

1. L'AMBIENTE

1. Introduzione

Quando si parla d'ambiente, la nostra attenzione può concentrarsi sugli aspetti più diversi che vanno da quello paesaggistico, architettonico, urbanistico (*outdoor* e *indoor*), a quello idrogeologico e biologico. Di qui la difficoltà di dare una definizione univoca di "ambiente", termine molto ampio e vago per la varietà dei problemi ambientali individuati e valutati dagli specialisti appartenenti alle varie discipline e gruppi professionali.

Nell'ultimo cinquantennio l'attenzione è stata rivolta ai reciproci rapporti dei componenti naturali, in particolare ai rapporti che intercorrono tra l'ambiente e l'uomo. La definizione di questi rapporti equivale a dare una definizione dell'etica ambientale. Al riguardo V. R. Potter definiva la Bioetica, nel suo celebre testo "*Bioethics: a bridge to the future*" (1971): scienza della sopravvivenza dell'uomo nell'ecosistema. Successivamente, in "*Global Bioethics*" (1988), affermava la necessità di unificare la bioetica medica e quella ambientale, la prima tesa a risolvere problemi a breve termine, la seconda impegnata a porre in discussione la sopravvivenza della specie umana e dell'intero ecosistema. Infatti, non bisogna dimenticare che l'uomo, nonostante la sua supremazia, non può liberarsi dallo stato d'interdipendenza con l'ecosistema globale. Questa percezione della questione ambientale, in verità, era stata intravista da Aldo Leopold nel 1968, da colui che Potter definisce il pioniere della bioetica prima che questa parola fosse inventata.

Nei documenti del Comitato Nazionale per la Bioetica del 1995 e del 2004, dedicati rispettivamente a *Bioetica e ambiente* e al *Principio di precauzione*, la questione ambientale viene affrontata in modo obiettivo, scevro da condizionamenti ideologici, nel rispetto della Natura, grazie a un'ampia riflessione etica che investe la ricerca scientifica, la società, la filosofia, l'economia, la giurisprudenza. Nel decennio trascorso dalla pubblicazione del primo documento, il dibattito sulla questione ambientale si è incentrato in particolare sulle biotecnologie e sulle fonti energetiche.

2. Il rischio e la sicurezza delle biotecnologie

I timori per i rischi associati alle biotecnologie, in considerazione delle possibili manipolazioni del DNA, si sono manifestati sin dall'esordio di quelle tecnologie che portarono alla moratoria, nel 1972, di tutte le ricerche d'ingegneria genetica per oltre un anno (cfr. Chieffi, 2000). Infatti, le biotecnologie evocano, tra l'altro, importanti questioni etiche, soprattutto in riferimento ai fondamentali diritti dell'uomo alla sicurezza alimentare, all'equilibrio dei sistemi naturali, alla proprietà intellettuale e dei brevetti, alle ripercussioni sullo sviluppo sociale ed economico. In proposito il Consiglio dei diritti genetici, associazione ONLUS, in un documento sottoscritto da numerosi scienziati (2000), esprime preoccupazione per il crescente impiego di organismi geneticamente modificati in agricoltura sulla base di alcuni dati scientifici ai quali dovrebbe essere riservata maggiore attenzione. Ne cito alcuni: i geni che codificano proteine insetticide, inseriti in una vasta gamma di piante transgeniche già rilasciate nell'ambiente, hanno evidenziato effetti di bioaccumulo nella catena alimentare degli insetti e di elevata persistenza nel terreno, con evidenti rischi per la stabilità dell'ecosistema suolo; una controversa, ma ancora non invalidata ricerca, ha dimostrato che patate geneticamente modificate con lectina hanno causato gravi patologie nei topi, come consistenti riduzioni di peso di molti organi, impoverimento della risposta immunitaria e preoccupanti sintomi di infezioni virali. Secondo un recente rapporto sui risultati di una ricerca condotta dal gigante della biotecnologia Monsanto (purtroppo segreto, ma rivelato dal domenicale inglese *Independent on Sunday*), i topi di laboratorio nutriti con il mais transgenico, denominato MON 863, sviluppano gravi anomalie, come reni più piccoli, deficit immunitari e alterazioni della crasi sanguigna.

Il documento del Consiglio dei diritti genetici tiene però a precisare che le giuste preoccupazioni riguardo all'impiego degli organismi geneticamente modificati non devono essere un freno, ma piuttosto uno stimolo alla ricerca scientifica, che sempre più deve essere finalizzata alla verifica dei costi e dei benefici in campo agroalimentare.

Nel caso della transgenesi animate, sebbene l'autotransgenesi di numerose copie del DNA che codifica per la somatotropina favorisca l'aumento della produzione del latte nelle vacche, queste hanno un maggior rischio di infezione e presentano altri problemi di salute.

Un altro esempio è offerto dalla trasformazione genetica dei maiali Beltsville con il gene per l'ormone di crescita umano. Questi animali transgenici crescono più rapidamente, ma sono affetti da cecità, da artrite, ed i maschi sono spesso sterili. In generale, l'introduzione di geni per la re-

sistenza alle malattie infettive e parassitarie negli animali domestici, bovini, suini e ovini ha dato finora risultati contrastanti; si spera che, in futuro, affinando le metodologie si possano superare tali inconvenienti.

Un particolare momento di riflessione richiede il richiamo degli ambientalisti, e non solo, sui possibili danni che l'*inquinamento genetico*¹ potrebbe provocare alla conservazione della *biodiversità*. Infatti, tra le varie ricchezze di un paese (materiale, culturale, biologica), quella biologica è stata finora sottovalutata. Tale ricchezza consiste nell'enorme numero di informazioni genetiche posseduto da ciascuna specie, anche la più piccola, frutto di processi evolutivi durati milioni e milioni di anni.

Ogni microrganismo, ogni organismo animale o vegetale possiede da un milione a 10 miliardi di informazioni nel proprio genoma. L'intervento dell'uomo solo raramente favorisce la conservazione di tale ricchezza in particolare in agricoltura, come quando procede alla sostituzione di molte migliaia di specie con monoculture.

Sarebbe lungo descrivere le numerose cause antropiche di estinzione di specie animali e vegetali che sopravanzano di molto quelle naturali. Secondo il Rapporto del *Worldwatch Institute* (2005), in meno di 100 anni è andato perduto il 75 % della diversità genetica delle colture agricole. Nel caso del grano, fino al 1949 in Cina se ne coltivavano 100.000 varietà, nel 1979 erano appena 1.000. Nelle Filippine il 98% delle varietà di riso è andato perduto in pochi decenni.

Sebbene la sicurezza delle biotecnologie sia confortata dall'assenza di effetti negativi nella produzione di organismi geneticamente modificati in ambienti confinati, ciò non vuol significare che la loro liberazione nell'ambiente sia altrettanto priva di pericolosità, cioè esser causa di inquinamento genetico.

In discussione è soprattutto l'ipotesi d'incidenti che possano coinvolgere le popolazioni esterne ai laboratori. Infatti, nel caso di microrganismi, la loro manipolazione genetica potrebbe portare all'acquisizione di resistenza agli antibiotici. Queste preoccupazioni con il tempo sono andate stemperandosi, per cui le norme di sicurezza si sono allentate in tutto il mondo. Anzitutto perché si è dimostrato che non derivano danni ecologici dall'immissione nell'ambiente di genotipi già esistenti in natura, mentre eventuali danni deriverebbero dall'immissione di organismi veramente "nuovi", cioè non presenti in natura, destabilizzando gli ecosistemi e riducendo la biodiversità.

Sebbene sia ipotizzabile che nel corso dell'evoluzione la natura abbia prodotto tutte le possibili combinazioni genetiche, molte delle quali non sono

1 L'*inquinamento genetico* viene riferito all'eterotransgenesi, cioè alla trasformazione di specie con l'introduzione di geni di altre specie.

sopravvissute, non è da escludere che i duplicati di queste ultime, ottenuti sperimentalmente, possano adattarsi, sopravvivere, moltiplicarsi, diffondersi e divenire dannosi. Inoltre è altrettanto possibile che non tutte le combinazioni genetiche siano state realizzate in natura in quanto si può stimare che un organismo eterozigote per soli 232 geni strutturali, può produrre 10^{70} diversi tipi di gameti. La comparsa del virus dell'HIV ne è la dimostrazione!

Quindi la produzione d'organismi geneticamente modificati richiede particolare considerazione. La regolamentazione in questo campo non differisce da quella che riguarda la produzione di nuove sostanze chimiche. Ciò è vero anche nel caso che la ricombinazione genetica avvenga tra specie appartenenti allo stesso genere. In questo caso, infatti, si potrebbe pensare che il rischio sarebbe inferiore rispetto al trasferimento di geni tra specie appartenenti a generi diversi. Ma tale presunzione è basata, in particolare nel caso di microrganismi, su vecchie classificazioni che non potevano tener conto dei rapporti genetici, per cui specie considerate appartenenti allo stesso genere potrebbero non essere geneticamente simili. Inoltre il trasferimento di geni, così come eventuali delezioni, potrebbe dimostrarsi ecologicamente dannosi a causa della mancata produzione di una proteina o, viceversa, per l'amplificazione della sua produzione. In conclusione, tutti gli organismi geneticamente modificati devono considerarsi potenzialmente dannosi per l'ambiente e per la salute umana.

Nonostante le tecnologie del DNA ricombinante siano ormai relativamente sicure, è ancora considerato rischioso per la salute dei tecnici e dei ricercatori l'uso di particolari sequenze di DNA come quelle corrispondenti ad oncogeni purificati. Tali rischi vengono ovviamente amplificati nelle applicazioni industriali, mentre i rischi per la salute umana sono praticamente limitati quando trattasi per esempio di microrganismi modificati al fine di migliorare la fissazione dell'azoto in campo vegetale, così come il trasferimento di proprietà insetticide di alcuni batteri e virus delle piante. Ormai sono numerose le tecnologie estese al settore agroalimentare, al trattamento dei rifiuti, alla produzione di vaccini, anticorpi, ormoni, etc.

In questo campo esistono poche normative e la maggior parte di queste sono piuttosto generiche per evitare che vadano soggette a frequenti emendamenti dato il progresso continuo delle biotecnologie. Fanno eccezione le industrie, le cui linee guida richiedono invece frequenti aggiornamenti.

Il primo passo della Comunità Europea nel campo della regolamentazione delle biotecnologie e dell'ingegneria genetica risale al 1982 con l'emanazione di una raccomandazione sui rischi connessi alle ricerche sul DNA ricombinante. Inoltre vennero prodotte diverse proposte di direttive tra cui quella della protezione dei lavoratori dai rischi connessi all'esposizione

ad agenti biologici. Nel 1990 sono state approvate le direttive sull'uso del DNA ricombinante in ambienti confinati e sulla liberazione d'organismi geneticamente modificati nell'ambiente. Ciò in considerazione del fatto che gli organismi geneticamente modificati immessi nell'ambiente in piccole o grandi quantità per scopi sperimentali o come prodotti commerciali possono riprodursi e diffondersi oltre le frontiere nazionali, interessando così altri Stati membri, senza dimenticare che i danni che ne deriverebbero potrebbero essere irreversibili. Pertanto nessun organismo geneticamente modificato, progettato per l'immissione deliberata nell'ambiente, può essere commercializzato senza aver preventivamente eseguito verifiche sul campo degli ecosistemi, i cosiddetti *field test*.

Il primo esempio di autorizzazione per l'immissione di organismi geneticamente modificati nell'ambiente risale al 1980 da parte del governo americano, che permetteva l'immissione di un batterio geneticamente modificato, lo *Pseudomonas syringae ice minus*. Si tratta di un batterio che viene privato della proprietà di espellere cristalli di ghiaccio con grande vantaggio per l'agricoltura. Tale impiego venne però contestato, comunque senza risultato, dagli ambientalisti per i possibili perturbamenti climatici provocati dalla scomparsa del batterio originario.

In campo agrario la normativa che regola la coltivazione sperimentale di organismi geneticamente modificati è abbastanza rigida e prevede che vengano garantite alcune misure per isolare la coltivazione transgenica dall'ambiente naturale: la recinzione e la sorveglianza dell'area di rilascio, l'accurato controllo delle acque reflue e tutta una serie di accorgimenti che garantiscano l'isolamento della coltivazione. Pertanto possiamo affermare che le biotecnologie, se praticate correttamente, sono abbastanza sicure.

Recentemente la Commissione Europea ha presentato *Il libro bianco sulla sicurezza alimentare* (2000). Questo comprende oltre 80 provvedimenti legislativi che Bruxelles ritiene necessari in tutti i settori legati all'alimentazione, tra cui è importante l'istituzione di un'agenzia indipendente, denominata "Autorità Alimentare Europea", composta di scienziati, che non solo sorveglierà l'applicazione delle norme di sicurezza, ma svolgerà anche un compito di prevenzione alimentare.

3. Il principio di precauzione

L'imprevedibilità degli effetti dei prodotti degli organismi geneticamente modificati sulla salute umana e sull'ambiente, che si potranno conoscere soltanto attraverso accurate indagini protratte nel tempo, ha

portato all'applicazione del cosiddetto *principio di precauzione*. Questo principio trova origine in alcune analisi dell'impatto ambientale dello sviluppo industriale e tecnologico proposte dai movimenti ambientalisti del Nord Europa negli anni Settanta e Ottanta dello scorso secolo. Per i suoi fautori, il principio si risolve nella seguente posizione: quando l'intensificazione tecnologica è in discussione, e non si hanno garanzie di completa assenza di impatto ambientale, meglio essere dalla parte della sicurezza che da quella del rischio. Per gli oppositori, questo principio subordinerebbe il ruolo e il contributo della scienza alla conoscenza dei fenomeni e all'accertamento del rischio effettivo, ed è visto come un limite al progresso tecnologico.

In verità tale principio lungi dall'indurre ad un'aprioristica demonizzazione dell'impiego degli organismi geneticamente modificati, spinge piuttosto ad un atteggiamento di estrema prudenza in modo da valutare attentamente i rischi e quindi la "probabilità" e la "gravità" di un effetto nocivo per la salute. In altri termini, il principio precauzionale attribuisce la preferenza alla esigenza di prevenire anziché a quella, più gravosa, di procedere a un risarcimento, in presenza di un danno irreversibile (cfr. *Documento del Comitato Nazionale per la Bioetica sul principio di precauzione*, 2004).

4. Il principio di responsabilità

Il principio di precauzione coinvolge un altro principio, il *principio della responsabilità* dello scienziato. Gli straordinari progressi della ricerca biologica pongono lo scienziato, anche involontariamente, dinanzi a degli accadimenti di cui si ignorano i possibili effetti. In tali circostanze sarebbe allora sensato, oltre che rappresentare un impegno morale, interrogarci su cosa sia "lecito" o "non lecito" fare, "quanto avanti si può andare" o "dove bisogna fermarsi". Il principio di responsabilità quindi esige un'adeguata ponderazione delle possibili ricadute di ogni azione umana sull'altrui esistenza (comprese le generazioni future); induce perciò ad un'attenta analisi delle biotecnologie non solamente in funzione dei fini perseguiti, dei mezzi impiegati e delle circostanze in cui avviene l'applicazione, ma anche in riferimento alle esigenze prevedibili di un'attività scientifica e tecnica ancora non completamente consolidata dall'esperienza di lungo periodo. Il sopraggiungere di nuove conoscenze, assunte in modo obiettivo e affidabile, potrà indurre a rivedere le politiche di salvaguardia dell'ambiente conformandosi progressivamente ai dati forniti dalla ricerca.

Circa le perplessità mostrate dall'opinione pubblica verso i cibi transgenici, considerati una minaccia per l'ambiente e un pericolo per le stesse generazioni future, contribuisce pure una scarsa e cattiva informazione fornita dai mass media sugli aspetti tecnici della questione al punto di figurarsi una specie di "pornografia genetica". Nei mezzi di comunicazione prevarrebbe cioè un approccio sensazionalistico, mirato allo *scoop* piuttosto che all'approfondimento, che tende ad esaltare più i rischi che i benefici. La scarsa comprensione della scienza da parte del pubblico, causa di diffidenza, malintesi, diffusione di una mentalità antiscientista, comune peraltro ad altre tecnologie, suscita una diffusa domanda di conoscenza scientifica e di trasparenza perché ciascun cittadino sia messo in grado di comprendere e quindi di valutare autonomamente benefici e rischi.

Solo così, attraverso un più intenso coinvolgimento dell'opinione pubblica nelle scelte in grado di incidere sui beni di fondo della persona, potrebbero essere rimosse le preoccupazioni, causa di frequenti manifestazioni di "tecnofobia" e di ostacolo per l'indispensabile avanzamento della ricerca scientifica.

È auspicabile che il dibattito sulle biotecnologie nelle varie sedi istituzionali e non, laiche e confessionali, possa coniugare l'irrinunciabile e prioritaria esigenza di tutelare la salute umana e l'ambiente con quella di sviluppare le potenzialità che la ricerca scientifica e l'innovazione tecnologica sono in grado di offrire (cfr. Jonas, 1993; Pontara, 1995).

5. Fonti energetiche

Non v'è dubbio che la domanda di energia per i bisogni fondamentali dell'umanità andrà sempre più crescendo in particolare per l'aumento della popolazione mondiale. Se attualmente la richiesta di energia si attesta sui 10 TWatts per anno, essa raggiungerà con ogni probabilità i 20 TWatts nel 2030 e i 40-50 TWatts nel 2100. Tali previsioni hanno provocato seria preoccupazione per le seguenti considerazioni sui rapporti esistenti tra fonti energetiche ed ambiente: lo sviluppo economico non può essere sostenuto oltre certi valori dato che contrasterebbe con i limiti delle fonti energetiche tradizionali (combustibili fossili); inoltre, il continuo sviluppo economico che richiede un crescente uso di energia, arrecherebbe gravi danni all'ambiente, in particolare al clima.

Finora si è fatto ricorso per usi diversi a fonti di energia di volta in volta innovative. Il legno è stato la principale fonte di energia, sebbene oggi rappresenti una parte trascurabile del consumo mondiale. Esso venne sostituito

dal carbon fossile per produrre calore e alimentare le macchine a vapore. Lo sviluppo del carbone raggiunse un massimo nel secondo decennio del XX secolo, cui seguì un significativo declino raggiungendo il 26% dell'energia mondiale nel 1999. Più recentemente all'estrazione del carbone si è associata quella del gas naturale, il cui sviluppo è in continua crescita come dimostra la progressione dei consumi mondiali dal 10% nel 1955 al 22% nel 1997 per raggiungere, con ogni probabilità, un massimo nei primi decenni di questo secolo.

L'altro importante combustibile fossile, il petrolio, ha raggiunto il massimo sviluppo percentuale nel 1973 per poi declinare fino al 19% nel 1999.

Di queste fonti d'energia sembrava che il carbone e il petrolio avrebbero ceduto il passo al gas naturale, come previsto da un modello deterministico proposto da alcuni studiosi, ma ampiamente disatteso. Infatti, le proporzioni di tutti e tre i combustibili naturali sembrano mantenersi costanti. Si calcola che nella prima metà di questo secolo il consumo di energia nel mondo aumenterà del 30% come è stato già accennato.

Per quanto riguarda la disponibilità dei combustibili fossili, verso la metà del secolo scorso si temeva che si avviassero all'esaurimento, secondo il famoso studio sui limiti dello sviluppo commissionato dal Club di Roma al prof. J.W. Forrester del *Massachusetts Institute of Technology* (1971). Il modello matematico elaborato in questo studio si basava sulle seguenti variabili: risorse naturali, fabbisogno di energia, popolazione, produzione agricola e industriale, terre coltivabili.

La conclusione cui giunse Forrester era a dir poco pessimistica in quanto prevedeva una grave crisi dovuta all'esaurimento dei combustibili fossili, oltre alla riduzione delle aree agricole a seguito dell'aumento della popolazione e alle conseguenti costruzioni. Tali previsioni fortunatamente si sono rivelate errate per la scoperta di nuovi giacimenti di gas naturale, come anche di enormi riserve di carbon fossile che da sole potrebbero soddisfare la domanda di energia per molti secoli a venire.

Le stesse considerazioni valgono per il petrolio. Nel 1950 la produzione annuale di petrolio era di quattro bilioni di barili, cioè appena sufficienti per le necessità energetiche di circa 22 anni. Sorprendentemente l'attuale consumo di petrolio supera i 640 miliardi di barili per anno. Secondo le previsioni della *United States Geological Survey* del 1995, le riserve ammonterebbero intorno a 1,4 e 2,1 trilioni di barili di petrolio. È evidente la difficoltà di fare previsioni sulla probabile disponibilità di questa importante fonte energetica. Ciò implicherà problemi che riguardano in particolare l'impatto ambientale. Infatti, l'ulteriore incremento dell'anidride carbonica potrebbe provocare un ulteriore riscaldamento del pianeta.

Nel dicembre 1997 venne negoziato a Kyoto un protocollo da oltre 160 paesi durante la Conferenza quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici. I paesi aderenti si impegnarono a ridurre entro il periodo 2008-2012 l'emissione di gas a effetto serra, in particolare l'anidride carbonica di almeno il 5 % rispetto ai livelli del 1990. Erano invece esclusi dal negoziato i paesi in via di sviluppo, come Cina e India, per evitare di ostacolarne la crescita economica.

Il rispetto degli accordi di Kyoto ovviamente prevede sacrifici economici per cui diviene necessario che questi siano equamente distribuiti tra tutti i paesi. D'altra parte alcuni analisti economici ritengono che il riscaldamento del pianeta possa influire beneficamente sulla produzione agricola nelle aree temperate e fredde del pianeta. Inoltre il bilancio costi-benefici nella riduzione della emissione di anidride carbonica sembrerebbe pendere piuttosto a favore dei primi. Non solo, ma c'è chi addirittura, come Michael Crichton (2005), afferma con decisione che la teoria sul surriscaldamento terrestre, provocato dall'emissione eccessiva di gas a effetto serra nell'atmosfera, non ha fondamenti scientifici.

Secondo Crichton, che ha raccolto dati di vari osservatori, le variazioni climatiche sono minime, cicliche (nel Settecento in Europa faceva più caldo di adesso), per cui se un giorno smetteremo di utilizzare combustibili fossili sarà per semplice convenienza economica. Comunque a torto o a ragione la politica e la sensibilità etica spingono per una riduzione dell'emissione di gas a effetto serra. Si tratta quindi di stabilire i livelli e i tempi di tale riduzione e soprattutto chi se ne farà carico.

Dopo la Seconda Guerra Mondiale, nei programmi energetici è entrata anche l'energia nucleare che ha avuto un grande sviluppo negli anni Settanta quando raggiungeva circa l'8% del consumo energetico mondiale poi bloccato per impopolarità.

Tale impopolarità è dovuta al pericolo della radioattività, alla insicurezza delle centrali nucleari, alla difficoltà dello smaltimento dei rifiuti radioattivi, alla proliferazione delle armi nucleari, all'impatto ambientale. D'altra parte non bisogna dimenticare i grandi vantaggi offerti dall'uso del nucleare nella ricerca biomedica e nelle numerose applicazioni industriali, persino in quelle dell'esplorazione dello spazio.

Senza negare i possibili rischi dell'uso dell'energia nucleare, dovuti a cause accidentali o all'impiego di materiale fissile per scopi militari o terroristici, è compito della società civile di provvedere a un controllo severo del suo impiego. Il destino dell'energia nucleare dipende quindi dalla capacità dell'uomo di saper utilizzare responsabilmente le sue conquiste scientifiche. Se non si ha fiducia in tale capacità, il futuro dell'umanità

resta purtroppo oscuro. Perciò l'energia nucleare è dai più considerata una della più promettenti fonti energetiche (Vendryes, 2000).

Tra le fonti energetiche alternative o rinnovabili che si vanno sperimentando in vista del declino del petrolio come fonte energetica principale, oltre ad alcuni combustibili fossili non convenzionali, come l'olio di scisto e il catrame naturale, sono da menzionare l'energia fotovoltaica, l'energia eolica, l'energia all'idrogeno, la biomassa². Si tratta di fonti energetiche per lo più intermittenti, attualmente di costo elevato, che in alcuni casi contrastano con il rispetto dell'ambiente per ragioni che richiederebbero troppo tempo per essere illustrate in questa sede (cfr. Débeir, Déleage e Hémery, 1987; Mottana e Pignotti, 2000).

Molto recentemente si è tornato a parlare di "fusione nucleare". Si tratta del progetto "Iter" cui hanno aderito l'Unione Europea, Russia, Cina, Giappone e Corea del Sud. Il progetto prevede la costruzione di un reattore nucleare di grandissima potenza che servirà alla ricerca sulla fusione nucleare stellare e a trovare soluzioni per produrre un'energia di consumo praticamente illimitata ed ecologicamente pulita rispetto alle attuali centrali nucleari. Questo reattore, che richiede un investimento di 10 miliardi di Euro nei prossimi 30 anni, sarà costruito in Francia a Cadarache nella regione di Marsiglia.

6. Lo sviluppo sostenibile

La questione ambientale è andata sviluppandosi sulla base dei principi enunciati nell'Agenda 21 della Conferenza di Rio sullo "sviluppo sostenibile" (1992)³. In verità il problema della sostenibilità ambientale entra

2 *Biomassa* è definito il materiale organico di origine vegetale o animale, non fossile, non utilizzabile per fini industriali o alimentari

3 Lo sviluppo sostenibile è stato definito come "uno sviluppo che soddisfa le esigenze del presente senza compromettere le possibilità delle future generazioni di soddisfare le proprie".

Alla Conferenza di Rio del 1992 sono seguite numerose iniziative con lo scopo di impostare le politiche internazionali, nazionali e locali e di coinvolgere responsabilità e azioni di tutti gli Stati. I principali incontri sono stati:

1992 *V Programma d'azione dell'Unione Europea* a favore dell'ambiente, sottotitolato "per uno sviluppo durevole e sostenibile";

1993 *Piano nazionale per lo sviluppo sostenibile in Italia*, in attuazione dell'Agenda 21;

1993 *Risoluzione di Bruxelles*, per regolare lo scambio di esperienze e lavorare verso comuni obiettivi, influenzando politica e le normative ambientali europee;

1994 *Carta di Aalborg*, primo passo dell'attuazione dell'Agenda 21;

nell'agenda internazionale già nel 1972, anno in cui le Nazioni Unite promuovevano la conferenza ONU sull'ambiente umano, conosciuta anche come Conferenza di Stoccolma. Dopo la sua prima definizione nel 1987 nel rapporto Brundtland, l'idea di sviluppo sostenibile ha cominciato ad essere sperimentata e applicata ai livelli nazionali, regionali e locali.

Fino a qualche decennio fa economia ed ecologia non prevedevano reciproche interazioni. Da un lato la natura era considerata un serbatoio inesauribile di risorse e un ricettacolo di rifiuti altrettanto inesauribile, dall'altro lato l'uomo rappresentava una fonte relativamente piccola di disturbo per il normale funzionamento degli ecosistemi.

Dalla rivoluzione industriale del XIX secolo l'impatto antropico sulla Natura è andato crescendo geometricamente, tanto da suggerire a Paul Crutzen (2002), Premio Nobel per la Chimica nel 1995, di denominare "Antropocene" il periodo geologico iniziato nella seconda metà di questo secolo, per il ruolo centrale che l'uomo svolge nella modificazione dei sistemi naturali.

Tra le cause principali, oltre l'effetto serra, l'assottigliamento della fascia d'ozono e la perdita di biodiversità, bisogna ricordare l'enorme crescita demografica che ha visto aumentare la popolazione umana da un miliardo e duecento milioni di persone nel 1850 agli attuali 6,2 miliardi di

1995 *Carta di Valencia*, con cui le regioni si impegnano a perseguire gli scopi dello sviluppo sostenibile.

1996 *Conferenza di Lisbona*, per l'aggiornamento della carta di Aalborg in senso più applicativo attraverso indicatori, gestione ambientale, VAA, VAS, EMAS, etc.;
1997 *Conferenza di Göteborg*, per l'attuazione e gli ulteriori sviluppi della legislazione ambientale dell'Unione Europea;

1999 *Conferenza di Wexford*, dedicata alla protezione del clima attraverso l'utilizzo di energie pulite, il risparmio energetico e interventi nel Campo dei trasporti, della pianificazione territoriale e della forestazione;

1999 *Dichiarazione di Siviglia*, della Conferenza Euromediterranea con lo scopo di coinvolgere le città del bacino mediterraneo per valutare, a livello delle loro realtà, l'applicazione della Carta di Aalborg;

1999 *Carta di Ferrara*, che ha per obiettivo, tra l'altro, di promuovere le raccomandazioni dell'Agenda 21 locale in Italia; di monitorare, diffondere e valorizzare le esperienze positive in corso al fine di identificare "modelli" di riferimento migliori; di concorrere alla costruzione di un "contributo" italiano al movimento internazionale dell'Agenda 21;

2000 *Appello di Hannover*, sottoscrizione di un appello, da parte di 250 autorità locali di Paesi europei, affinché l'Agenda locale 21 venga sostenuta nei paesi e nelle regioni che non si sono ancora impegnati nel processo di sviluppo sostenibile;
Processo Rio+10 di Johannesburg, valutazione degli obiettivi raggiunti 10 anni dopo la Conferenza di Rio.

persone con conseguente crescita di bisogni materiali e della produzione di scarti e rifiuti.

Tutti questi fattori hanno dato luogo ai cosiddetti “cambiamenti globali”. Per tali ragioni gli economisti hanno ritenuto necessario modificare l’approccio economico, introducendo modelli per guidare le decisioni politiche alla luce di questi cambiamenti portati all’attenzione di tutti dagli ecologi e dai climatologi.

Così da una “economia delle risorse naturali” (rinnovabili, come il legname, e non rinnovabili, come il petrolio), che vede la Natura come un sistema in grado di prelevare senza limiti le risorse necessarie all’uomo, si è passati alla moderna “economia ambientale”, che prevede il recupero, il riciclo e il riutilizzo dei residui provenienti dal consumo e dalla produzione di beni e servizi (cfr. Turner, Pearce e Bateman, 1994; Beltratti, 1996).

Contemporaneamente si è andata sviluppando una visione diversa dell’economia, non condivisa da molti economisti, la “economia ecologica”, soggetta alle ben note leggi della termodinamica. La prima di queste leggi stabilisce che materia ed energia non possono essere create né distrutte, in altri termini i flussi di materia ed energia tratti dalla Natura e trasformati in beni consumati devono eguagliare i flussi di energia che dal sistema economico sono restituiti agli ecosistemi. La seconda legge pone un limite al recupero di materia ed energia in quanto una parte dell’energia utilizzata dall’uomo si trasforma in calore non più recuperabile. Quindi nell’economia ecologica lo schema economico-ambientale è più articolato in quanto soggetto alle leggi della termodinamica (cfr. Bresso, 1993).

L’obiettivo da perseguire per il benessere di tutti i cittadini e delle future generazioni è quello di trovare un compromesso tra esigenze di sviluppo socio-economico e il mantenimento quanto più favorevole della qualità della biosfera, definito “sostenibilità della biosfera”. Tale obiettivo richiede il rispetto di uno “sviluppo sostenibile” della società, nel senso più lato della parola, cioè che possa essere mantenuto nel tempo senza compromettere il funzionamento globale della terra e quindi il benessere delle generazioni future.

A conferma della necessità di uno sviluppo sostenibile, sotto la spinta di molti ecologi, ma anche di molti illuminati economisti, si va affermando l’esigenza di rivedere il sistema di misurazione del benessere di una nazione sostituendo al tradizionale PIL (*Prodotto Interno Lordo*, il valore monetario di tutti i beni e servizi prodotti in un anno dalla nazione), gli “indicatori ecologici” che tengano conto del fatto che la produzione di tali beni potrebbe avvenire a scapito della salute degli ecosistemi e del

mantenimento delle risorse naturali, indicatori finora, di norma, non contabilizzati.

Purtroppo, a distanza di oltre dieci anni dalla Conferenza di Rio, i solenni impegni morali assunti per uno sviluppo sostenibile risultano ampiamente disattesi. Infatti, nonostante la Convenzione sul clima, le emissioni globali di anidride carbonica sono aumentate del 9%; malgrado la Convenzione sulla biodiversità, le barriere coralline in via di scomparsa sono aumentate dal 10 al 27%, così come la deforestazione ha raggiunto il 50% dell'antica copertura (cfr. Leme Machado, 2002).

7. Considerazioni finali

La salvaguardia dell'ambiente è divenuto un problema molto serio. La crisi ecologica richiede strategie basate su una coerente visione morale del mondo. La comunità internazionale perciò non può trascurare la dimensione etica della questione ambientale, che va affrontata anche in sede politica e giuridica. Possiamo anzi dire che finché la politica e il diritto non mostreranno di percepire con maggiore impegno tale questione, lo sviluppo della prospettiva etica resta su un piano puramente teorico e, in definitiva, astratto. La presa di coscienza etica si pone proprio nell'attenzione politica e giuridica per la tutela dell'ambiente. Dato il carattere globale dei maggiori problemi ambientali, è interesse comune a tutti i paesi di mettere a punto politiche che mirano a raggiungere uno sviluppo sostenibile in seno a un corretto sviluppo ecologico.

Non bastano però gli appelli dei governi e delle autorità scientifiche per fermare la deriva ambientale ed ecologica. È necessario insistere sulla educazione ambientale sin dalla scuola in modo da inculcare un'etica ambientale che affermi il *diritto alla vita*, il *diritto alla salute*, il *diritto all'ambiente* e, per ultimo, ma non ultimo, il *diritto dell'ambiente*, inteso l'ambiente come un bene in sé stesso, cioè un'entità autonoma che ha diritto alla propria esistenza, come è stato discusso diffusamente nel Documento del CNB *Bioetica e ambiente* del 1995.

I programmi in difesa dell'ambiente devono tener conto delle necessità degli uomini, delle loro famiglie, dei loro valori, del loro retaggio sociale e culturale, ma soprattutto delle loro responsabilità nei confronti delle future generazioni. È necessario quindi conciliare il dovere della tutela dell'ambiente con il diritto fondamentale di tutti i popoli allo sviluppo.

L'esigenza di tutelare l'ambiente non può essere usata per impedire il diritto allo sviluppo, né lo sviluppo può essere invocato per sfruttare l'ambiente. Responsabilità dell'uomo è di giungere ad un giusto equilibrio tra queste due esigenze. Non a caso il Comitato del Premio Nobel per la pace ha lan-

ciato recentemente un segnale significativo, conferendo il Premio per il 2004 a un'ecologa storica, Wangari Maathai, del quale cito i primi due capoversi della motivazione: "*Il Comitato norvegese per il Nobel ha deciso di assegnare il Premio Nobel per la pace nel 2004 a un'ecologa storica, Wangari Maathai, per il suo contributo allo sviluppo sostenibile, alla democrazia e alla pace. La pace sulla terra dipende dalla nostra capacità di assicurare l'ambiente dove viviamo...*".

Bibliografia

- BELTRATTI A., *Models of economic growth with environmental assets.*, Kluwe Academic Publishers, Boston, 1996;
- BRESSO M., *Per un'economia ecologica*, Network Information Service (NIS), Roma, 1993;
- CHIEFFI G., *Il problema della sicurezza delle biotecnologie*, Atti dei Convegni Lincei: *Bioetica e tutela della persona*, n. 159: 51-57, 2000;
- CHIEFFI G., *OGM animali e alimentazione*, Biologi Italiani, 33: 20-23, 2003;
- COMITATO NAZIONALE PER LA BIOETICA, *Bioetica e ambiente*, Presidenza del Consiglio Ministri, Dipartimento per l'informazione e l'editoria, Roma, 1995;
- COMITATO NAZIONALE PER LA BIOETICA, *Il principio di precauzione. Profili bioetici, filosofici e giuridici*, Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento per l'informazione e l'editoria, Roma, 2004;
- CRICHTON M., *Stato di paura*, Garzanti, Milano, 2005;
- CRUTZEN P., *Atmospheric Chemistry in the "Anthropocene"*, in: *Challenges of a Changing Earth* (W. Staffen, D.J. Carson and C. Bradshaw, eds.), Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 2002;
- DÉBEIR J.C., DÉLEAGE I.P. e HÉMERY D., *Storia dell'energia. Dal fuoco al nucleare*, Il Sole- 24 ore, Milano, 1987;
- Documenti dell'Unione Europea, *Libro bianco sulla sicurezza alimentare*, Quaderni della Regione Piemonte, n. 21, 2000;
- Documenti del Consiglio dei diritti genetici Onlus, *Precauzione sugli OGM*. Roma, 2000;
- FORRESTER J.W., *World dynamics*, Wright-Allen Press, Cambridge, 1971;
- JONAS H., *Il principio responsabilità. Un'etica per la civiltà tecnologica*, tr. it., Einaudi, Torino, 1993;
- LEME MACHADO P.A.L., *Nuove strade dopo Rio e Stoccolma*, Rivista Giuridica dell'Edilizia, n. 1: 167-177, 2002;
- MOTTANA A. e PIGNOTTI S., *Environmental problems related to renewable energy Sources*, Atti dei Convegni Lincei: "*Energia e ambiente. Energia nucleare ed energie rinnovabili*", n. 163: 163-182, 2000;
- PONTARA G., *Etica e generazioni future*, Laterza, Roma-Bari, 1995;
- Rapporto della Commissione congiunta delle Accademie Nazionali dei Lincei e delle Scienze, *Le biotecnologie vegetali e le varietà OGM*, Roma, 2003;

- TURNER R.K., PEARCE D.W. e BATERMAN I., *Economia ambientale*, Il Mulino, Bologna, 1994;
- VENDRYES G., *Nuclear energy resources and perspectives*, Atti dei Convegni Lincei: "Energia e ambiente. Energia nucleare ed energie rinnovabili", n. 163: 57-82, 2000;
- WORLDWATCH INSTITUTE, *State of the World 2005. Sicurezza globale*, Edizioni Ambiente, Milano, 2005.