandosi anche sui cicli di Milanković, essi sostennero che «senza alcun dubbio, la fine naturale del nostro Periodo interglaciale è alle porte». L'indizio più importante era il raffreddamento delle regioni polari, particolarmente sensibili dal punto di vista climatico. I principali climatologi erano d'accordo anche su un altro punto: «L'attuale *raffreddamento globale*, che ha posto fine alla tendenza calda degli anni quaranta, è ancora in atto». Se ne concludeva che, se l'umanità non fosse riuscita a ostacolare il processo del Raffreddamento globale, l'Olocene aveva le ore contate.[39]

Alla ricerca delle cause antropiche del raffreddamento

Nel tentativo di spiegare il *Global Cooling* non ci si accontentò di individuarne le possibili cause naturali, ma si cercò anche di trovarne le ragioni «antropiche». Ci si accorse che l'industrializzazione aveva provocato l'inquinamento dell'aria e che l'uso di motori a combustione per il trasporto individuale era aumentato

3. *Reazioni al mutamento climatico*

La climatologia e il «Global Warming» nell'agenda internazionale

L'introduzione del GEMS diede i suoi frutti. Dai dati raccolti in tutto il mondo risultò che l'abbattimento di vaste aree forestali, la combustione delle fonti di energia fossili e lo sfruttamento sempre più intensivo dei terreni stavano aumentando, anno dopo anno, il contenuto di CO_2 nell'atmosfera. Al fine di valutare tali risultati, nel 1988 fu organizzata, a Toronto, la Prima Conferenza internazionale sul clima. In quella sede non ci si stancò di segnalare i pericoli connessi al *Global Warming* e all'aumento di CO_2 e altri gas serra nell'atmosfera e nella Dichiarazione conclusiva dei lavori si chiesero misure adatte a contrastare tale tendenza. Sempre nel 1988, l'UNEP (United Nations Environment Programme) e la WMO (World Meteorological Organization) fondarono, su incarico dell'ONU, il Gruppo Intergovernativo sul Cambiamento Climatico (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC), con sede a Ginevra, al fine di riunire tutte le iniziative a favore della climatologia e della protezione ambientale sparse per il mondo.[57] Compito dell'IPCC non è condurre ricerche sul clima, bensì redigere, ogni cinque anni, una relazione esauriente, trasparente, imparziale e su cui ci sia consenso, sui progressi della climatologia e sullo stato delle conoscenze relative alle conseguenze climatiche delle attività umane. Già la prima Relazione dell'IPCC, pubblicata nel 1990, destò molta attenzione.[58]

Non tutti gli scienziati, tuttavia, erano d'accordo nel ritenere che fosse iniziata una nuova tendenza di lunga durata. C'erano pur sempre ghiacciai che non si scioglievano o che addirittura si ingrandivano a causa delle precipitazioni più abbondanti. La glaciologia diventò una questione politica. Negli Stati Uniti si produsse uno squilibrio sempre più marcato tra i climatologi e l'opinione pubblica liberale, da un lato, e il governo del quarantunesimo Presidente, George Herbert Walker Bush (n. 1924, 1989-1993), dall'altro. La neofondata US Environmental Protection Agency, vicina alle posizioni governative, si attestò su posizioni contrarie a quelle della più accreditata US Academy of Sciences. L'atteggiamento nei confronti di ambientalisti e climatologi migliorò quando entrò in

carica il quarantaduesimo presidente, Bill Clinton (n. 1946, 1993-2001), anche perché alcune iniziative a favore dell'ambiente furono promosse dallo stesso vicepresidente, Albert «Al» Gore (n. 1948).[59] Ancora a metà degli anni novanta c'erano opinioni molto contrastanti riguardo all'esistenza stessa del Riscaldamento globale, oltre che sulle sue cause; apocalittici e scettici si fronteggiavano in maniera esasperata.[60]

Il primo rapporto dell'IPCC pose le basi per la «Conferenza delle Nazioni Unite sull'Ambiente e lo Sviluppo», che si svolse nel 1992 – il cosiddetto «Summit della Terra» di Rio de Janeiro, cui presero parte 10 000 delegati da 178 stati. Uno dei cinque documenti licenziati al termine della Conferenza fu la «Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici» (*United Nations Framework Convention on Climatic Change*), che entrò in vigore il 21 marzo del 1994. Questa convenzione rappresenta una svolta nella politica sul clima, in quanto è il risultato di un accordo internazionale. I paesi che l'hanno sottoscritta hanno dichiarato la propria disponibilità a proteggere il sistema climatico della Terra a favore della generazione attuale e di quelle future, in modo da salvaguardare l'accesso alle risorse alimentari, permettere alle specie viventi di adattarsi in maniera naturale al mutamento climatico, consentire uno sviluppo economico capace di durare. A tale scopo i firmatari si sono impegnati a ridurre o limitare la produzione di gas serra, con l'obiettivo di stabilizzare i gas serra al livello del 1990 entro la fine del decennio.

Nel 1995, dopo che la Convenzione Quadro era entrata in vigore, gli stati aderenti si riunirono di nuovo a Berlino (*Conference of Parties*, COP 1). Qui fu deciso che le direttive di Rio non erano sufficienti e che la responsabilità maggiore per la protezione dell'ambiente spettava agli stati industrializzati. Una commissione fu incaricata di elaborare, in capo a due anni, una serie di direttive e scadenze concrete per la riduzione delle emissioni di gas serra. Il secondo Rapporto dell'IPCC fu quindi discusso alla seconda Conferenza di aggiornamento, tenutasi a Ginevra nel 1996 (COP 2).[61] Per la prima volta i rappresentanti dei governi riconobbero l'esistenza di un «influsso dell'uomo sul clima globale». In seguito, in occasione della terza Conferenza di aggiornamento (COP 3), tenuta nel

dicembre del 1997 a Kyoto, fu compiuto il passo finora più grande verso una limitazione delle emissioni di gas serra sancita dal diritto internazionale.

Nel *Protocollo di Kyoto* gli stati firmatari si sono impegnati a ridurre, entro il 2008-2012, le emissioni di anidride carbonica e altri gas serra del 5,2% rispetto al 1990. Alcuni partecipanti, come India e Cina, facendo valere la loro arretratezza nello sviluppo industriale, non hanno accettato alcuna limitazione. L'Unione Europea, invece, si è imposta l'obiettivo di una riduzione dell'8%, gli Stati Uniti e il Giappone del 7%, il Canada del 6%. In base alla considerazione che i gas serra diffondono i loro effetti in tutto il mondo, gli stati industrializzati che hanno superato il limite loro imposto possono comprare il diritto a inquinare dai paesi in via di sviluppo che invece non hanno raggiunto la quota massima loro assegnata. Fu deciso che il Protocollo di Kyoto sarebbe entrato in vigore non appena lo avessero ratificato 55 stati responsabili, complessivamente, della produzione del 55% di tutta l'anidride carbonica di origine umana (secondo i dati del 1990).[62] Ma per arrivare alla ratifica ci volle più tempo del previsto.

Il rapporto IPCC del 2001

Nel 2001 il Gruppo Intergovernativo sul Cambiamento Climatico (IPCC) ha pubblicato, in conformità al suo statuto, il terzo Rapporto sullo stato della ricerca climatologica (*Third Assessment Report*). Esso si basa sul lavoro di 426 esperti, i cui risultati sono stati verificati da 440 supervisori, in due tornate, e controllati da 33 «editori». Non esiste una pubblicazione scientifica cui partecipi un numero di esperti paragonabile a questo. L'IPCC è composto sia da scienziati che da rappresentanti dei governi, tra cui anche quelli degli Stati Uniti (lo stato che consuma più petrolio al mondo) e dell'Australia, che non hanno siglato il Protocollo di Kyoto. Anche l'Arabia Saudita (il maggior produttore di petrolio) e la Cina (il maggior consumatore di carbone) hanno potuto esporre le loro perplessità su talune formulazioni. La circostanza è importante, visto che i rapporti dell'IPCC devono essere approvati all'unanimità.

Essi, del resto, godono di buona reputazione proprio perché sono il risultato di un compromesso politico tra posizioni diverse.[63]

In allegato al Rapporto del 2001 c'era una relazione supplementare con alcuni scenari relativi al corso delle emissioni. Si tratta di quaranta diversi modelli di sviluppo economicamente plausibili, che arrivano alla fine del XXI secolo. La variante più ottimistica suppone un aumento contenuto delle emissioni di CO_2, che sarebbe seguito da un calo progressivo, fino ad arrivare a una frazione dei valori attuali. All'altro estremo sta un modello di calcolo che ipotizza un valore di emissioni di CO_2 quadruplo rispetto a quello odierno entro il 2100. Queste proiezioni parlano di un aumento di CO_2 nell'atmosfera, per quella data, fino a 540-970 ppm. Tuttavia

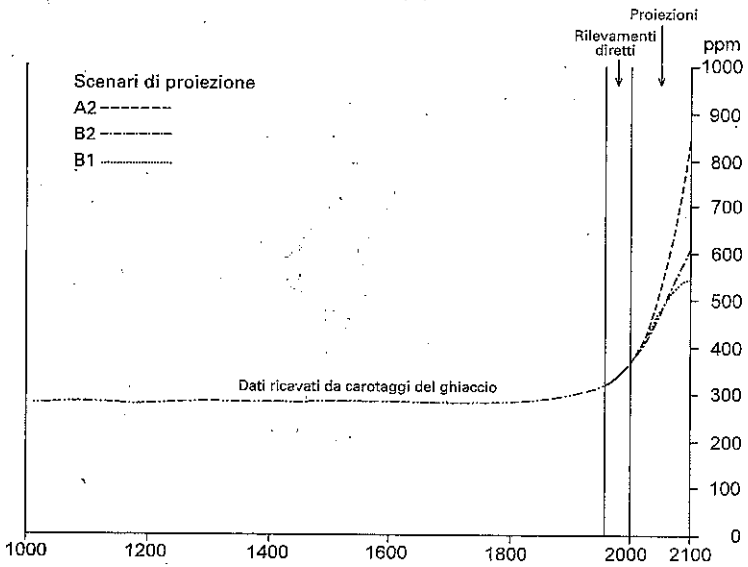

Figura 40
Un piccolo giallo riguarda il «bastone da hockey» contenuto nel Rapporto dell'IPCC del 2001: se la temperatura è determinata dalla percentuale di CO_2 presente nell'atmosfera, e se prima della Rivoluzione industriale tale percentuale si assestava sui 280 ppm, come si spiegano le oscillazioni della temperatura nell'ultimo millennio? È sbagliata l'ipotesi? O lo sono i dati rilevati? Oppure le statistiche sono state falsificate per rendere più drammatico lo scenario del mutamento climatico?

tali valori potrebbero peggiorare ulteriormente in caso di feedback negativo degli oceani e della biosfera. Tradotti in gradi Celsius, tali modelli significano che la temperatura media dovrebbe aumentare da 1,4 fino a 5,8 °C.[64] Secondo alcuni climatologi, persino queste proiezioni sarebbero troppo ottimistiche. Ad esempio, i rappresentanti del Potsdamer Institut für Klimafolgenforschung ritengono del tutto inverosimile un riscaldamento di «soli» 2 °C (il livello più basso nelle proiezioni dell'IPCC), che peraltro è proprio quanto l'Unione Europea si è posta come obiettivo. A loro avviso è possibile che la temperatura aumenti anche di 8-9 °C.[65]

Come che sia, anche prendendo l'ipotesi migliore avremmo un riscaldamento molto maggiore di quelli verificatisi negli ultimi secoli. In tutto il XX secolo, ad esempio, l'aumento globale della temperatura è stato di 0,6 °C ed è improbabile che il riscaldamento avvenuto durante l'*optimum* romano o l'Interglaciale del Basso Medioevo abbia superato il valore di 1-2 °C. Abbiamo visto quali conseguenze siano state provocate da queste variazioni, che pure furono relativamente contenute. Gli effetti di un Riscaldamento globale di 6 °C sarebbero di portata tale, che a stento ce li possiamo immaginare. Per questo il terzo Rapporto dell'IPCC delinea un quadro più drammatico rispetto ai suoi predecessori. Esso, inoltre, insiste con maggior veemenza sulla tendenza al Riscaldamento globale e sulle responsabilità politiche degli inquinatori. Infine, il ruolo dell'uomo in quanto causa del riscaldamento vi viene esplicitamente confermato, anzi esso viene messo al primo posto rispetto alle variazioni naturali.[66]

Indizi di una nuova consapevolezza

Anche in seguito al Rapporto dell'IPCC 2001, il «processo di Kyoto» prese nuovo slancio fino alla conferenza successiva, svoltasi a Marrakesh nel 2001 e ciò nonostante gli Stati Uniti avessero annunciato che ne sarebbero usciti. Nelle elezioni presidenziali non si era imposto – come molti speravano – l'ambientalista Gore, bensì George W. Bush, rappresentante dell'industria del petrolio e degli armamenti. Fu subito chiaro che tra le priorità della politica americana non ci sarebbe stata la riduzione delle emissioni di gas

serra. Anche perché dopo l'attentato terroristico al World Trade Center di New York, nel settembre del 2001, al primo posto degli obiettivi politici degli Stati Uniti balzò la lotta al terrorismo internazionale. Tuttavia il processo di Kyoto andò avanti e rapidamente. L'Islanda ratificò il Protocollo il 23 maggio del 2002 e fu il cinquantacinquesimo stato a farlo. Anche il Presidente russo Vladimir Putin, dopo trattative prolungate, decise di compiere questo passo, il 18 novembre 2004. Tre mesi dopo, il 16 febbraio 2005, il *Protocollo di Kyoto* entrò in vigore. A quel punto era stato sottoscritto da 141 stati, che rappresentavano l'85% della popolazione mondiale. La Conferenza degli stati firmatari, tenutasi a Montreal nel novembre-dicembre del 2005 (COP 11), con circa 10 000 delegati e osservatori da 188 paesi, fu la prima dopo l'entrata in vigore del Protocollo. Fu quindi la prima Conferenza degli stati firmatari (*Meeting of the Parties of the Protocol*, MOP 1). Essa diede il via alle trattative riguardanti le misure a difesa dell'ambiente da adottare dopo il 2012.

Le trattative internazionali in materia di protezione dell'ambiente offrono uno degli esempi più interessanti di processo decisionale gestito dalla società mondiale, che in tal modo arriva a pensare a se stessa come soggetto politico. Un accordo internazionale di tale portata può essere paragonato soltanto alle trattative che avvengono in seno alle Nazioni Unite, oppure al processo di integrazione dell'Unione Europea. Tuttavia, il fatto che gli Stati Uniti, il maggior produttore di CO_2 del mondo, si siano rifiutati di firmare il documento di Kyoto, ha fatto sorgere qualche dubbio sull'utilità dell'accordo raggiunto.[67] Inoltre ci sono altri stati, tra cui Cina, Australia, Arabia Saudita e il gruppo dei paesi in via di sviluppo che, per ragioni diverse, sono contrari a sottoscrivere una proroga del Protocollo oltre il 2012. Ad ogni modo, la Conferenza di Montreal ha aperto la strada alle trattative su tale questione. Il Presidente della Conferenza, il ministro canadese dell'Ambiente Stéphane Dion, ha detto che il «piano d'azione di Montreal» (*Montreal Action Plan* – il MAP del MOP) intende guardare al futuro. Nonostante gli Stati Uniti avessero già dichiarato la loro intenzione di uscire dagli accordi, alla fine della Conferenza il loro capo delegazione si è comunque mostrato disponibile a un dialogo strategico.

solare a un'altezza di 15 km, facendola così ritornare nello spazio. Da quando tale proposta è stata appoggiata dal premio Nobel Paul Crutzen, si discute seriamente di come portare polvere di solfato nella stratosfera servendosi di palloni, razzi o cannoni, così da ridurre l'effetto serra. Secondo i calcoli di Crutzen, per inquinare artificialmente la stratosfera occorrerebbero cinque milioni di tonnellate di polvere di solfato all'anno, pari a un costo di 50 dollari per ogni abitante dei paesi industrializzati. Il velo di zolfo che si verrebbe a creare in questo modo non danneggerebbe la nostra esperienza della natura: avremmo ancora tramonti dai colori vistosi, soltanto un po' più pallidi del solito – un prezzo non così alto, in fondo, per mantenere la temperatura ambientale e il clima nelle condizioni in cui sono ora.[86]

Come c'era da aspettarsi, simili incursioni di stampo tecnocratico non hanno trovato grandi consensi presso coloro che ritengono che il Riscaldamento globale sia in gran parte opera dell'uomo. Ciò vale anche riguardo ad altre proposte stravaganti; come quella di fertilizzare col ferro il plancton degli oceani, in modo da rimuovere CO_2 dal ciclo del carbonio, o di compiere rimboschimenti massicci su vaste superfici o di creare piante geneticamente modificate in grado di trattenere quantità maggiori di carbonio. O come l'idea di spedire nello spazio enormi specchi, o di irrigare i deserti per ridurre l'albedo. Schnellnhuber e Rahmstorf hanno definito simili proposte d'intervento della tecnologia su scala planetaria come dei tentativi di *manipolare il sistema-Terra*.[87] L'idea di affidare il clima del mondo agli esperimenti di un qualche Frankenstein ha suscitato un forte malessere, dato che è chiaro che ogni insuccesso avrebbe conseguenze di enorme portata.[88] Basti pensare a quanto assurde ci appaiono ora, a distanza di appena una generazione, le proposte avanzate negli anni settanta per contrastare il presunto raffreddamento globale.

6.

Epilogo: peccati contro l'ambiente ed effetto serra[1]

Una nuova religione: l'interpretazione del clima

Dopo il passaggio dell'uragano *Katrina* sugli Stati Uniti, l'attivista verde Robert F. Kennedy jr., nipote dell'ex presidente, ha scritto che il governatore dello stato del Mississippi, Harley Barbour, andava considerato corresponsabile di quanto era accaduto.[2] Sarebbe stato lui, infatti, a spingere il nuovo presidente, George W. Bush, con cui aveva collaborato durante la campagna elettorale, a lasciare senza seguito la politica ambientale di Bill Clinton. Barbour, portavoce degli interessi dell'industria petrolifera, avrebbe indotto Bush a non sottoscrivere il Protocollo di Kyoto e a non tener conto di quanto la scienza andava dicendo da tempo a proposito dei mutamenti climatici. Ma uno studio pubblicato sulla rivista «Nature» da alcuni ricercatori del Massachusetts Institute of Technology (MIT) avrebbe dimostrato che la frequenza di uragani distruttivi dipenderebbe dal riscaldamento del pianeta provocato dall'uomo. La dipendenza degli Stati Uniti dal petrolio avrebbe portato non solo alla disastrosa guerra in Iraq, ma anche a *Katrina* e tale catastrofe darebbe un'idea del caos climatico che stiamo per lasciare in eredità ai nostri figli. In conclusione il nipote di John F. Kennedy ha citato come testimone chiave un fondamentalista cristiano: «Pat Robertson, un'icona del Partito repubblicano, nel 1998 disse che gli uragani avrebbero colpito soprattutto le città e le comunità che *Dio vuol punire per i loro peccati*. Forse è stato proprio il promemoria di Barbour a indurre Katrina a lasciare New Orleans e a risparmiare il massimo della sua forza distruttiva per la costa del

Mississippi».[3] Siamo nel XXI secolo, ma la metafora della vendetta divina per i peccati commessi dagli uomini non è stata ancora dimenticata.

L'idea di *peccati contro l'ambiente*, che ci riporta all'economia dei peccati del Tardo Medioevo e delle prima età moderna, non è un'espressione scientifica, ma una metafora religiosa. Essa compare persino nelle pubblicazioni di alcuni scienziati di chiara fama, ad esempio in un contributo del geologo Richard B. Alley sui mutamenti climatici avvenuti nel passato. In realtà ci sono sempre stati cambiamenti repentini e proprio Alley ne ha descritto uno, vale a dire il raffreddamento repentino del *Dryas recente*. Ma subito dopo egli ha ritenuto di dover aggiungere la seguente glossa: «Gli esperti non sanno bene che cosa causi simili stravolgimenti. Tuttavia è abbastanza sicuro che i *peccati contro l'ambiente*, come la produzione massiccia di gas serra, aumentino il rischio di cambiamenti climatici improvvisi e duraturi».[4] Eppure oggi non disponiamo di alcuna definizione esatta di che cosa siano i «peccati contro l'ambiente», neppure nelle pubblicazioni che recano tale espressione nel titolo.[5] È chiaro che qui non ci troviamo più sul terreno della scienza, ma su quello della religione. Dal punto di vista teologico ogni trasgressione di un comandamento divino è un peccato, che come tale merita di essere punito. Nelle società antiche denunciare le infrazioni della legge era compito dei sacerdoti. Oggi sembra che tale compito sia stato assunto dai climatologi.

La favola dell'equilibrio perduto con la natura

Accanto all'idea del peccato contro la Creazione c'è un'altra figura concettuale che gioca un ruolo rilevante nell'argomentazione odierna: è la favola dell'«equilibrio della natura» o, se si preferisce, dell'«equilibrio climatico». James E. Hansen, direttore del Goddard Institute for Space Studies della NASA e professore allo Earth Institute della Columbia University, scrive che il Riscaldamento globale starebbe portando il bilancio energetico della Terra fuori «dal suo equilibrio».[6] Ora, Hansen ha semplicemente dimenticato di aggiungere quando, a suo avviso, il clima sarebbe stato in equilibrio. Ha forse in mente, come Ellsworth Huntington, il clima

mite della costa orientale degli Stati Uniti, che avrebbe favorito l'attecchimento di civiltà superiori? Neppure nel corso dell'*Olocene* il clima è rimasto costante. Negli ultimi cinque miliardi di anni, cioè dalla nascita della Terra, il clima è sempre cambiato e sarà così anche in futuro. Pertanto si potrebbe anche dire che esso è sempre in equilibrio, nel senso che tutti i fattori climatici interagiscono tra loro, per cui il risultato *per definitionem* non può che essere uno stato di equilibrio.

L'immagine dell'equilibrio ci trasporta nell'ambito delle *metafore mediche*, che godono di particolare favore presso climatologi e giornalisti.[7] La natura si ammalerebbe a causa di una presunta disarmonia al suo interno, proprio come, secondo la medicina di Galeno, la salute consisterebbe in uno stato di equilibrio tra i quattro umori contenuti nel corpo. Due fisici, che hanno ricoperto diverse funzioni di coordinamento all'interno dell'IPCC, affermano ad esempio che si può paragonare il riscaldamento degli ultimi anni

Figura 43
Un incubo per gli apocalittici: i problemi climatici diventano oggetto di conversazioni mondane e non allarmano più nessuno.

con la febbre: la temperatura aumenta, le precipitazioni globali pure e così anche le situazioni meteorologiche estreme; anche il livello del mare sale, seppur lentamente. In questo caso l'immagine della malattia serve anche a riassumere un'argomentazione assai articolata: «L'osservazione più importante compiuta dall'IPCC è la seguente: la malattia nota come "mutamento climatico" proseguirà e avrà effetti sia vantaggiosi, sia dannosi per i sistemi ecologici e socio-economici».[8]

Dunque la Terra è malata e ha bisogno di un dottore. Soffre di una «malattia climatica», caratterizzata da uno squilibrio dei suoi umori e da febbre alta – o meglio da una temperatura appena più alta della norma, ma con la prospettiva, secondo i dottori, che la febbre peggiori. Che una metafora come questa assomigli molto a una sciocchezza grossolana, non è sfuggito al curatore del dossier *La Terra nella serra*. Il quale infatti in una nota redazionale si scusa come segue: «La comprensione dei fatti della scienza vive di immagini, paragoni, metafore. [...] Tuttavia ogni immagine comporta un pericolo. Le metafore possono essere incomplete, fuorvianti, esagerate e possono far trarre conclusioni sbagliate, o indurre a semplificare in maniera eccessiva. [...] Occorre cautela nell'uso dei paragoni. Ciò vale anche per la "malattia climatica" del pianeta Terra. Sebbene le immagini possano aiutare la comprensione – resta che la realtà è molto più complessa di come la si presenta».[9]

L'«Antropocene»

Nel 2000 il premio Nobel olandese Paul Crutzen (n. 1933), già direttore dell'Istituto Max-Planck di Chimica a Magonza, noto per le sue ricerche sulla chimica dell'atmosfera e sul buco nell'ozono, ha sostenuto che il clima è stato talmente influenzato dall'uomo, da rendere impossibile parlare ancora di un periodo climatico «naturale». Da quando è cominciata la Rivoluzione industriale – Crutzen ne fissa l'inizio con l'invenzione della macchina a vapore, nel 1784 – l'uomo, producendo gas serra e, in particolare, CO_2, avrebbe trasformato l'atmosfera terrestre a tal punto che ormai sarebbe il caso di parlare di una nuova epoca. L'Olocene sarebbe terminato e al suo posto sarebbe subentrata una nuova era, interamente plasmata

dall'uomo: l'*Antropocene* (in inglese *Anthropocene*).[10] L'ipotesi di Crutzen fa leva sulla considerazione che raramente i periodi intermedi sono durati più di 10 000 anni. Il concetto di *Antropocene* implica l'idea che l'uomo avrebbe messo fuori tempo il precedente ritmo «naturale». Ciò spiegherebbe perché al posto del raffreddamento stiamo vivendo un nuovo riscaldamento.

L'idea di un clima creato dall'uomo è stata presto esasperata in una direzione che ha sorpreso anche il suo autore. Secondo William F. Ruddiman, dell'Università della Virginia a Charlottesville, il ciclo naturale sarebbe stato messo fuori tempo molto prima, con la scoperta dell'agricoltura. Sulla base dei risultati di alcuni carotaggi effettuati nel ghiaccio, Ruddiman ha scoperto che sono stati questi interventi a modificare la percentuale di metano presente nell'atmosfera. L'influsso dell'uomo sul clima sarebbe quindi ben più antico. Stando a questa interpretazione, fino a circa 8000 anni fa la percentuale di metano avrebbe seguito l'intensità dell'insolazione secondo le previsioni di Milanković. Il metano (CH_4) è prodotto in grande quantità dalle aree paludose, sicché nei periodi caldi e umidi se ne produce di più rispetto a quelli secchi e freddi. Una volta concluso il periodo di massimo termico dell'Olocene, ci si sarebbe aspettati una diminuzione della presenza di metano nell'atmosfera, con un'accelerazione circa 5000 anni fa. Invece nelle carote di ghiaccio si trova solo una piccola ammaccatura, seguita da un nuovo aumento. Ruddiman ritiene anche di aver scoperto alcune irregolarità nella percentuale di CO_2 presente nell'atmosfera. In ciò egli vede la prova del fatto che almeno dal Mesolitico gli uomini hanno tolto alla natura il controllo del clima.

I disboscamenti di vaste aree dell'Eurasia e dell'America, compiuti incendiando la vegetazione, e in particolare l'avvio della coltivazione del riso in Asia orientale, come pure l'allevamento sistematico di bestiame, avrebbero liberato nell'aria grandi quantità di gas traccia, arricchendone in tal modo l'atmosfera. La regolazione dell'acqua ottenuta per mezzo della costruzione di dighe e sbarramenti, inoltre, avrebbe prodotto immense paludi artificiali a carattere stagionale. Ruddiman ha quantificato in un aumento anche di 2 °C l'effetto climatico delle azioni compiute dall'uomo nel corso dei millenni, fino al Basso Medioevo. Tali conseguenze sarebbero

state in parte «mascherate» da una tendenza globale al raffreddamento. Dimostrare questa tesi è difficile, come lo è confutarla. In sintesi si potrebbe dire che per Ruddiman l'Olocene è fondamentalmente identico all'Antropocene.[11]

A prima vista la tesi per cui il clima sarebbe stato influenzato dall'uomo fin dall'inizio dell'Olocene appare assurda, perché 10 000 anni fa l'entità della popolazione mondiale era molto piccola rispetto a oggi, essendo stimata a circa 7,5 milioni di persone. Nel corso dei successivi otto millenni essa crebbe fino a 300 milioni.[12] D'altra parte è vero che in questo lasso di tempo, pur con mezzi tecnici molto semplici, fu messo in atto un cambiamento enorme della superficie del pianeta. I dissodamenti e le coltivazioni eliminarono buona parte delle foreste europee fin dall'Età del bronzo e lo stesso vale per l'Africa del Nord, per il Vicino e l'Estremo Oriente e per alcuni territori del Nordamerica, dove i contadini indiani prosciugarono le paludi in grande stile – il che però contrasta con la tesi dell'aumento di metano. La trasformazione radicale della superficie della Terra costituì un enorme esperimento climatico, poiché mutò l'albedo e la composizione dell'atmosfera.

Nella sua risposta a Ruddiman, Crutzen ne ha accolto i suggerimenti, giungendo così ad affinare la propria argomentazione. In fondo, ha scritto, non fa differenza quando è cominciato l'Antropocene, se 8000 o 5000 anni prima di Cristo. In effetti dopo la Rivoluzione neolitica l'umanità ha modificato l'ambiente come mai prima. Però è altrettanto chiaro che da duecento anni, cioè con la Rivoluzione industriale, l'influsso dell'uomo è tornato ad aumentare molto rapidamente; gli effetti non si sono notati subito, c'è voluto un po' di tempo. Da allora la popolazione mondiale si è moltiplicata fino ad arrivare a 6 miliardi; ed è probabile che prima d'ora sulla Terra non ci siano mai stati 1,4 miliardi di bovini. Un'altra cesura netta sarebbe da collocare intorno al 1950. Da allora l'influsso dell'uomo avrebbe trasformato la natura in proporzioni prima inimmaginabili. Si stima che alla fine del XX secolo il 30-50% dell'intera superficie del pianeta era stata modificata per mezzo dei disboscamenti, dell'agricoltura, dell'allevamento e dell'urbanizzazione. Certamente l'uomo era intervenuto sull'ambiente e sul clima anche prima della metà del XX secolo, ma solo da

quel momento, si sostiene, egli avrebbe dominato il sistema-Terra (*Earth System*) in tutte le sue componenti – atmosfera e terra, oceani e zone costiere. La stessa cosa varrebbe anche per il clima. L'agricoltura intensiva, l'utilizzo di concimi azotati e la combustione di energie fossili libererebbe nell'atmosfera più gas serra di quanto sarebbe stato possibile ad opera dei soli processi naturali. Volendo dunque costruire un modello dell'Antropocene suddiviso per livelli, un primo livello inizierebbe con la Rivoluzione neolitica, un secondo con la Rivoluzione industriale, un terzo infine con l'«accelerazione molto sostenuta», dopo il 1950 circa, di una serie di mutamenti del sistema-Terra. Un quarto livello potrebbe cominciare con il XXI secolo; c'è da sperare che esso non sia più caratterizzato dal saccheggio delle risorse naturali e dall'inquinamento dell'ambiente, ma da un atteggiamento responsabile nei confronti del sistema-Terra, dal controllo della crescita demografica e da una gestione consapevole dell'ambiente.[13]

L'estensione del concetto di Antropocene proposta da Ruddiman ha spostato l'attenzione dai fenomeni più irritanti del nostro presente a una discussione della storia umana nel suo complesso. In tal senso è servita a impedire che la discussione si cristallizzasse su delle prognosi insicure di quanto potrebbe accadere in futuro. Essa inoltre ha provocato un vivace dibattito sull'inizio del Riscaldamento globale.[14] Ci si è anche chiesti se l'aumento dei gas serra avvenuto in tempi lunghi, cioè a partire dall'introduzione dell'agricoltura, abbia impedito già in un passato abbastanza remoto che l'umanità scivolasse verso una nuova glaciazione.[15] Nel corso di tale dibattito si è capito che si tratta di una questione talmente fondamentale da non poter essere accantonata facilmente.[16]

Protezione della natura o protezione dell'uomo?

Tanto la storiografia quanto la climatologia hanno tratto un grande impulso dall'atterraggio sulla Luna del 1969. Fu allora, infatti, che la fragilità della Terra divenne visibile. Da quel momento la protezione della natura e dell'ambiente ha acquisito un'importanza sempre maggiore, assumendo anzi il carattere di una vera e propria industria. Le associazioni e le istituzioni ambientaliste

lavorano sulla base di campagne di sensibilizzazione che, quanto a professionalità, non sono seconde a quelle delle multinazionali. In particolare, a partire dagli anni novanta il timore del Riscaldamento globale ha rimpiazzato i precedenti, come quello per la *Moria dei boschi* o quello per il *Buco nell'ozono*. Ora, per la prima volta, alla sbarra non è più solo l'industria, ma ogni consumatore finale. In pratica ogni abitante della Terra è colpevole: il boscimano sudafricano, che incendia la savana per cacciare o per guadagnare terreno coltivabile, e il *fazendero* argentino, i cui manzi producono metano, il coltivatore di riso a Bali e il banchiere cinese, che fa i suoi affari in uno studio dotato di aria condizionata.

Quando, in questo contesto, si parla di protezione del clima o dell'ambiente, occorre aver ben presente di che cosa si tratta. La Terra esiste da cinque miliardi di anni e ci sono molte ragioni per ritenere che essa continuerà a esistere indipendentemente da ciò che gli uomini le fanno. La scala dei possibili mutamenti va dal Pianeta infernale e rovente («eone adeano») fino allo scenario della Palla di neve (*Snowball Earth*). Negli ultimi miliardi di anni della sua esistenza, per la maggior parte del tempo sulla Terra ha fatto più caldo di adesso. Solo negli ultimi milioni di anni il clima è diventato più variabile, cioè a volte è molto più caldo di adesso, altre volte – e ciò avviene più spesso – è molto più freddo. E ogni mutamento climatico ha delle conseguenze per la vita sulla Terra. Ma la natura non è un sistema morale. Alcune specie di piante e di animali prosperano quando fa più caldo, altre quando fa più freddo; alcune hanno bisogno di maggiore umidità, altre di minore umidità. Rispetto alla natura tutti i cambiamenti dell'ecosistema sono neutrali, perché ciò che danneggia una specie offre dei vantaggi a un'altra. Chi vorrebbe ergersi a giudice su questo?

Gli sforzi tesi a proteggere la natura sono di segno conservatore: gli ambientalisti non vogliono preservare la «natura», ma una forma abituale di natura, cioè una condizione ecologica che è «naturale» né più né meno di ogni altra. Quando si parla di «protezione della natura», ciò che interessa davvero non è la natura, ma il benessere dell'uomo. In ciò c'è anche una certa incoerenza, come si può vedere dal fatto che la maggior parte degli abitanti dell'Europa centrale, pur temendo gli effetti del Riscaldamento globale, decidono

di trascorrere le vacanze in paesi caldi, per sfuggire al freddo e alla pioggia di casa propria. Il ritorno della natura, ad esempio sotto forma di «Bruno», l'orso che nell'estate del 2006 girovagava per i boschi tra Germania e Austria, di solito produce reazioni di rifiuto nei diretti interessati. Le cose non stanno diversamente con il clima. Il parolone «protezione del clima» serve solo a nascondere la paura di fronte al cambiamento. In realtà nelle regioni finora svantaggiate, come i Poli e i territori di alta montagna, si diffonderà un'enorme varietà di specie. Quelle iperspecializzate, per contro, si estingueranno. Non è una questione di morale, ma di evoluzione.

Con ciò non si vuole contestare, si badi, la necessità di proteggere la natura. Ma bisogna chiarire che cosa dev'essere protetto, e perché. Che la protezione delle specie debba avere una priorità maggiore rispetto alla loro scomparsa, dovrebbe risultare evidente a chiunque. Tuttavia è lecito chiedersi se gli orsi polari siano una specie a rischio a causa del riscaldamento o a causa dello sfruttamento dell'Artide da parte di attività umane come l'agricoltura, l'industria e la costruzione di insediamenti. Da lontano, stando al sicuro, è facile deplorare che non si possa impedire né l'una né l'altra cosa. Ma laggiù un orso polare che si aggira vicino ai cassonetti non è meno pericoloso di quanto lo fosse Bruno nel giardino di casa. Gli animali dell'Artide saranno minacciati allo stesso modo degli animali dell'Africa o dell'Amazzonia. Per garantire la loro sopravvivenza fuori dai giardini zoologici, in coesistenza con insediamenti umani sempre più estesi, c'è bisogno di progetti seri e ben meditati.

La lotta all'inquinamento dell'aria ha senso anche a prescindere dalla questione se i gas di scarico producono un effetto serra o gli aerosol contribuiscono al raffreddamento. Tuttavia, in presenza di una densità della popolazione molto alta, spostare questo o quell'insediamento non sarà facile come nel Neolitico, anzi non mancherà di provocare conflitti. Per questo la comunità mondiale ha interesse a contenere i mutamenti climatici entro certi limiti. Essa deve prepararsi a una grande trasformazione del clima (*adaptation*), ma al tempo stesso deve impedire che essa sia troppo grossa (*mitigation*). Non ha alcun senso voler contrapporre una strategia all'altra, come talvolta accade.[17]

Una sfida per il XXI secolo: la politica climatica

È trascorsa una generazione da quando è iniziata la ricerca su questo tema e ormai tra gli scienziati c'è ampio consenso intorno all'esistenza del Riscaldamento globale, come pure riguardo alle sue cause antropiche.[18] Le differenze di opinione iniziano quando si cerca di interpretare tale scoperta. L'«ecologia ottimistica» proposta da James Havelock con la sua *ipotesi di Gaia*, secondo cui la Terra, al pari di una dea, saprebbe sempre regolare in maniera automatica il suo termostato naturale,[19] non incontra più alcun favore. Tuttavia alcuni climatologi sono ancora dell'avviso che ci stiamo dirigendo verso una nuova glaciazione. Il geologo Richard B. Alley si è chiesto se la Piccola era glaciale, il periodo più freddo degli ultimi 10 000 anni, non sia stata che il primo passo verso una grossa glaciazione, in quanto finora nessuno dei periodi interglaciali è durato più di 10 000 anni.[20] Da simili considerazioni qualcuno ha concluso, in maniera non proprio *politically correct*, che il riscaldamento antropogenico in realtà è una benedizione, poiché se non ci fosse precipiteremmo in una nuova era glaciale. D'altra parte, se è vero che il riscaldamento non si limita a superare la media delle temperature in un periodo relativamente lungo, ma addirittura compensa un raffreddamento latente, vien da pensare che esso sia ancor più grave del previsto.

La maggior parte dei ricercatori considera il Riscaldamento globale come *il* problema delle generazioni future. A tal fine la politica quotidiana non ha bisogno di sapere con esattezza quanta parte l'uomo abbia in tali fenomeni. Prima di tutto occorre lavorare sulle cause del riscaldamento e prendere le dovute precauzioni rispetto alle sue conseguenze. Molte delle misure che si possono attuare non sono troppo costose e hanno senso indipendentemente dai mutamenti climatici. Tra queste possiamo citare la cancellazione delle forme nascoste di sovvenzione alla combustione delle fonti di energia fossili, la riduzione dei gas di scarico dannosi per la salute, la protezione di boschi e foreste, il miglioramento delle tecniche di isolamento termico. Alcune di queste misure non vanno necessariamente lasciate in mano ai governi o alle organizzazioni internazionali, ma possono essere attuate anche a livello regionale e locale, e

persino dalle singole aziende e dai privati. Molte città statunitensi l'hanno capito e hanno cominciato a implementare una propria politica climatica in opposizione alle direttive provenienti da Washington. D'altra parte è anche vero che gli interventi più semplici ed economici hanno anche un'efficacia più limitata. Appare quindi urgente coordinare su un piano internazionale tutte le misure a difesa del clima. Il confronto con simili trattative servirà alla comunità internazionale a prepararsi ad affrontare una stagione in cui potrebbero rendersi necessarie misure ancor più incisive.[21]

Come ci insegna il caso della Piccola era glaciale, basterà un aumento relativamente piccolo della temperatura per cambiare in maniera profonda le nostre condizioni di vita. Ridurre l'aumento di anidride carbonica resta pertanto una priorità, in modo da riuscire quantomeno a stabilizzare le emissioni in tutto il mondo a un livello fisso, anche se alto. Il Consiglio Scientifico del Governo Federale Tedesco sui Cambiamenti Ambientali Globali (*Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen*, WBGU) ha fissato tale livello a 450 ppm, che corrisponde a un aumento globale della temperatura media al suolo di circa 2 °C. Al di sotto di tale soglia non si prevedono grandi catastrofi. Al di sopra, invece, non si pongono quasi limiti alla fantasia.[22] La politica si trova quindi davanti a una sfida e le cose non sono certo rese più facili dal fatto che i problemi non possono essere risolti sul piano degli stati nazionali. Ma se è vero che gli esseri umani stanno già influenzando il clima del sistema-Terra, allora essi devono trovare risposte comuni a tali sfide. *Challenge and Response*: con queste categorie Arnold Toynbee provò a inquadrare l'ascesa e il declino delle civiltà nei suoi *Panorami della storia*[23] ed esse hanno senso ancora oggi. Il mutamento climatico è la sfida della nostra generazione. Da come risponderemo dipenderà non il benessere del mondo, ma il nostro.

La Terra si sta consumando – non ancora

In un libro che inizia con la nascita del sistema solare vien quasi spontaneo cercare di dare una conclusione ultima. Sulla scala geologica la storia umana appare davvero breve: che cosa sono 30 000 anni rispetto a cinque miliardi? E cosa sono le tre generazioni su cui

facciamo i nostri piani per il futuro rispetto ai cinque miliardi di anni che i geologi concedono ancora al nostro pianeta? L'Istituto di Ricerca sulle Conseguenze Climatiche di Potsdam (Institut für Klimafolgenforschung) ha proposto la "scaletta" che segue: in 800 milioni di anni circa la temperatura media sale a 30 °C, ma con valori di CO_2 molto inferiori non solo agli attuali, ma anche a quelli dell'ultima era glaciale. A questo punto tutte le forme di vita superiori si estinguono. In circa 1,25 miliardi di anni la temperatura dovrebbe arrivare a 40 °C, per raggiungere i 70 °C in 1,6 miliardi di anni. Non è più possibile la fotosintesi e la vita, così come la conosciamo, perde il suo fondamento. Sui continenti non restano che rocce nude. Non appena la temperatura media oltrepassa il punto di ebollizione dell'acqua, gli oceani si seccano. Con temperature ancora superiori ha fine la tettonica a placche. Tra 3,5-6 miliardi di anni, la stella centrale del nostro sistema solare si sarà gonfiata a tal punto che le temperature sulla Terra supereranno i 1000 °C. L'atmosfera si dissolverà, le rocce fonderanno. Il nostro pianeta finirà come è iniziato: un inferno rovente.[24]

Non siamo ancora a questo punto. Anzi, a confronto con dimensioni simili, stiamo parlando di un riscaldamento modesto. La storia culturale del clima è piena di esempi in cui il peggior nemico della civiltà ora è il caldo, ora il freddo. Il caso della Piccola era glaciale ci ha mostrato come bastino anche piccole variazioni della temperatura media per determinare conseguenze pesanti. In ciò fortuna e sfortuna non sono equamente ripartite. Mentre in Italia fioriva la civiltà del Rinascimento, in Groenlandia morivano i vichinghi. Nell'estate del 2003, la più calda del secolo, in Francia migliaia di anziani sono morti per disidratazione o surriscaldamento. Con una prevenzione migliore lo si sarebbe potuto evitare: in Austria, Germania e in Svizzera non si sono registrate conseguenze tanto gravi. Quegli stessi giorni, così caldi, non avevano nulla di terribile se si stava in spiaggia o si poteva usare l'aria condizionata. Il Riscaldamento globale richiederà un po' di adattamento e comporterà alcuni cambiamenti. A questo riguardo ci piacerebbe sentire anche il calcolo inverso e cioè quante persone in meno moriranno, perderanno il lavoro o non si ammaleranno a causa del fatto che gli inverni saranno più miti. Harald Martenstein ha riassunto molto bene l'aporia dell'ambientalista: «Se in un angolo della Terra il numero delle specie si assottiglia, ecco che si lancia l'allarme. Ma se in un altro angolo questo numero sale, non va bene neppure questo».[25]

Joachim Radkau così parla dei suoi colleghi: «Per molti storici dell'ambiente, il fattore climatico è un intruso molto sgradevole. Per chi nella storia dell'ambiente cerca una morale, un *messaggio*, si tratta di un elemento di disturbo privo di senso, almeno per i tempi storici più lunghi, rispetto ai quali è da escludere che l'uomo eserciti una qualche influenza sul clima».[26] D'altra parte non è così facile risolvere la questione morale neppure rispetto all'epoca del riscaldamento antropogenico. I sacerdoti della salvaguardia dell'Esistente parlano di peccati contro l'ambiente – ma allora gli allevatori argentini o i contadini delle risaie in Indonesia appartengono alle categoria dei peccatori tanto quanto le aziende petrolifere texane o i direttori delle centrali a carbone in Cina. Agli ideologi della cultura della colpa non basta che ci si penta o si faccia ammenda: reclamano vere e proprie punizioni in nome delle vittime dei mutamenti climatici. Ma in termini giuridici una cosa del genere sarebbe possibile solo in presenza di un consenso universale o con l'appoggio di un governo mondiale eco-stalinista – il che si

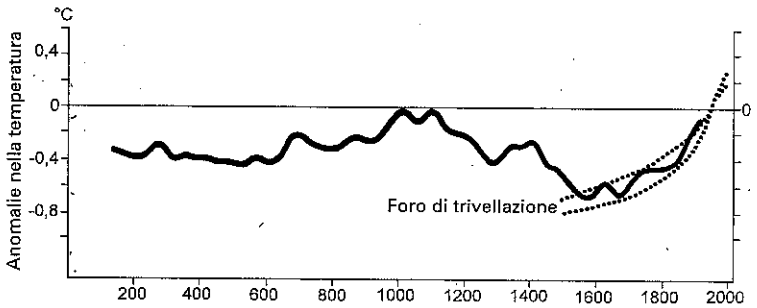

Figura 44
L'evoluzione delle temperature globali negli ultimi duemila anni secondo gli ultimi carotaggi effettuati negli abissi oceanici. Che ne è del bastone da hockey (cfr. fig. 2)? E cosa implicano questi dati per la bella teoria che fa dipendere la temperatura dalla percentuale di CO_2 (cfr. fig. 40)? Questa ricostruzione del corso della temperatura assomiglia in maniera sbalorditiva alle stime avanzate dall'IPCC nel 1990 (cfr. fig. 1).

spera non accada mai. Attualmente i paesi che inquinano di più non prendono neppure parte al commercio delle emissioni, mentre quelli più ragionevoli le stanno riducendo. Questa cerchia di paesi è destinata a infoltirsi.

Se i climatologi hanno ragione quando parlano di inerzia del sistema climatico globale, allora non possiamo aspettarci miracoli. La Terra continuerà a riscaldarsi anche qualora tutti i paesi del mondo si comportassero in maniera esemplare e riducessero drasticamente i gas di scarico. Questo potrà forse irritare qualcuno. Ma è una notizia migliore rispetto alle previsioni di un'imminente glaciazione che circolavano qualche tempo fa. Ogni volta che la temperatura si abbassa di molto, la società è scossa alle radici. Per contro, il riscaldamento ha già prodotto alcune fioriture culturali. Se si può imparare qualcosa dalla storia della civiltà, è questo: è vero che gli uomini sono «figli dell'era glaciale» – ma la civiltà è figlia dell'Interglaciale. La Rivoluzione neolitica e la nascita delle prime civiltà superiori ebbero luogo in periodi in cui faceva un po' più caldo di oggi. Se le prognosi dell'IPCC sono corrette, nel corso di questo secolo raggiungeremo nuovamente quei valori. A quel punto i ghiacciai alpini si scioglieranno, ma non quelli dell'Antartide. Risparmieremo sul riscaldamento e bruceremo meno energia fossile. Che ne sarà dei deserti? Davvero si estenderanno? Durante il *Periodo atlantico* nell'aria circolava più acqua di adesso e il Sahara era fertile (cfr. fig. 15).

Difficile prevedere il futuro. Gli scienziati seri dovrebbero guardarsi dal voler interpretare il ruolo di Nostradamus. Le simulazioni al computer non funzionano meglio delle premesse in base a cui i dati vengono forniti; descrivono delle attese, non il futuro. La storia delle scienze naturali è anche una storia fatta di teorie false e prognosi sbagliate. È interessante conoscere i margini di imprecisione dei metodi di datazione proposti dalle scienze naturali. Le datazioni stabilite col metodo del ^{14}C o con altri procedimenti fisici, per poter essere utilizzabili devono essere «calibrate». In concreto: solo grazie alle cronache storiche è possibile riportare le scienze «esatte» sul binario giusto. Gli umanisti non sono abituati a tanta imprecisione. Rispetto ai periodi su cui gli scienziati calcolano con un margine d'errore di cento anni in più o in meno, gli

storici sanno indicare il giorno, l'ora, persino il minuto. Non bisognerebbe farsi troppe illusioni sull'esattezza delle scienze naturali.

Scrivere una «storia culturale del clima» – specie se affronta le conseguenze culturali e sociali dei mutamenti climatici – vuol dire conoscere le premesse metodologiche della scienza della cultura[27] e vuol dire prendere sul serio quei dati che non si ricavano dal ghiaccio o dal fango, ma dagli archivi della società. L'esperienza ci dice che è redditizio combinare i metodi storici con quelli propri delle scienze naturali.[28] La storia culturale del clima ci insegna che il clima è sempre stato in trasformazione e che la società ha sempre dovuto farvi fronte. In ciò le prognosi apocalittiche non si sono mai rivelate utili. Per capirlo non c'è bisogno di risalire alla caccia alle streghe o al crollo delle dinastie dell'antico Egitto. Basta confrontare i provvedimenti progettati negli anni settanta per combattere il raffreddamento globale con quelli che vediamo discutere oggi contro il Riscaldamento globale. È quindi opportuno invitare i climatologi alla moderazione quando parlano della storia del clima e alla cautela quando ne va della civiltà e della società.

Il clima cambia. Il clima è sempre cambiato. Come vi reagiamo, è una questione di cultura. In ciò conoscere la storia ci può aiutare. I mutamenti climatici sono stati spesso percepiti come delle minacce. I falsi profeti e gli imprenditori morali hanno tentato sempre di trarne dei vantaggi. Non lasciamo l'interpretazione dei mutamenti climatici nelle mani di chi non sa nulla della storia della civiltà. Gli uomini non sono come gli animali, che devono subire passivamente ogni trasformazione del loro mondo e nella storia recente il mutamento climatico ha avuto anche conseguenze positive. Se quello attuale dovesse rivelarsi di lunga durata – e così sembra al momento – non c'è che una cosa da fare: stare calmi. Il mondo non andrà a fondo. Se farà più caldo, ci prepareremo. Un classico adagio latino dice: *Tempora mutantur, et nos mutamur in illis*. I tempi cambiano, e noi con loro.