Capitolo 2

LO STATO DELLA TERRA

E

L'IPOTESI GAIA

Gaia e l'uomo

2.1 Introduzione

Per poter affrontare le tematiche relative allo sviluppo sostenibile è necessario comprendere a fondo la situazione in cui tale concetto prende campo e quali sono (e forse quali dovrebbero essere) gli strumenti adoperati. Con questa intenzione abbiamo ritenuto necessario prendere innanzitutto in considerazione quello che è l'effettivo stato della Terra, limitandoci a riportare nel presente elaborato una trattazione sintetica dei dati e delle nozioni presenti in abbondanza nella letteratura specializzata, cercando di rendere un'immagine quanto più possibile sintetica, precisa e funzionale della situazione. Ben consapevoli, infatti, della vastità di campi di ricerca, di dati e di diverse

letture degli stessi presenti in letteratura e nel dibattito in atto nel mondo occidentale, abbiamo ritenuto necessario esporre qui almeno alcuni strumenti essenziali per poter meglio affrontare la questione ambientale e la genesi del concetto di sviluppo sostenibile. Difatti, proprio la questione ambientale del nostro tempo con la sua crisi ecologica (vedi in 1.2.4) porta all'attenzione di società e istituzioni la necessità di capire la "salute di Gaia"[1] e il ruolo che l'uomo ha con essa, anche grazie a strumenti e tecniche di indagine sempre più accurati. Con la questione ambientale l'umanità del nostro tempo si trova a fronteggiare il "sogno tecnologico" con le domande sul futuro di Gaia e dell'umanità stessa. Principalmente da ciò deriva l'idea che non tutte le azioni per compiere le quali l'uomo sembra avere i mezzi siano 'sostenibili' per il suo futuro su questa Terra.

In questa sede, dunque, una esposizione sintetica dello stato della Terra rappresenta anche uno strumento essenziale per cercare di capire quali siano i riferimenti ambientali (e non solo) cui lo sviluppo per dirsi sostenibile vorrebbe guardare; o quali, forse, dovrebbero essere.

Definire lo stato di partenza è importante così come lo è definire i parametri e gli obiettivi, i punti di riferimento, per poter parlare di sostenibilità. In questo modo non solo indagini rigorosamente condotte e lo studio dei dati ricavati sono essenziali, ma anche comprendere il punto di vista e l'approccio che l'uomo ha con la natura[2]: questi,

[1] Per la definizione e una spiegazione della teoria di Gaia si rimanda a 2.3; per la teoria biosferocentrica, si rimanda a 1.2.4.1.

[2] Si veda in 1.2.4.1.

infatti, come vedremo diventano parte essenziale del processo di definizione di sostenibilità, potendolo condizionare in maniera sostanziale.

Proprio il difficile tentativo di visione d'insieme di aspetti della problematica apparentemente molto diversi fra loro è stato non solo uno degli scopi di questa sezione, ma uno dei metodi che abbiamo cercato di adoperare.

2.2 Lo stato della Terra: uno sguardo significativo

Per una comprensione dell'attuale stato della Terra dobbiamo cominciare a considerare quali siano quei parametri che meglio di altri possano esser presi in considerazione come indicatori. Un'analisi estesa ed approfondita può prendere in esame numerosi fattori, che possono spaziare dall'attività geotermica del sottosuolo, alla composizione atmosferica, al numero di esemplari di una data specie biologica in un dato biotopo, a molti altri. Le informazioni raccolte in alcuni casi sono confrontabili con dati indicanti la situazione per quel parametro anche centinaia e migliaia di anni fa: con sempre maggior precisione, infatti, si possono datare reperti fossili. Questo discorso si estende anche alle indagini condotte mediante analisi chimica di campioni ottenuti da carotaggi nella crosta terrestre e nei sedimenti dei laghi o nelle microscopiche bolle d'aria rimaste intrappolate nei ghiacci dell'Antartide (Bradley & Jones, 1995; UNFCCC, 2004); in essi, infatti, è ben conservata la stratificazione dovuta alla deposizione nel corso del tempo di elementi e sostanze varie presenti nell'atmosfera,

riportando sino ai nostri strumenti una 'fotografia' del passato; ciò ha permesso di effettuare confronti coi dati ricavati oggi con le moderne strumentazioni, ricavando così una comprensione notevole di alcuni processi che hanno coinvolto la Terra e i suoi abitanti nel corso della storia del pianeta.

Agli scopi di questo lavoro è necessario soffermarsi su alcuni aspetti che possano fornirci indicazioni più significative di altri. Ci siamo pertanto dovuti riferire alle categorie e agli strumenti dell'ecologia.

L'ecologia[1] "è una disciplina che studia le interazioni reciproche tra l'ambiente e gli organismi viventi" (Vismara, 1992), divenuta "una nuova disciplina integrativa che unisce processi fisici e biologici e costituisce un collegamento tra scienze naturali e scienze sociali" (Odum, 1988). Particolare rilevanza nelle finalità dell'ecologia è stata presa dagli studi riguardanti le interazioni tra individui, tra specie, l'uso delle risorse, le modifiche apportate al proprio ambiente (Odum, 1988). L'uomo non fa eccezione alla capacità dei viventi di modificare il proprio habitat, né alla grande importanza rivestita proprio da tale capacità nell'adattamento e nella sopravvivenza della specie umana nel corso del tempo (Longo & Longo, 1990). Punto cruciale dei nostri giorni e di questa analisi è valutare quali siano le conseguenze cui le modifiche di origine antropica stanno portando, e quale ne sia l'effettiva entità. Sembrerebbe, infatti, che negli ultimi decenni l'abilità da parte dell'uomo di incidere sul proprio ambiente abbia progredito più velocemente che non la sua capacità di capire la portata dei cambiamenti da lui indotti (Moroni & Faranda, 1983).

[1] La parola *ecologia* deriva dal greco οιχοζ che significa *casa* o *posto per vivere*, e λογοζ che significa *discorso* (anche in Odum, 1988).

Per avere un quadro molto generale tra le numerose attività dell'uomo che interagiscono con l'ambiente modificandolo potremmo ricordare la 'scoperta' e l'utilizzo del fuoco, le attività di pastorizia e di agricoltura, la recente Rivoluzione Industriale, con quanto ne consegue: il disboscamento su scala sempre più larga, le opere di scavo sempre maggiori per ricercare ed estrarre metalli, la ricerca e l'utilizzo di fonti di energia (dalla combustione del legname a quella di olio e carbone, fino ad arrivare alla nostra epoca del petrolio). Un elenco sintetico riassuntivo delle modifiche che l'uomo oggi apporta all'ambiente con le sue attività (direttamente o no che ciò avvenga) le dividerebbe sostanzialmente in: immissione di sostanze nell'ambiente (di origine organica o di sintesi; in concentrazioni diverse da quelle naturali; ad effetto locale o globale; ad effetto tossico, mutageno, cancerogeno, teratogeno per l'uomo o per altre specie; etc.); alterazioni apportate agli ecosistemi (danni diretti e indiretti ad una o più specie; immissione di specie alloctone[1]; variazioni di parametri chimici o fisici; etc.); grandi alterazioni a paesaggio e corsi d'acqua, etc. (città; strade; grandi opere; dighe; deviazioni di fiumi; canali; etc.); perturbazioni nei cicli biogeochimici[2]; alterazioni della temperatura e del clima (locali: ad es. l'inquinamento termico marino dovuto a industrie o centrali con impianti di raffreddamento ad acqua di mare; estese: i fenomeni dello smog, delle piogge acide, etc.; globali: effetto serra, buco nell'ozono,

[1] Si tratta di specie introdotte dall'esterno in un ambiente in cui in precedenza non si aveva traccia della loro presenza, con alterazione di alcuni equilibri per l'ecosistema (queste introduzioni 'accidentali' sono in massima parte da imputarsi all'azione diretta o indiretta dell'uomo e delle sue attività).

[2] Gli elementi chimici tendono a circolare nella biosfera seguendo percorsi caratteristici, dagli ambienti agli organismi e di nuovo all'ambiente stesso (Odum, 1988). Questi cicli sono essenziali alla vita sulla Terra e particolarmente sensibili: sembra che piccole alterazioni al loro normale effettuarsi determinino cambiamenti consistenti su scala globale, con conseguenze non ancora del tutto comprese nella loro portata.

etc.); questo tenendo conto delle indicazioni di diversi autori (Longo & Longo, 1990; Odum, 1988; Vismara, 1992).

L'impatto che tutte queste varie attività umane hanno sulla Terra sembra essere di tale portata da spingere uno scienziato come Paul Crutzen[1] a proporre la definizione di 'Antropocene' (Crutzen, 2002) per il periodo geologico individuato a partire dalla seconda metà del Settecento (dunque dall'avvio della Rivoluzione Industriale), per sottolineare l'importanza e la centralità del ruolo rivestito dalla specie umana nella consistente modificazione dei sistemi naturali.

Una trattazione dettagliata o panoramica di tutti i vari ambiti di interazione tra l'uomo e l'ambiente esula le possibilità e gli scopi di questo lavoro. In considerazione di tutto ciò, cercando di mettere in evidenza il ruolo che l'uomo ha avuto nell'evoluzione del sistema Terra, presentiamo in esame più approfondito alcuni aspetti particolarmente rilevanti su scala globale: variazioni di temperatura media della superficie della Terra e diversità biologica.

[1] Vincitore del premio Nobel per la chimica nel 1995 con Sherwood Rowland e Mario Molina per le ricerche sugli effetti dei clorofluorcarburi sulla fascia di ozono nella stratosfera.

2.2.1 I grandi cambiamenti climatici

Quello dei grandi cambiamenti climatici[1] è uno fra i temi ambientali più dibattuti a livello accademico, ma anche di mezzi di informazione di massa. È esperienza diretta di molti di noi vedere con sempre maggior ricorrenza immagini in televisione di uragani, tifoni, ondate di calore, siccità, alluvioni e precipitazioni a carattere eccezionale che distruggono aree più o meno estese e sempre più spesso non necessariamente lontane geograficamente dalle nostre città. Questo è anche stato accompagnato da interpretazioni diverse fra loro e non infrequentemente catastrofistiche, ma sta di fatto che già nell'ultimo trentennio l'attenzione rivolta a questi fenomeni e alle loro possibili cause da parte della comunità scientifica e delle istituzioni anche a livello internazionale è stata sempre maggiore, vedendo inoltre nascere numerosi organi di studio, monitoraggio, ricerca e progetti. Per una rassegna sintetica ma più completa e approfondita di come tale attenzione abbia portato alla nascita di soggetti di studio, Trattati, Conferenze e altro a livello di Paesi e istituzioni internazionali, rimandiamo all'Appendice 2.A.1 in chiusura del Capitolo, in cui viene preso in rassegna il trentennio intercorso dalla Conferenza di Stoccolma (1972) al Summit di Johannesburg (2002).

[1] Ricordando che per clima si intende il modello generale delle condizioni del tempo e atmosferiche di una regione su un tempo medio lungo di almeno 30 anni (Miller, 1997).

2.2.1.1 Monitoraggio

Accenniamo qui brevemente solo alcuni passaggi essenziali; tra questi il Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente (UNEP), nato in seno alla Conferenza di Stoccolma "Sull'ambiente umano" del 1972[1] con lo scopo di "seguire la situazione dell'ambiente nel mondo, per assicurare che i problemi di grande portata internazionale che possono sorgere in questo campo vengano sottoposti, da parte dei governi, a un esame approfondito e adeguato" (UNEP, 1988). Il lavoro dell'UNEP si è basato sulle informazioni contenute nei rapporti pubblicati da organismi delle Nazioni Unite (NU), dalle organizzazioni intergovernative regionali, organizzazioni non governative (ONG), alcune grandi istituzioni scientifiche, pubblicazioni scientifiche propriamente dette e dal Sistema Globale di Controllo Ambientale, GEMS (UNEP, 1988). Da ricordare anche la nascita dell'International Geosphere Biosphere Programme (IGBP), altrimenti noto come Global Change Project (GCP), progetto di ricerche coordinato a livello internazionale avviato dalla federazione indipendente delle unioni scientifiche internazionali, l'International Council for Science (ICSU) a partire dal 1986. A tale progetto inoltre si sono poi affiancati il programma Human Dimensions of Global Change (HDGC), il programma Diversitas (con la biodiversità come oggetto di studio), e il programma World Climate Programme (WCP), dedicati rispettivamente alle dimensioni umana dei cambiamenti globali, allo studio della biodiversità del pianeta in

[1] Nello stesso anno il Club di Roma pubblicherà il saggio *I Limiti dello sviluppo.*

rapporto all'azione dell'uomo, alla miglior comprensione del fenomeno climatico ed impatto umano su di esso (Bologna, 2003).

La comunità internazionale inoltre, proprio a fronte della considerazione che un progressivo e potenzialmente pericoloso aumento della temperatura globale con conseguenze sul clima fosse in atto e legato alle azioni dell'uomo, ha visto unirsi in un trattato internazionale molti Paesi (si tratta dello United Nations Framework Convention on Climate Change[1] (UNFCCC), entrata in vigore il 21 marzo 1994), per cominciare a considerare cosa potesse essere fatto per ridurre il surriscaldamento globale; inoltre già dal 1988 un Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ha portato avanti ricerche scientifiche e resocontato i governi con sintesi e consigli sulle problematiche legate al clima. Non entrando adesso nel merito dei risultati ottenuti sui governi da tali agenzie e dalle loro ricerche, riportiamo anche come altre agenzie e organi di studio e ricerca abbiamo in questi anni sostenuto numerosi sforzi volti proprio allo studio della situazione ambientale da questo punto di vista, producendo un'abbondantissima mole di dati e risultati; tra queste ricordiamo l'ENEA (Ente Nazionale Energia e Ambiente) e l'IEA (International Energy Agency). Per amore di completezza, riportiamo anche all'attenzione un lavoro in apparente dissonanza con i dati e le conclusioni cui sopra si accennava che ha, però, riscosso notevole interesse soprattutto come diffusione ad un pubblico ampio; si tratta del lavoro di Lomborg (Lomborg, 2001). Tale lavoro, però, sembra aver trovato minor credito nella comunità scientifica, anche in vista del fatto di

[1] Trattato che ha successivamente portato alla implementazione dello stesso mediante il Protocollo di Kyoto, nel 1997.

non aver mai considerato nel suo testo l'IGBP e il lavoro da esso svolto (Bologna, 2003; Kirkman, 2003, e altri).

Ad ogni modo, come concludono Bradley e Jones nel loro lavoro (Bradley & Jones, 1995), c'è un'abbondantissima disponibilità di dati riguardanti il clima, in particolar modo per le ultime centinaia di anni, e molte sono le informazioni di cui disponiamo; parimenti ci sono molte informazioni che non sono note e utili per formare un quadro chiaro delle variazioni climatiche globali e delle loro cause.

2.2.1.2 Situazione e previsioni

È stato appurato un aumento della temperatura media della superficie terrestre di circa 0.6° C dalla fine del Diciannovesimo Secolo ad oggi[1] (UNFCCC, 2004). Questo dato di per sé potrebbe non mostrare particolare rilevanza, a meno di raffrontarlo con le oscillazioni climatiche verificatesi nella storia della Terra.

Alla base dei complessi meccanismi che regolano il clima sulla Terra, ci sono due fattori principali che sono temperatura e precipitazioni, le cui variazioni in una determinata area sono dovute principalmente al modo in cui l'aria circola sulla superficie terrestre. I fattori che determinano variazioni in tale circolazione sono molteplici, e tra questi: variazioni a lungo termine nella quantità di energia che raggiunge la Terra dalla sua fonte principale, il Sole; riscaldamento irregolare della

[1] Aumento che coi dati disponibili alla fine degli anni '80 sarebbe stato calcolato come compreso tra 0.3 e 0.6° C dalla metà del Secolo Diciannovesimo (Bradley *et al.*, 1995).

superficie terrestre; inclinazione dell'asse della Terra; rotazione della Terra; proprietà fisico-chimiche di aria e acqua (miscele); correnti oceaniche; composizione atmosferica (vedremo più avanti l'importanza della riflessione dei raggi solari da parte degli strati più alti dell'atmosfera, nonché della re-irradiazione verso la Terra della energia riemessa dalla Terra verso lo spazio). Questi fattori (e le loro variazioni) determinano la costituzione di quelle celle di circolazione delle grosse masse d'aria tra superficie terrestre e atmosfera con formazione degli Alisei e degli altri venti coi fenomeni atmosferici così come sono studiati e conosciuti (Miller, 1997).

L'età della Terra viene oggi stimata in circa 5 miliardi di anni, ed è ormai accettato il fatto che sin dalle sue origini il pianeta abbia subito un alternarsi di periodi freddi, culminati in diversi episodi di glaciazione durati anche milioni di anni, e periodi interglaciali di clima temperato o caldo, lunghi centinaia di milioni di anni. Continue oscillazioni sembrano essere state la norma: piccole glaciazioni, di intensità e durata minore avrebbero a loro volta interrotto i lunghissimi periodi caldi. Tutte queste variazioni hanno modificato la superficie terrestre nella forma e condizionato la vita degli organismi che la abitano. Per avere un'idea e un confronto sull'andamento della temperatura media della superficie terrestre per gli ultimi mille anni e i giorni nostri con alcuni modelli previsionali ci riferiremo ai modelli ricavati dall'IPCC, in particolare alle variazioni della temperatura superficiale terrestre, per l'emisfero Nord, negli ultimi 1000 anni e negli ultimi 140, ed alle variazioni della temperatura della superficie terrestre per gli anni dal 1000 al 2100; le previsioni si basano sulla difficile interpretazione dei dati attuali, ma soprattutto tenendo conto dell'attuale scenario di condizioni ambientali (IPCC, 2001 e 2004).

Secondo tale scenario, è stato calcolato essere plausibile un aumento della temperatura media compreso tra 1,4 e 5,8° C entro l'anno 2100: un aumento considerevole considerato che 1,4° C di aumento in un secolo sarebbe l'aumento di temperatura nell'unità di tempo considerata maggiore mai avuto negli ultimi 10.000 anni (UNFCCC, 2004; Cianciullo, 2004).

Per avere maggior comprensione della portata del fenomeno, solo a titolo di esempio si può considerare che, tra le varie conseguenze in vista di un simile cambiamento si verificherebbe un aumento del livello del mare (conseguente al grado di scioglimento di ghiacciai e calotte polari) compreso tra i 20 e i 140 cm (UNEP, 1988), o comunque tra i 9 e gli 88 cm secondo stime più recenti (Cianciullo, 2004), con ripercussioni molto forti sulle isole e zone costiere di tutto il globo, nonché a sua volta sul clima locale e globale. Per una analisi più estesa e dettagliata dei possibili scenari conseguenti rimandiamo alle pubblicazioni a riguardo già riportate in precedenza nel testo (UNEP, 1988; Bradley & Jones, 1995; Miller, 1997; ENEA, 2002; IPCC, 2004; UNFCCC, 2004). Un esempio a riguardo a noi molto vicino nel tempo si ritrova nel crollo di circa 3.250 Km^2 della piattaforma di ghiaccio chiamata 'Larsen B', nell'Antartico, a causa dell'aumento di temperatura (Mastny, 2003).

2.2.1.3 Cause del surriscaldamento

Tra i vari fattori che regolano la temperatura media sulla superficie della Terra e le sue oscillazioni dobbiamo adesso concentrarci su alcuni aspetti in particolare, onde cercare di capire meglio le dinamiche del surriscaldamento che si sta registrando.

Dovremmo considerare l'aumento dell'energia liberata dalla nostra stella, che è destinata ad espandersi e aumentare fino a esplodere: essendo questo, però, un fenomeno che secondo quanto è stato calcolato avverrà in tempi dell'ordine di 5 miliardi di anni, non viene ritenuta da annoverare fra le cause principali dell'aumento di temperatura verificatosi nel breve periodo (pochi anni o anche pochi secoli sono tempi brevissimi rispetto ai tempi del nostro pianeta). Tra gli altri aspetti che regolano in qualche modo la temperatura e le sue variazioni ci sono l'albedo, ovvero la capacità, in questo caso da parte della Terra, di riflettere la luce solare in arrivo (un interessante studio anche in Lovelock, 1991); il cosiddetto effetto serra, ovvero quel fenomeno per il quale parte delle radiazioni solari che raggiungono l'atmosfera terrestre la penetrano riscaldando la sua superficie, che a sua volta irradia calore (infrarosso) verso l'atmosfera, disperdendo parte di questo calore nello spazio, ma re-irradiandone parte verso la superficie terrestre perché assorbita dal vapore acqueo e gli atri cosiddetti gas-serra (Vismara, 1992; Rondinara, 1996; Miller, 1997; IPCC, 2001; UNFCCC, 2004).

Si parla dunque di effetto serra proprio in forza dell'analogia di funzionamento con una comunissima serra. Sono considerati gas serra quei gas che, appunto, consentono alla luce, alle radiazioni infrarosse ed ad alcune radiazioni ultraviolette del Sole, di passare attraverso la troposfera ed arrivare alla superficie terrestre, che assorbe

molta di questa energia solare degradandola in radiazioni infrarosse più lunghe, cioè in calore, che poi risale nella troposfera, disperdendosi in parte nello spazio e in parte venendo riassorbito dalle molecole dei suddetti gas riscaldando così l'aria e irradiandone nuovamente una parte sulla superficie terrestre. Senza questo fenomeno la Terra sarebbe un pianeta freddo e senza vita, con una temperatura media di –18° C anziché degli attuali 15° C (Miller, 1997). Vengono annoverati tra i gas serra l'anidride carbonica, il protossido d'azoto, il metano e i clorofluorocarburi, gas presenti nell'atmosfera in concentrazioni molto basse, ma con un ruolo evidentemente molto importante (Rondinara, 1996; Miller, 1997).

Gli scienziati sono riusciti a ricostruire la quantità di gas serra dell'atmosfera nel corso dei secoli passati, mediante l'analisi di piccole bolle d'aria presenti nei ghiacci dell'Antartide e della Groenlandia. Da queste analisi risulta che le concentrazioni di anidride carbonica e metano si sono mantenute costanti dalla fine dell'ultima glaciazione (10.000 anni fa) sino a tutto il XVII secolo, rispettivamente con valori di 260 parti per milione (ppm) e di 0,7 ppm. Il metano ha iniziato a salire 300 anni fa; a partire dal secolo scorso, poi, entrambi i gas hanno iniziato il grande balzo verso i livelli attuali di 350 ppm per la CO_2 e 1,7 ppm per il CH_4. Studi recenti indicano un aumento di concentrazione nell'atmosfera per il metano con un tasso annuo pari all'1% (Rondinara, 1996); studi ancora più recenti indicano per la CO_2 375,04 ppm nel 1993, salite a 375,63 ppm nel 2003, contro le 280 ppm circa del periodo pre-industrializzazione, con i livelli del 2002 superiori a quelli degli ultimi 420 mila anni e forse anche degli ultimi 20 milioni di anni, con tasso di aumento per la CO_2 di 1,5 ppm

per anno, che salirebbe a 2 ppm per il 2001-2002 e a 2,5 ppm per il 2002-2003 (Cianciullo, 2004). Questi dati di per sé non sembrano incoraggianti.

Inoltre si sa inoltre che nel corso dell'intera storia della Terra la concentrazione dell'anidride carbonica è sempre diminuita, ma, al termine dell'ultimo periodo glaciale, è balzata da 180 a quasi 300 ppm in cento soli anni. Inoltre "una tale impennata non è spiegabile con i lenti processi della geochimica" (Lovelock, 1991).

L'aumento delle concentrazioni atmosferiche di questi gas è stato associato dai numerosi studi condotti a vari livelli all'aumento di temperatura registrato nel breve periodo (Vismara, 1992; Rondinara, 1996; Miller, 1997; IPCC, 2001; UNFCCC, 2004). A questo punto entrano in gioco gli studi e i modelli che vedono la relazione tra l'attività antropica e il suddetto aumento.

Partendo da quanto già espresso, dobbiamo evidenziare anche le seguenti considerazioni: negli ultimi 160.000 anni i livelli di vapore acqueo troposferico sono rimasti piuttosto costanti; quelli di alcuni gas serra vedono un brusco aumento a partire dall'avvento della Rivoluzione Industriale (iniziata in Inghilterra verso la metà del Settecento). Il periodo da allora sino ad oggi è caratterizzato da una maggior richiesta di energia con maggior dipendenza da risorse non rinnovabili come i combustibili fossili (siamo partiti dalla combustione del legname, poi olio, carbone e petrolio), liberando improvvisamente nell'atmosfera quantità enormi di anidride carbonica accumulata nel corso dei millenni nei giacimenti stessi, cui va sommata l'aumentata deforestazione in corso soprattutto nelle regioni tropicali in tempi molto brevi. Per quel che riguarda il metano, le cause degli aumentati livelli sono indicate soprattutto nelle coltivazioni di riso, nella combustione di biomasse nelle foreste tropicali e nelle savane,

nell'allevamento di animali (aumentato enormemente a sua volta con l'aumentato consumo di carne da parte delle popolazioni occidentali), l'attività di microrganismi nelle discariche di rifiuti, nonché nelle perdite di gas durante l'estrazione e la distribuzione di petrolio, carbone e gas naturale (Rondinara, 1996). Proprio la CO_2 è il gas serra che maggiormente contraddistingue "la base antropogenica del cambiamento del clima" e il riscaldamento della superficie del pianeta (Houghton, J. T. *et alii*, 2001; Brown *et al.*, 2002; Cianciullo, 2004).

Dunque l'uomo e le sue attività sembrano avere un ruolo centrale nelle modificazioni in atto a livello globale (Vismara, 1992; Rondinara, 1996; Miller, 1997; Houghton, J. T. *et alii*, 2001; Brown *et al.*, 2002; Cafaro, 2003; Darton, 2003; Cianciullo, 2004; IPCC, 2004; UNFCCC, 2004), con conseguenze ancora non del tutto prevedibili; anche per questo abbiamo visto il moltiplicarsi degli studi e delle agenzie nazionali e internazionali di controllo, seppur con risultati prodotti a livello di applicazione di codici e regole o cambiamenti di rotta che meriterebbero un ampio approfondimento.

2.2.2 La biodiversità

> *"...ogni frammento di diversità biologica ha un valore inestimabile: frammento che dobbiamo imparare a conoscere, a conservare gelosamente, e comunque a non abbandonare mai senza lottare"* (Wilson, 1999).

La biodiversità, o diversità biologica, indica la varietà di forme che i viventi hanno assunto nel corso del tempo da quando la *vita* comparve spontaneamente da molecole organiche prebiotiche sul pianeta Terra, circa 3,8-3,9 miliardi di anni fa (Wilson, 1999), per mezzo di quel fenomeno che è conosciuto come evoluzione.

Andando a trattare la biodiversità si parla di diversità di specie[1] (caratterizzata da due componenti: ricchezza, basata sul numero totale di specie presenti in un'area; omogeneità, basata sulla abbondanza relativa, dominanza e altri indicatori; Odum, 1988; Miller, 1997); diversità genetica (variabilità nella costituzione genetica tra gli individui nell'ambito di una specie, in Miller, 1997; o di una popolazione, in Odum, 1988); diversità ecologica (varietà di forme ambientali come foreste, praterie, deserti, etc., e delle comunità di viventi che interagiscono l'un l'altra e con l'ambiente non vivente; in Miller, 1997).

Alcuni introducono anche la diversità culturale umana come parte della biodiversità terrestre (Bateson, 1983; Longo & Longo, 1990; Miller, 1997; Facchini, 2000; Rammel *et al.*, 2002), aprendo in questo modo anche nuove strade per la riflessione dell'uomo su sé e il complesso dei viventi.

[1] Solo come annotazione, dobbiamo menzionare il fatto che attualmente è in corso un grande dibattito sulla definizione di specie, con conseguenze che possono essere rilevanti ai fini della rilevazione o stima del numero di specie totali in un ambiente o sulla Terra.

2.2.2.1 La biodiversità per l'uomo

La biodiversità rappresenta da sempre per l'umanità una risorsa di importanza fondamentale e immediata per la sua alimentazione ed attività di sussistenza. L'uomo è stato dapprima raccoglitore di bacche, radici, frutti, probabilmente resti animali, poi attivo cacciatore e infine agricoltore e allevatore (Rondinara, 1996; Miller, 1997); ha saputo ricavare, inoltre, utensili e vestiario dai numerosi esemplari animali e vegetali coi quali ha convissuto; inoltre il legno é, fin dalla preistoria, la principale fonte di energia per la cottura degli alimenti, per il riscaldamento e per altri bisogni umani essenziali, e lo é ancora oggi nei Paesi in Via di Sviluppo[1] (PVS), sia nelle città che nelle campagne (UNEP, 1988). Ancora oggi tutte queste maniere per utilizzare la risorsa biodiversità restano fondamentali e talora le uniche a disposizione per la propria sussistenza per una larga fetta della popolazione mondiale (si pensi che ancora negli anni '80 oltre 2 miliardi di persone, circa la metà dell'allora popolazione mondiale, non avevano altro mezzo per cuocere gli alimenti se non il fuoco ottenuto bruciando legname; in UNEP, 1988), ma molte di esse (com'è il caso dell'alimentazione) non sono sostituibili neanche per il moderno 'uomo tecnologico' (Rondinara, 1996; Miller, 1997).

A questo si aggiunge l'utilizzo di componenti del mondo vivente quali estratti di piante, infusi, ma anche molecole la cui attività ha proprietà farmacologiche per l'uomo: conoscenza delle quali è dovuta ai molteplici tentativi condotti ed il loro tramandarsi

[1] Riportiamo qui l'espressione "paesi in via di sviluppo" (PVS) per semplicità di convenzione per la frequenza con cui viene utilizzata nei testi presi sin qui in esame, riservandoci di aprire in seguito una breve dissertazione e alcune precisazioni.

delle relative conoscenze acquisite nei secoli e nei millenni (le culture dell'antico Egitto, quella degli Incas, la medicina tradizionale cinese e molte altre ne sono esempio), ma anche alle tecniche di estrazione e isolamento in forza dei moderni laboratori; eppure ancora oggi si può ben affermare che le scoperte da fare a riguardo sono ancora innumerevoli[1] (da Longo & Longo, 1990; Miller, 1997; Wilson, 1999).

Un altro aspetto da tenere in considerazione è l'importanza ecologica della biodiversità, per la quale è ormai studiato e accertato che gli ecosistemi siano sistemi complessi capaci di reagire alle variazioni di condizioni che si possono verificare, ma comunque piuttosto fragili per cambiamenti rilevanti sul breve periodo, e con la possibilità non infrequente di non essere in grado di recuperare e reinstaurare le condizioni iniziali (Moroni *et al.*, 1983; Odum, 1988; Longo & Longo, 1990; Miller, 1997; e altri). In questo modo alterare gli equilibri di un ecosistema può portare conseguenze a tutto l'ecosistema e ai suoi abitanti: se prendessimo in considerazione soltanto le conseguenze dirette all'uomo e le sue attività dovremmo considerare danni per la sopravvivenza delle popolazioni che traggono risorse dirette dall'ecosistema, danni economici per chi trae profitto da tali risorse, danni economici per l'industria turistica, danni estetici e paesaggistici.

Un capitolo a sé è rappresentato dall'importanza che molti autori danno alla biodiversità per il senso di benessere, di maggior qualità della propria vita che l'uomo può trarre da essa semplicemente osservandola, ascoltandola, immergendosi in essa

[1] Solo a titolo di esempio, ricordiamo la chinina, antimalarico da *Cinchona ledgeriana*; la morfina, analgesico narcotico da *Papaver somniferum*; la penicillina, antibiotico da *Penicillium spp.*; la vinblastina e la vincristina, antitumorali da *Catharanthus roseus*.

(Longo & Longo, 1990; Lovelock, 1991; Funtowicz *et al.*, 1994; Rondinara, 1996; Miller, 1997; Wilson, 1999; Lorigliola, 2001).

Emerge anche una nuova categoria: infatti sono molti gli autori che sostengono l'importanza in sé della natura e delle varie forme dei viventi, aldilà del grado di importanza economica, estetica o altro attribuitagli dall'uomo (Carson, 1979; Longo & Longo, 1990; Lovelock, 1991; Funtowicz *et al.*, 1994; Miller, 1997; Bordeau, 2004).

Questo apre a riflessioni non secondarie su quali siano i diritti dell'uomo sulle altre specie viventi, e quali le azioni giustificate che l'uomo può mettere in atto: si entra così nei campi dell'etica, e più propriamente dell'etica ambientale (Galleni, 1996; Shiva, 2001b; Bordeau, 2004; Karafyllis, 2002; Agazzi, 2004a; Galleni, 2004b; Scalfari *et al.*, 2004), per quanto una seria riflessione sia auspicata da molti (per una trattazione delle diverse visioni della natura e del rapporto con essa sottese all'approccio che l'uomo ha con essa si veda in *1.2.4*).

Una argomentazione a parte merita l'osservazione che solo una minima parte delle specie è considerata avere rilevanza economica e che solo una minima parte di esse viene effettivamente sfruttata (UNEP, 1988; Miller, 1997; altri). È stato calcolato (UNEP, 1988; Wilson, 1999) che nel corso di tutta la storia dell'umanità sono state in totale circa 7.000 le specie di piante diverse che sono state coltivate o raccolte per l'alimentazione; di queste oggi 20 specie da sole assicurano il 90% dell'approvvigionamento alimentare umano nel mondo, e tre tra queste (grano, mais, riso) ne compongono più della metà[1]. Il fatto, inoltre, che in molti paesi solo alcune

[1] Nonostante le piante con parti commestibili siano sicuramente oltre 30.000.

piante vengano coltivate e che vengano coltivate in monocoltura[1] rende quelle stesse più vulnerabili agli attacchi di insetti e malattie, non sfruttando perciò appieno le migliaia di specie di piante alimentarmene utili all'uomo (UNEP, 1988; Miller, 1997; Shiva, 2001a; Shiva, 2001b).

Alcuni esempi significativi per capire il rapporto tra biodiversità (di specie e genetica) e produzione alimentare mediante coltivazione, senza voler approfondire ulteriormente l'argomento, li troviamo considerando che verso la metà degli anni '70 un'importante varietà di frumento selvatico fu salvata a malapena dall'estinzione perché al momento della sua scoperta ne restavano solo poche migliaia di esemplari in tre campi nel Mexico centro-meridionale: è l'unica varietà selvatica di frumento perenne nota e presenta (tra le altre sue caratteristiche) una resistenza innata a quattro degli otto principali virus del frumento (Miller, 1997).

2.2.2.2 La situazione odierna

Prendendo in considerazione gli studi svolti da numerosi autori e i vari modelli che sono stati elaborati sulla base dei diversi ritrovamenti archeologici e degli studi comparati svolti, ciò che si ricava é che la diversità biologica é andata lentamente crescendo nel corso del tempo geologico, incorrendo in alcune battute d'arresto in occasione di quei fenomeni che sono rappresentati dalle cosiddette estinzioni di massa.

[1] La monocoltura di per sé rappresenta una perdita di diversità genetica per il disboscamento di praterie e foreste caratterizzate da ampia biodiversità (Miller, 1997).

Finora si sono verificati almeno cinque periodi critici di questo tipo, e ciononostante si calcola che la biodiversità abbia continuato ad aumentare fino all'epoca recente, momento in cui sembra mostrare il suo picco.

> Trecentoquaranta milioni di anni fa [quando] la vegetazione pioniera aveva fatto strada alle foreste che avrebbero poi costituito i giacimenti di carbone (…), la vita stava per raggiungere il suo valore massimo di biomassa. (…). A cavallo tra la fine del Palezoico e l'inizio del Mesozoico, più o meno 240 milioni di anni fa, quasi tutta quella vegetazione morì. (…). Ciascuno dei periodi delle grandi estinzioni ridusse soprattutto il numero di specie, e molto meno il numero di classi e di phyla. Alla fine del Palezoico scomparve qualcosa come il 96% delle specie di animali marini e dei foraminiferi, contro il 78-84% dei generi e il 54% delle famiglie. A quanto pare nessun phylum si estinse. (…). Nonostante questi grandi fenomeni di estinzione di massa la vita sembra essere rifiorita più rigogliosa che mai, mostrando un aumento di biodiversità sempre maggiore. (…). Tuttavia l'aumento di più vasta portata si è verificato durante gli ultimi 100 milioni di anni. (…). Ad oggi si annoverano 250.000 specie vegetali note, di cui 170.000 (68%) si trovano nelle regioni tropicali e subtropicali, soprattutto foreste pluviali (Wilson, 1999).

Si stima, inoltre, che le specie (di animali, vegetali e microorganismi) finora classificate siano circa 1 milione e 750 mila; le stime dei biologi circa il numero delle specie ancora da classificare hanno oscillazioni fortissime, ma comunque in genere comprese tra i 5 e i 100 milioni[1] (UNEP, 1988; Agenda21, 2004).

Dunque si afferma che ci sia stato per la biodiversità un trend di generale aumento[2] che ha visto sia momenti di vera e propria esplosione[3] che momenti di crollo

[1] Va sempre tenuto conto della considerazione sulle diverse classificazioni delle specie.

[2] Ci sono autori che sottolineano che tale aumento per la biodiversità sia da imputare anche alla enorme difficoltà che si incontra nel valutare quali e quante siano le specie vissute nel passato e magari scomparse prima d'aver lasciato traccia, mentre oggi sono sotto i nostri occhi; ma pur tenendo questo in debita considerazione, le loro ricerche e i loro studi comparati concordano con l'indicare un aumento generale della biodiversità.

[3] L'esplosione del Cambiano (540-500 milioni di anni fa), ad esempio, vide la comparsa in grande quantità di nuovi tipi di animali macroscopici che si evolvettero a raggiera creando i tipi adattativi tuttora esistenti (Wilson, 1999).

improvviso, dovuti a vari fattori[1]: si tratta dei grandi fenomeni di estinzione di massa che sono ritenuti essersi verificati intorno ai 450, 380, 240, 220 e 80 milioni di anni fa (Wilson, 1999); a queste se ne dovrebbe aggiungere un'altra: oggi, infatti, molti autori sostengono ci si trovi di fronte alla sesta grande estinzione di massa, e che l'uomo abbia notevoli responsabilità nelle cause che sembrerebbero essere alla sua origine (Rondinara, 1996; Miller, 1997; Wilson, 1999; Bordeau, 2004; UNFCCC, 2004; e altri).

2.2.2.3 L'uomo per la biodiversità

Abbiamo visto alcuni aspetti per i quali la biodiversità sembra avere grande e immediata importanza per l'uomo (vedi 2.2.2.1); adesso prenderemo in considerazione quello che sembra essere il ruolo dell'uomo nei confronti della biodiversità.

Come già é stato introdotto, molti autori sostengono che lo scenario della possibile (e forse già in atto) sesta grande estinzione di massa trovi le sue basi in alcune attività umane, per quanto lo studio sia difficile e talora controverso[2].

[1] A questo proposito si consideri come esempio la grande estinzione avvenuta circa 66 milioni di anni fa (alla fine del Mesozoico) che coinvolse anche i dinosauri: l'ipotesi a riguardo ad oggi più accreditata indica l'impatto di un meteorite di 10 Km di diametro alla velocità di 72000 Km/h con incendi e ondate spaventose su tutto il globo, ma soprattutto una densa nube di polvere che avviluppò il pianeta alterandone il clima, con una pioggia acida successiva durata mesi o anni (Wilson, 1999).

[2] "I biologi concordano che non è possibile dare la cifra esatta delle specie in via di estinzione, (…) però, *nell'esigua minoranza di gruppi di piante e animali a noi nota, l'estinzione sta procedendo a grande velocità, cioè più in fretta di quanto accadesse prima della comparsa dell'uomo. In molti casi, il tasso è addirittura catastrofico, e ad essere minacciato è l'intero gruppo*" (Wilson, 1999).

Volendo tentare di delineare una sorta di quadro riassuntivo di questa sesta estinzione di massa dovremmo sottolineare più aspetti.

Si deve prendere in considerazione il fatto che mentre nel corso degli ultimi 400 milioni di anni si stimano essersi estinte 27 piante ogni anno, attualmente i tassi di estinzione per le specie vegetali negli ecosistemi tropicali sono di circa 5 specie ogni giorno; in questo modo il 67% della foresta tropicale sarebbe eliminato entro la fine del secolo venturo e con esso la metà delle specie vegetali; in Indonesia negli ultimi 15 anni si sarebbero estinte 1500 varietà locali di riso, e nell'ultima metà del secolo scorso sarebbe stato cancellato il 75% della diversità genetica delle piante coltivate (FAO, 2004).

Inoltre la distruzione dell'ambiente naturale riduce il numero di specie e la variabilità genetica di ogni specie. Più di 65 mila delle circa 265 mila specie vegetali risultavano minacciate di estinzione a causa della distruzione o degradazione della vegetazione primordiale (nella seconda metà degli anni '80¸UNEP, 1988). Il disboscamento di praterie e foreste rappresenta anche la distruzione dell'habitat per numerosissime altre specie (Odum, 1988; Miller, 1997; e altri). Si stima inoltre che per ogni specie di pianta che si estingue nelle foreste tropicali si estinguano dalle 20 alle 40 altre specie (Shiva, 2001a). Una ulteriore aggravante in tutto questo riguardo la situazione della biodiversità risiede nel fatto che la perdita più sensibile di vegetazione si registra nelle foreste tropicali umide, e che proprio tali zone siano i 'punti caldi' della biodiversità, ovvero quelli a maggior ricchezza (Odum, 1988; UNEP, 1988; Longo & Longo, 1990; Miller, 1997; Wilson, 1999; Bright, Chris *et al.*. 2003.; e altri).

Secondo Wilson (Wilson, 1999), "il 73% circa dei Mammiferi di grosse dimensioni che viveva nel Pleistocene si è estinto (nel caso del Sud America il valore sale all'80%), assieme ad una proporzione non molto dissimile di grandi Uccelli: il collasso della biodiversità accadde da 11.000 a 12.000 anni fa[1] pressappoco nello stesso periodo in cui i primi cacciatori paleoindiani entrarono nel Nuovo Mondo diffondendosi verso sud ad un ritmo medio di 16 chilometri all'anno (…). Non si trattò di un fenomeno casuale". Sempre secondo l'autore, Nuova Zelanda e Madagascar rappresentano testimonianze drammatiche ("tragedie biologiche") dell'impatto antropico in aree a lungo preservate dalla sua presenza (l'uomo giunse in tali isole rispettivamente attorno al 1.000 d.C. e al 500 d.C.); discorso analogo a quanto avvenuto in Australia circa 30.000 anni fa[2]. È noto, inoltre, che negli Stati Uniti, Canada, Messico fino a tempi recenti vivevano 1.033 specie di pesci esclusivamente di acqua dolce. Ventisette di queste (cioè il 3%) si sono estinte negli ultimi cento anni e altre 265 (cioè il 26%) sono passibili di estinzione, rientrando tutte in una delle categorie fissate dallo IUCN (International Union for Conservation of Nature): Estinta, Minacciata, Vulnerabile, Rara. Le cause: distruzione dell'habitat fisico, sostituzione da parte di specie introdotte, alterazione dell'habitat da parte di inquinanti chimici, ibridazione con altre specie e sottospecie, sfruttamento alimentare eccessivo da parte dell'uomo (Wilson, 1999).

[1] Bisogna sempre considerare che sebbene sembri un periodo estremamente lontano per l'uomo, non è lo stesso parlando in termini geologici e di storia dell'evoluzione (da Lovelock, 1991; Wilson, 1999).

[2] Tenendo anche in debita considerazione il periodo di estrema siccità cui l'Australia andò incontro da 15.000 a 26.000 anni fa (Wilson, 1999).

Negli ultimi due millenni si è perso un quinto delle specie di uccelli di tutto il mondo, soprattutto in seguito all'occupazione delle isole da parte dell'uomo, al disboscamento, alla bonifica o inaridimento delle zone umide, alla frammentazione dell'habitat e all'inquinamento chimico; inoltre l'estinzione degli uccelli sarebbe in aumento procedendo ad un ritmo cinquanta volte superiore al tasso naturale; sono calcolate presenti ad oggi sul pianeta 9.800 specie di uccelli (Wilson, 1999; Youth, 2003).

Circa il 20% dei pesci d'acqua dolce del mondo sono in condizioni di declino pericoloso o addirittura già estinti, al punto che le ultime indagini condotte in varie zone del mondo hanno riscontrato una presenza in numero di specie molto inferiore a quello noto precedentemente[1].

Vengono considerate estinte 12 specie di molluschi dulciacquicoli degli Stati Uniti su tutto il loro areale e il 20 % delle restanti è considerato in pericolo (Wilson, 1999). Gli studi sugli ecosistemi delle barriere coralline le indicano come alcuni tra i più ricchi in biodiversità ed anche tra i più minacciati. L'ecosistema corallino è molto dinamico, con tempi di riformazione attorno alle decine d'anni, in condizioni normali. Tuttavia sembra che le aggressioni naturali siano amplificate nei loro effetti dall'attività antropica: inquinamento da petrolio o idrocarburi, arenamento accidentale di mercantili,

[1] Per dare alcuni esempi: penisola malese: 122 specie ritrovate in luogo di 266; lago Lanao, sull'isola filippina di Mindanao: ritrovate tre specie endemiche, ascrivibili ad un solo genere, in luogo di diciotto, facenti parte di tre generi (cause attribuite: pesca eccessiva e competizione con specie di introduzione antropica recente); lago Vittoria: delle 300 specie endemiche in seguito all'introduzione da parte dell'uomo nel 1959 della perca del Nilo (*Lates niloticus*) molte scomparvero entro gli anni '80 e molte altre (il 50% delle specie originarie) è considerato a rischio); inoltre la minor pressione dei pesci sulle alghe di cui si nutrono ne determina fioritura eccessiva, morte e accumulo sul fondo del lago con fenomeni di anossia che alterano gli equilibri dell'ecosistema del lago (Wilson, 1999).

opere di dragaggio, sfruttamento eccessivo, prelievo di pesci a scopo ornamentale mediante veleni o altro, sono tra le cause che incidono maggiormente. Un altro fenomeno fortemente studiato con crescente preoccupazione è il cosiddetto sbiancamento dei coralli: fatto che sembra imputabile alla degenerazione o espulsione delle zooxantelle (le alghe unicellulari simbionti nei tessuti dei coralli), dovuto principalmente a stress o aumento eccessivo della temperatura (Barnes *et al.*, 1994; Wilson, 1999; Cognetti *et al.*, 1999). Tenendo presente che durante il solo episodio di El Niño dell'82-83, nel Pacifico Orientale si sono perse tre specie di coralli e dagli studi di previsione noti, se nei prossimi anni la temperatura delle acque tropicali poco profonde si alzasse di 1-2° C nel prossimo secolo si stima che il numero delle specie coralline a rischio di estinzione sia così alto da mettere a repentaglio interi ecosistemi di barriera (Wilson, 1999).

Un altro aspetto meritevole di approfondimento è rappresentato dalla minor resistenza agli agenti inquinanti mostrata da parte di molte delle specie studiate in proposito a fronte di un aumento della temperatura ambientale, che sembrerebbe perciò amplificare l'effetto di inquinanti già presenti nell'ambiente (Vismara, 1992; Cognetti *et al.*, 1999).

Va da sé che tale aumento di temperatura avrebbe conseguenze anche su altri ecosistemi e altre specie, con numerosi interrogativi circa la capacità di recupero delle "condizioni di salute" del sistema e circa la sua capacità di rispondere evolutivamente in maniera appropriata a variazioni così grandi in un arco di tempo così ristretto (pensando sempre ai tempi geologici dei cambiamenti climatici).

Proprio la relazione tra l'aumento di temperatura media superficiale terrestre è visto come uno dei più importanti campanelli di allarme per la salvaguardia della biodiversità e come un'altra delle prove di responsabilità della condotta umana sullo stato di salute del pianeta (UNEP, 1988; Miller, 1997; Wilson, 1999; UNFCCC, 2004; e altri).

Sembra dunque emergere, dagli abbondanti studi presenti nella letteratura specifica e dai pochi dati e poche osservazioni che abbiamo riportato, una situazione critica per la biodiversità, con numerose prove a sostegno dell'ipotesi di un coinvolgimento diretto delle attività umane nelle cause che stanno alla base di tale situazione, con la possibilità non troppo remota che ci si trovi dinanzi alla sesta grande estinzione di massa.

La differenza tra il tasso di estinzione calcolato negli interperiodi fra grandi estinzioni di massa di circa 27 specie per anno e quello stimato attualmente di circa 27.000 specie all'anno nei nostri giorni[1] (Shiva, 2001a) rappresenterebbe in effetti una drammatica testimonianza delle condizioni globali della biodiversità.

L'affermazione delle NU secondo cui ai tassi correnti di estinzione di specie vegetali e animali la Terra perde ogni due anni un potenziale farmaco di importanza fondamentale (Mastny, 2003) rappresenta un ulteriore esempio di come tutto ciò porterebbe con sé, come abbiamo già visto, il rischio di conseguenze dirette immediate per la salute dell'uomo e la sua sopravvivenza.

[1] Con la sola possibilità per questo indicatore di essere sottostimato per le conoscenze sulle specie e al biodiversità che ancora mancano (si ricordi che la stima sulla consistenza numerica della biodiversità secondo gli specialisti può oscillare tra i 5 e i 30 o anche i 100 milioni di specie, contro le 1 milione e 750 mila specie note; riferimenti già riportati in 2.2.2.2).

2.3 L'ipotesi Gaia e la stabilità della biosfera

> *"...per un pianeta vivo, quale nome migliore di Gaia, dato dai Greci alla dea Terra?"* (Lovelock, 1991).

L'ipotesi Gaia viene presentata alla comunità scientifica da James Lovelock[1] già a partire dagli anni '70, acquistando rapidamente diffusione anche ad un pubblico più ampio. Il concetto di Biosfera, invece, si ritrova già a partire almeno dalla seconda metà dell'Ottocento con la definizione che Suess[2] ne dà o col lavoro sul concetto di stabilità di Stoppani (Galleni, 2003), ma si può risale almeno al 1785 con Hutton[3] (Lovelock, 1991).

Tale concetto sarà comunque ripreso abbondantemente dopo Hutton, ad esempio negli studi di Vernadskij, Teilhard de Chardin, ed anche Yermolaev, Eugene Odum (e molti altri) per definire i confini del regno del biota, per gli studi di biologia evolutiva e

[1] Nato nel 1919, medico, biofisico, chimico e inventore, ha lavorato per il National Institute for Medical Research di Londra e per la NASA (Lovelock, 1991).

[2] Edward Suess nel 1785 introduce per primo e in maniera 'accidentale' il termine 'biosfera' (Lovelock, 1991).

[3] James Hutton nel 1785 ad una riunione della Royal Society di Edimburgo disse che la Terra era un superorganismo e che il suo studio era di pertinenza della fisiologia (Lovelock, 1991, p. 25).

le implicazioni che con essa tale concetto necessariamente presenta (Lovelock, 1991; Galleni, 2003).

La categoria fondamentale della formulazione dell'ipotesi Gaia è che l'insieme dei viventi del pianeta Terra, le relazioni che hanno tra loro e con gli ambienti fisici, i loro ecosistemi (ovvero, la biosfera nel suo complesso) possa essere considerato proprio *come un* grande organismo (Lovelock, 1991; Galleni, 2003).

Lovelock nelle sue opere compie un grande sforzo cercando di presentare in maniera ordinata e comparata la gran parte di tutti quei dati e modelli arrivati sino a lui sull'evoluzione geologica della Terra e dei viventi che l'hanno abitata.

A partire dalla comparazione tra i dati a lui disponibili e gli studi di James Walker e altri, che cercano di spiegare la bassa concentrazione di CO_2 atmosferica solo attraverso i dati e i processi geochimica, Lovelock vuole dimostrare come quei meccanismi da soli non siano sufficienti a spiegare i dati odierni (la concentrazione di CO_2 prevista per gli anni '80 da tali calcoli risulta circa 100 volte superiore a quella riscontrata effettivamente); questo e altri dati sono stati studiati e presentati da Lovelock per dimostrare che la comparsa della vita sulla Terra e la sua successiva evoluzione hanno concorso in maniera del tutto rilevante alla trasformazione della Terra stessa non soltanto 'esteticamente', ma anche per quell'insieme di caratteristiche chimico-fisiche del pianeta così come oggi lo conosciamo e come ci è possibile immaginarlo dai dati che pervengono a noi del suo passato. Esempio semplice ed affascinante quello del modello "Daisyworld", usato da Lovelock per mostrare come anche una sola specie con la sua presenza possa alterare le condizioni climatiche del pianeta intero (in concomitanza delle variazioni di albedo del pianeta dovute alle diverse tonalità di colore

che la margherita in questione abitante il pianeta ideale assume; per i diversi modelli ed un approfondimento si veda in Lovelock, 1991).

Si introduce così un'altra categoria fondamentale dell'ipotesi Gaia, quella degli anelli di retroazione o a feedback (Odum, 1988; Lovelock, 1991; Miller, 1997; Wilson, 1999; e altri). Si tratta di un concetto molto usato in fisica, ecologia, biogeochimica, etc; la teoria dei controlli, o cibernetica[1], simula sistemi capaci di regolarsi automaticamente: le parti del sistema devono essere strettamente accoppiate se si vuole che il tutto funzioni (Pasolini, 1989; Lovelock, 1991).

A livello di biosfera parlare di cibernetica significa cogliere le relazioni tra vari fenomeni, notando come esistano anelli di retroazione volti a mantenere un equilibrio (che sembra essere calibrato sui valori dei vari parametri più favorevoli alla vita sulla Terra); equilibrio che risulta dinamico perché attivamente mantenuto, ma dalla regolazione estremamente sottile e delicata (Lovelock, 1991; Volk, 2001). "L'inclusione di un feedback ambientale rende stabile il sistema di equazioni differenziali usate per descrivere la crescita e la competizione delle specie", tanto per il modello Daisyworld quanto per quelli ricavati dallo studio della biosfera (Lovelock, 1991).

Tornando alla teoria nel suo insieme, essa fornisce una visione della Terra in cui:

1. La vita è un fenomeno su scala planetaria. Su questa scala è quasi immortale e non ha bisogno di riprodursi.
2. Non ci può essere l'occupazione parziale di un pianeta da parte degli organismi viventi. Non sarebbe permanente: sarebbe come mezzo animale. Per il controllo dell'ambiente è necessaria la presenza, sul pianeta, di un numero sufficiente di forme viventi. Se l'occupazione è

[1] Deriva dal Greco *kibernetiké (téchne)*, ovvero (arte del) pilota, del nocchiero, dal verbo "governare il timone" (D'anna *et al.*, 1988).

incompleta, le ineluttabili forze dell'evoluzione chimica e fisica finiscono presto per renderlo inabitabile.

3. La nostra interpretazione della grande visione di Darwin è nuova. Gaia richiama l'attenzione sulla fallibilità del concetto di adattamento. Non basta dire "gli organismi meglio adattati hanno maggiore probabilità di avere una discendenza". È necessario aggiungere che la crescita di un organismo altera l'ambiente fisico-chimico; l'evoluzione delle specie e quella delle rocce sono dunque un solo, indivisibile processo.
4. L'ecologia teorica riceve nuova linfa: avendo considerato le specie insieme al loro ambiente fisico, come un unico sistema, riusciamo a figurarci, per la prima volta, mondi matematicamente stabili che includono un grande numero si specie in competizione. In questi modelli, l'aumento del numero di specie consente una migliore regolazione (Lovelock, 1991).

Si evince, inoltre, una "visione del vivente come necessario alla stabilità e co-evolutore del pianeta" (Lovelock, 1991).

A questo punto potremmo tentare una sintesi di quanto viene introdotto con la teoria di Gaia e delle considerazioni che emergono da essa e dal lavoro svolto e riproposto da altri autori a riguardo.

La differenza più sostanziale tra il pianeta Terra e gli altri pianeti raffrontabili per dimensioni, distanza dalla propria stella, condizioni iniziali, etc., è rappresentata dalla presenza della vita. Presenza che per quanto sembri occorsa spontaneamente o casualmente, ha determinato cambiamenti a livello globale per il pianeta trasformandolo profondamente: propria la vita avrebbe permesso all'acqua di rimanere sulla superficie del pianeta e nella sua atmosfera, e avrebbe regolato nel corso delle ere geologiche le concentrazioni dei gas presenti nell'atmosfera stessa, sino ai giorni nostri (Lovelock, 1991; Galleni, 1998; Volk, 2001).

Questo mostra una sorta di continua evoluzione dei viventi strettamente connessa ai cambiamenti ambientali che avvenivano e che in realtà sembrano essere imputabili in misura considerevole proprio alla loro presenza ed attività vitale sulla

Terra stessa, coerentemente alle teorie ecologiche ed evoluzionistiche e all'idea di adattamento dei viventi, ma su una scala estremamente ampia quale è quella globale (Lovelock, 1991; Miller, 1997; Wilson, 1999; Volk, 2001; Goldsmith, 2001), apparendo come una sorta di grande organismo che evolve nel tempo (Lovelock, 1991; Volk, 2001; altri).

L'impostazione secondo cui si può considerare il sistema Terra come un grande organismo molto complesso, ci porta a considerare come tutto evolva in relazione con il contesto, inteso come l'insieme degli altri viventi e dei comparti non viventi (ed includendo le relazioni stesse fra tutte le varie parti nel sistema), spostando l'attenzione dal singolo gene, dal singolo organismo, o specie, o popolazione, o ecosistema al complesso flessibile che li comprende ("L'unità di sopravvivenza è l'organismo *più* l'ambiente *più* le interazioni ambiente-organismo", Bateson, 1983).

La grande novità portata da Lovelock sembra collegata al fatto che la vita nel suo insieme, nel suo complesso, sembra evolversi per mantenere la vita (Galleni, 1998). Sembra cioè che il fenomeno vita con i cambiamenti che ha apportato a questo pianeta altro non abbia fatto se non regolare i parametri del sistema per mantenere le condizioni più adatte alla sua sopravvivenza sul pianeta sotto le varie forme passate sul pianeta e arrivate fino a noi (Lovelock, 1991; Galleni, 1996; Volk, 2001; Galleni, 2003); questo sarebbe stato reso possibile dalla complessa rete che collega i vari compartimenti coi loro meccanismi fra loro (cicli biogeochimici, ecosistemi, etc.).

Ne risulta un sistema volto al mantenimento della stabilità di alcuni suoi parametri.

2.3.1 Stabilità, equilibri e diversità

Abbiamo già introdotto nella sezione precedente il concetto di cibernetica e l'idea che siano presenti all'interno del sistema Terra alcuni anelli di controllo, o feedback[1], che sembrano regolare sul lungo periodo l'evoluzione del sistema Terra.

Tutti questi anelli di retroazione, o di feedback negativo, avrebbero la funzione (o comunque il risultato) di regolare il sistema attorno ad alcuni valori per parametri quali, ad esempio, la temperatura globale o le concentrazioni di gas atmosferici, determinando la sostanziale stabilità del sistema stesso nel suo complesso e mostrando dunque come già detto una sorta di equilibrio dinamico finemente regolato, riguardo la cui resistenza, resilienza o fragilità oggi ci si interroga da più parti (Galleni, 1998; Cafaro, 2003; Galleni, 2003; Lehman, 2004; e altri).

Due sono i fattori fondamentali da prendere in considerazione a questo proposito: l'ordine di grandezza temporale degli avvenimenti e la composizione attuale del sistema nel suo complesso.

Per quanto riguarda i tempi, gli autori che hanno studiato i fenomeni in questione concordano nel ritenere che l'ordine di grandezza dei cambiamenti e delle successive risposte da parte di Gaia sia quello geologico: la sua capacità di reagire e

[1] Si parla di feedback negativi, se sono volti a inibire un processo al crescere di quello così da mantenerlo al di sotto di un valore o all'equilibrio rispetto un dato valore (e si parla a questo proposito di omeostati); positivi, nel caso in cui siano rivolti ad amplificare un fenomeno allorché questo insorga o superi un valore soglia, dando luogo ad un vero e proprio effetto esplosivo (Moroni *et al.*, 1983; Vismara, 1992; e altri).

regolarsi è stata straordinaria, ma sempre vista sul lungo periodo (Lovelock, 1991; Miller, 1997; Benci *et al.*, 1998; Galleni, 1998; Wilson, 1999; Volk, 2001; e altri).

Per quel che riguarda la composizione attuale di Gaia e l'evoluzione che l'ha interessata, bisogna considerare che ancora oggi l'uomo deve studiare e approfondire moltissimi dei meccanismi che avvengono all'interno di Gaia (comparandoli con l'evoluzione che li ha visti coinvolti sui tempi geologici; da Wilson, 1999). Parimenti bisogna considerare anche i progressi fatti e gli studi sempre più numerosi che si interrogano sulla diversità biologica e il suo ruolo in Gaia.

Ciò che emerge è che sistemi maggiormente complessi mostrano una maggior stabilità perché minimizzano i rischi sul lungo periodo, associando alla variabilità (la biodiversità) un ruolo di pre-adattamento dei sistemi sul lungo periodo e su una scala ampia (Rammel, 2002). Questa è la stessa tesi sostenuta da molti autori, con passaggi e sfumature non troppo dissimili (Lovelock, 1991; Benci *et al.*, 1998; Galleni, 1998; Wilson, 1999; Shiva, 2001a, 2001b, 2002; Volk, 2001; Galleni, 2004b; e altri).

2.4 Conclusioni: lo stato di Gaia e l'uomo

Abbiamo preso in esame lo stato della Terra sottolineando alcuni aspetti quali l'andamento della temperatura media della superficie terrestre e lo stato della biodiversità.

In questo modo abbiamo riscontrato l'aumento in atto della temperatura evidenziando le conseguenze che questo fenomeno mostra sul clima globale e cogliendo i legami tra il fenomeno in sé e le attività umane: sembra di fatto che proprio le attività umane siano alla base di un cambiamento rilevante per un periodo di tempo molto ristretto rispetto all'andamento riscontrato nelle epoche passate. Tra le cause principali abbiamo visto la deforestazione eccessiva da parte dell'uomo e la combustione di legname e combustibili fossili con liberazione nell'atmosfera di quantità enormi nel breve periodo (scala geologica) di gas serra quali, ad esempio, l'anidride carbonica che era stata intrappolata nel corso di intere ere geologiche in quelle riserve che sono, appunto i combustibili fossili.

Per lo stato della biodiversità è stato messo in evidenza che, se da un lato sembriamo davanti al momento di picco per la biodiversità nella nostra epoca, dall'altro sembra che l'uomo con le sue varie attività sia la causa principale dell'avvio di quella che appare come la sesta grande estinzione di massa, forse già in atto.

Tra le attività principali che abbiamo visto stare alla base del momento critico per la biodiversità troviamo lo sfruttamento eccessivo di alcune sue risorse, l'inquinamento degli habitat o la loro distruzione, l'introduzione di specie alloctone, la deforestazione eccessiva, l'introduzione della monocoltura su vaste aree, l'alterazione degli ecosistemi in generale, l'aumento di temperatura media superficiale terrestre.

È a questo punto che la teoria di Gaia e gli studi fatti a riguardo dicono qualcosa di nuovo a proposito dello stato della Terra.

Difatti, la rilevanza assunta dai cambiamenti in atto e dall'impatto di alcune attività umane sull'ambiente con le cause che ne seguono aumenta considerevolmente di

proporzione considerando l'esistenza non soltanto a livello locale, circoscritto, ma soprattutto a livello globale di equilibri regolati a vari livelli da complesse (e delicate) reti di relazioni tra i vari comparti, etc..

Questo perché alcune modifiche che l'umanità nel suo complesso sta apportando all'ambiente non soltanto determinano l'impatto o il danno riscontrato e affermato o previsto in vario modo, ma rischiano di determinare cambiamenti a livello dei sistemi di controllo dell'omeostasi del sistema stesso.

A questo punto lo scenario potrebbe aggravarsi fortemente: in primo luogo si deve considerare che devono essere condotti ulteriori studi che approfondiscano i sistemi di controllo di Gaia, siano essi cicli biogeochimici, reti di interazioni all'interno degli ecosistemi e quant'altro, appunto, non sia stato ancora colto ed evidenziato; fatto questo che spiega anche la conoscenza comunque parziale delle conseguenze delle alterazioni degli equilibri individuati e studiati. Dunque non abbiamo tutti gli strumenti necessari a fornire indicazioni precise e dettagliate sugli effetti delle alterazioni in corso, né si può affermare di avere monitorato esaurientemente le alterazioni provocate dall'uomo o che comunque sono in corso.

In secondo luogo, per quello che sino ad oggi è stato studiato, si può affermare che l'alterazione del clima cui si assiste, l'alterazione della composizione atmosferica, l'alterazione di alcuni cicli come quello del carbonio, rappresentano le conseguenze di alcuni fenomeni, ma anche un campanello di allarme del fatto che alcuni equilibri sono stati alterati, con ulteriori conseguenze. Non si può affermare con certezza se questo effetto sia reversibile, arrestabile, o quale sia l'insieme di tutte le conseguenze che porterà con sé.

Bisogna considerare, ad esempio, che l'aumento della temperatura degli Oceani potrebbe abbassare la loro capacità di assorbire la CO_2 fino a provocare un'inversione di tendenza[1] e fargli cedere CO_2, rompendo in questo modo un anello di retroazione che diventerebbe a feedback positivo con conseguenze gravissime sugli equilibri del pianeta (Cianciullo, 2004). Un'alterazione di tale portata indica in maniera significativa quanto danneggiare uno dei sistemi di controllo può avere conseguenze forse ancora non del tutto prevedibili sullo stato di tutta la biosfera. Abbiamo già evidenziato, inoltre, che il cambiamento della temperatura media superficiale terrestre sembra essere una tra le cause (o concause) della perdita di biodiversità (com'è stato mostrato; si veda in 2.2.2.3).

Bisogna, inoltre, tenere conto del fatto che la perdita di biodiversità non soltanto ha conseguenze immediate anche per le attività umane espresse in precedenza (vedi 2.2.2.1), ma mette in crisi quella che appare essere una delle risorse e dei sistemi di regolazioni che Gaia ha al suo interno, anche tenendo conto che "la stabilità ecologica è associata alle interazione tra le specie" (Shiva, 2001a; si veda inoltre in 2.3.1). Mettere a repentaglio lo stato della biodiversità in tempi brevi rispetto al normale corso della storia di Gaia potrebbe significare alterazioni sul lungo periodo dalle conseguenze rilevanti non soltanto per la "biodiversità in sé", ma per Gaia stessa (Lovelock, 1991).

A questo punto, delineandosi in maniera sempre più chiara una visione d'insieme del quadro, si comprendono i dubbi espressi da molti autori che l'uomo con la

[1] La capacità dei gas di disciogliersi in una soluzione è dipendente anche dalla temperatura: variando la temperatura, varia la percentuale di gas disciolto in soluzione, quale gli oceani a contatto con l'atmosfera.

sua condotta rischi di compromettere il futuro del pianeta, o forse il futuro dell'umanità; rischiamo di imparare sulla nostra pelle che l'organismo che distrugge il suo ambiente distrugge se stesso (Bateson, 1983).

Così alla riflessione sull'importanza e ruolo relativo dell'uomo e della biodiversità su Gaia, col ragionevole dubbio che tutti i viventi abbiano di per sé dignità al di là del valore monetario o affettivo che l'uomo sembra riconoscere loro (Carson, 1979; Miller, 1997; Wilson, 1999; Shiva, 2001a, 2001b, 2002; Morandini, 2003; Bordeau, 2004 ; Lehman, 2004; e altri; si veda anche in 1.2.4.1 e più avanti in *3.3.3*) si va a sommare il problema dell'urgenza: "è ora chiaro a molti che immensi pericoli di catastrofe sono germogliati sugli errori epistemologici occidentali. Essi vanno dagli insetticidi all'inquinamento, (…), alla possibilità di fusione della calotta antartica" (Bateson, 1983); si riafferma il principio di precauzione (Bordeau, 2004; Galleni, 2004a; Lehman, 2004; e altri), visto almeno nell'ottica che le modifiche che l'uomo ha apportato e sta apportando all'ambiente sono troppo rapide perché l'uomo stesso riesca ad indagarne con certezza l'entità delle conseguenze (e a maggior ragione perché sia in grado di fronteggiarle efficacemente). Conseguenze che sembrano potersi manifestare con un carattere di irrimediabilità[1] che non ha motivo di far pensare che resteranno inalterate le possibilità di sopravvivenza su questo pianeta se non per la vita nel suo insieme, almeno per l'umanità stessa.

[1] Una specie persa è persa per sempre (Wilson, 1999), ed una regolazione danneggiata non necessariamente può essere "riparata dall'uomo" o recuperare le sue peculiarità (Odum, 1988; Lovelock, 1991; Volk, 2001).

In sintesi, la teoria di Gaia ci dice che è necessario un approccio più ampio allo studio della biosfera nei suoi singoli aspetti, con particolare attenzione alle interconnessioni esistenti fra i vari compartimenti o fenomeni; che lo stesso approccio più ampio dovrebbe essere considerato studiando la biologia evolutiva con le riflessioni che ne conseguono (Galleni, 2003; e altri, si riveda in 1.2.4.1); che lo stato della Terra manifesta caratteristiche di crisi imputabili in larga misura alle attività antropiche che vanno riconsiderate in una visione d'insieme; anche per questo bisogna riconsiderare il principio di precauzione nelle interazioni dirette (e non) che l'uomo ha con l'ambiente; questo vale in special modo nei confronti della biodiversità, la quale, tra l'altro, ci "impartisce una lezione esemplare di cooperazione (e non di competizione), traducibile nella regola che il grande dipende dal piccolo, per cui sterminare il piccolo equivale a cancellare un'altra possibilità di sopravvivenza" (Shiva, 2001a).

Tutte queste osservazioni e considerazioni ci introducono al tema, tanto vasto quanto dibattuto, che sia necessario praticare uno 'sviluppo' che sia 'sostenibile' per il futuro dell'umanità. Tema che sarà introdotto ed affrontata nel Capitolo successivo.

APPENDICE AL CAPITOLO 2

2.A.1 Stoccolma, Rio, Johannesburg: breve rassegna del percorso storico

1972: Conferenza di Stoccolma "Sull'ambiente umano".
Principi stabiliti:

- La libertà, l'uguaglianza e il diritto ad adeguate condizioni di vita
- Le risorse naturali devono essere protette, preservate, opportunamente razionalizzate per il beneficio delle generazioni future
- La conservazione della natura deve avere un ruolo importante all'interno dei processi legislativi ed economici degli Stati

Le NU nella risoluzione 2997 (XXVII) del 15 dicembre 1972 assegna al Consiglio di Amministrazione del Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente (UNEP) le sue funzioni, scopi ed obiettivi.

Club di Roma: viene pubblicato il saggio *I Limiti dello Sviluppo.*

1980: World Conservation Strategy (WCG).
Gli obbiettivi:

- Mantenimento dei cicli vitali e dei processi ecologici essenziali
- Conservazione della diversità genetica
- Utilizzo "sostenibile" delle specie e degli ecosistemi

1982: I Rapporto UNEP sullo stato dell'ambiente nel mondo (1972-1982).

1983: Nasce la World Commission on Environment and Development (WCED).

1987: World Commission on Environment and Development (WCED).
Viene pubblicato *Our Common Future*, noto come Rapporto Bruntland, nel quale si definisce per la prima volta lo sviluppo sostenibile come "lo sviluppo che deve rispondere alle necessità del presente senza compromettere le necessità delle generazioni future".

1988: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).
Creato dalla World Meteorological Organization (WMO) e dall'UNEP.
International Geosphere Biosphere Programme (IGBP, o Global Change Project).

1990: IPCC.
Pubblicazione del primo rapporto.

1992: United Nations Conference on Environment and Development (UNCED), Rio de Janeiro, 3-14 giugno.
Viene istituita una Commissione per lo Sviluppo Sostenibile (CSD), dipendente dal Consiglio Sociale ed Economico delle Nazioni Unite (EcoSoC).
Documenti prodotti:

- Dichiarazione di Rio sull'Ambiente e lo Sviluppo
- Convenzione sui Cambiamenti Climatici, entrata poi in vigore il 21 marzo 1994 (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)
- Convenzione sulla Diversità Biologica, entrata in vigore il 29 dicembre 1993 (Convention on Biological Diversità, CBD)
- Agenda 21
- Principi sulle Foreste

1993: V Programma d'Azione Ambientale della Comunità Europea: "Per uno sviluppo durevole e sostenibile" (febbraio).

1994: Carta delle città europee per uno sviluppo durevole e sostenibile (Carta di Aalborg).
Elabora il concetto di sostenibilità, individua le responsabilità ambientali delle città e le impegna a sviluppare politiche ed azioni positive favorevoli a rendere le città sostenibili.

1995: Gruppo intergovernativo di esperti per lo studio delle foreste.
Viene creato sotto gli auspici della Commissione per lo Sviluppo Sostenibile (CSD) delle NU.
Berlino, 7 aprile. Conferenza internazionale sui cambiamenti climatici.
Doveva ridurre le emissioni di gas-serra nell'atmosfera ad un livello inferiore a quello che si aveva nel 1990, ma si conclude in un nulla di fatto per i contrasti fra delegazioni, con rinvio al 1997.
IPCC.
Pubblicazione del secondo rapporto.

1996: Conferenza di Lisbona "Dalla Carta all'azione".
Le città si impegnano ad attuare l'Agenda 21 a livello locale, riconoscendo le proprie responsabilità nella regolamentazione della vita sociale.

1997: Trattato di Amsterdam (giugno).

Art. 2 "La Comunità Europea promuoverà (…) uno sviluppo sostenibile, armonioso ed equilibrato delle attività economiche, un alto livello di occupazione e sicurezza sociale, l'eguaglianza tra donne e uomini, una crescita economica sostenibile e non inflazionistica (…) un alto grado di protezione e miglioramento della qualità dell'ambiente, la crescita degli standard e della qualità della vita, la solidarietà e la coesione sociale ed economica tra gli Stati membri".

Protocollo di Kyoto.

Impegna i Paesi industrializzati e i Paesi con economia in transizione a ridurre le emissioni di gas in grado di alterare l'effetto serra del pianeta entro il 2010.

1998: Cardiff (giugno).

Il Consiglio d'Europa chiede ufficialmente che le principali politiche economiche e settoriali (agricoltura, trasporti, energia, mercato unico, industria, finanza, sviluppo) facciano proprie anche le responsabilità in termini di impatto sull'ambiente e sviluppo sostenibile.

1999: Helsinki.

Il Consiglio d'Europa rivaluta la transizione verso lo sviluppo sostenibile e decide di concordare strategie d'azione coesive.

2000: New York (aprile). CSD 8.

L'UE propone i seguenti temi da inserire nel programma dei lavori del Summit di Johannesburg:

- Povertà ed ambiente: la dimensione sociale dello sviluppo sostenibile
- Risorse naturali: arrestarne il declino attraverso una maggiore efficienza nell'uso delle risorse
- Ambiente e sicurezza: la potenziale minaccia di conflitti a causa delle pressioni ambientali
- Strategie per lo sviluppo sostenibile: attuazione a livello nazionale e locale di iniziative idonee
- Rafforzamento del quadro istituzionale ed internazionale per lo sviluppo sostenibile
- CSD: riesame del futuro programma di lavoro

Vertice dell'Aia.

Conferma la necessità di controllare le emissioni di gas serra per l'intero globo e di implementare le relazioni internazionali per rendere operativo il Protocollo di Kyoto.

G8 Trieste.

Tre gli argomenti di discussione dei ministri dell'Ambiente degli otto Paesi industrializzati riunitisi:

- Il cambiamento climatico

- Lo sviluppo sostenibile
- L'ambiente e la salute

2001: Göteborg (giugno).
Il consiglio d'Europa adotta una strategia coesiva per uno sviluppo economicamente, socialmente ed ecologicamente sostenibile (*EU Sustainable Development Strategy*) e presenta nuove strategie d'integrazione delle politiche ambientali nei diversi settori socio-economici, al fine di raggiungere uno sviluppo europeo il più possibile sostenibile.
Assieme alla "Strategia per lo sviluppo sostenibile" viene formulato il VI Programma d'Azione Ambientale. Il Sesto Programma Quadro di Ricerca e Sviluppo fissa gli obiettivi e le priorità ambientali che faranno parte integrante della strategia della Comunità europea per lo sviluppo sostenibile e per le politiche ambientali nell'arco dei successivi 5-10 anni ed illustra con diverso dettaglio le misure da intraprendere, suddividendo le tematiche prioritarie in quattro voci principali:

- Cambiamento climatico
- Natura e biodiversità
- Ambiente e salute
- Gestione sostenibile delle risorse naturali e dei rifiuti

Questo Programma sarà riveduto e corretto nel 2005.

G8 Genova.
Si vuole dare sempre più attenzione a povertà, Terzo Mondo e ambiente, mentre appare sempre più evidente il distacco tra movimenti, associazioni, organizzazioni e cittadini attenti ai temi di pace e ambiente, e le istituzioni dei Paesi riuniti.
IPCC.
Pubblicazione del terzo rapporto.

2002: New York (maggio).
L'UE ratifica il Protocollo di Kyoto.
Nairobi (giugno).
L'UE ratifica il Protocollo sulla Biosicurezza.
World Summit on Sustainable Development (WSSD), 26 agosto - 4 settembre, Johannesburg.
Il Summit pone sempre più in evidenza i temi legati alle problematiche sociali ed economiche dello sviluppo sostenibile rispetto alle tematiche ambientali.

→ Lo schema è stato rielaborato, integrato e ampliato a partire da quello presente in Padovani, 2003; le integrazioni allo stesso sono state fatte con le notizie prese dalle varie fonti ufficiali delle NU, UE e altre già citate nel Capitolo 2 e già riportate nei riferimenti bibliografici, cui si aggiungono quelle da Brown *et al.*, 2002; ed anche Brown *et al.*, 2000 e 2003.