

ENERGIA NUCLEARE: UNA SCELTA IMPOSSIBILE

Angelo Baracca

L'Italia Torna al Nucleare?, Milano, Jaca Book, 2008

1. L'Italia ha bisogno delle centrali nucleari?

Premessa: con le centrali nucleari si produce solo energia elettrica, che è meno di un quinto dei consumi totali di energia. La domanda di energia elettrica presenta notevoli oscillazioni in diverse ore del giorno, tra ore di picco e di minimo della domanda, oltre che variazioni stagionali, o in condizioni eccezionali.

1 – È vero che l'Italia importa energia elettrica, a prezzi molto bassi dalla Francia: ma perché? L'Italia ha una potenza elettrica installata ampiamente superiore alla richiesta (88.300 MW contro 55.600 MW, dati 2006). Ma da quando il settore è stato privatizzato i costi dell'energia elettrica prodotta in Italia sono tra i più alti d'Europa: per cui ci conviene mantenere delle centrali spente e comperare energia dall'estero.

Da parte sua la Francia, con la scelta di produrre il 70 % dell'energia elettrica dal nucleare (ma tutti i governi si sono ben guardati dal privatizzare EDF, *Electricité de France*), si è dotata di un sistema elettrico molto rigido: le centrali nucleari non si possono regolare con la flessibilità degli altri sistemi di generazione, per cui per coprire la domanda di picco la Francia ha in ore di minimo un surplus di energia elettrica, che vende a prezzi molto bassi. Per contro, in situazioni eccezionali deve comperare energia, che essendo energia di picco, paga molto cara (anche se il bilancio è positivo). Peraltro la Francia importa più petrolio dell'Italia, per cui il nucleare non l'ha messa al riparo dalla crisi petrolifera (importa, è vero, meno gas, ma questo è legato a caratteristiche del sistema di riscaldamento non tutte positive).

2 – Ma supponiamo per un momento che l'Italia abbia urgentemente bisogno di energia elettrica. La costruzione di una centrale nucleare richiede come minimo 5 anni (la centrale in costruzione in Finlandia ha già accumulato tre anni di ritardo). Ebbene, la Spagna ha installato lo scorso anno 3.500 MW (milioni di Watt) di energia eolica, ed ha realizzato tre torri solari destinate a fornire l'elettricità all'area di Valenza: l'Italia rimane il fanalino di coda nel campo dell'eolico e del solare. Ed è il paese degli sprechi: enormi sprechi pubblici di energia – dal sistema di trasporto su gomma e le autostrade, all'agricoltura – la cui razionalizzazione ed eliminazione costituirebbe la maggiore fonte di energia, con grandi vantaggi economici, ambientali e sociali!

3 – I ritardi e l'aumento dei costi delle centrali in costruzione in Finlandia, e in Francia, è attribuibile in grande misura all'inadeguatezza delle imprese di quei paesi per soddisfare i requisiti tecnici eccezionali richiesti per il nucleare (saldature, acciaio, cemento, ecc.), rispetto agli altri impianti. Lascio immaginare come le imprese italiane sarebbero in grado di soddisfare questi livelli tecnologici (ricordate l'Italcementi, che ha fornito cemento scadente per le grandi opere!), e quindi i ritardi e gli aumenti dei costi diventerebbero ancora maggiori: la Spagna ha senza dubbio coinvolto maggiormente la propria industria, sostenendo costi enormemente inferiori con maggiore profitto. Ricordiamo che le tratte dell'Alta Velocità ferroviaria in corso di realizzazione in Italia hanno costi tra le 5 e le 10 volte superiori alle tratte costruite all'estero!

4 – A questo si aggiunga che, dopo il Referendum del 1987, con costume tipicamente italiano sono state dissennatamente eliminate o riconvertite le competenze e le strutture che si erano accumulate durante lo sviluppo degli sfortunati programmi nucleari degli anni 60-80. Oggi ENEA ed ENEL hanno poco personale dipendente esperto nel nucleare, in gran parte prossimo alla pensione, ed il resto è costituito da personale a contratto a tempo determinato. Ricostituire le competenze e le strutture necessarie richiederebbe 15 anni, mentre i provvedimenti recenti del governo vanno verso una distruzione dell'Università e della ricerca pubbliche!

5 – Abbiamo invece ancora una pesante eredità dei pur modesti programmi nucleari del passato, irrisolti dopo 20 anni! (Quattro centrali da smantellare, combustibile esaurito ancora da ritrattare, scorie nucleari custodite in siti non idonei, ecc.: ricordiamo tutti le vicende di Scanzano Ionico, dove il precedente Governo Berlusconi voleva d'imperio localizzare il deposito nazionale definitivo per le scorie nucleari). D'altra parte, la localizzazione di una centrale nucleare, ovunque sia, solleva una forte opposizione popolare. Allarma da questo punto di vista l'orientamento del Governo di localizzare le nuove centrali proprio nei siti delle vecchie (Caorso, Garigliano, Latina, Trino Vercellese), che già avevano le autorizzazioni, scavalcando d'un colpo anche il problema dello smantellamento delle vecchie centrali.

6 – La cosa più probabile è che vengano avviati i lavori di costruzione di almeno una centrale nucleare, attivando così i finanziamenti pubblici e gli appalti ai "soliti noti" (Impregilo, ecc.) coinvolti nelle grandi opere, dal Ponte sullo Stretto, all'Alta Velocità, agli inceneritori. Credo poco invece alla possibilità di utilizzare davvero 4 o 5 centrali nucleari in Italia.

2. Motivi generali contro l'energia nucleare

1 – Il legame tra energia nucleare "civile" e militare non solo è inscindibile (*dual-use*), ma i programmi civili non si sarebbero mai sostenuti senza i programmi militari, i cui costi complessivi non si sapranno mai, ma sono senza dubbio superiori *almeno* di un fattore 10 rispetto ai programmi civili: a fronte della costruzione di poche centinaia di reattori di potenza nel mondo, sono stati costruiti un numero maggiore di reattori militari, e ben 130.000 bombe atomiche (con tutto il sistema, molto più costoso, di missili, bombardieri, sommergibili, sistemi di controllo e di allarme, satelliti, radar, ecc.).

La realizzazione di programmi di rilancio di centrali nucleari di potenza, e la diffusione di questa tecnologia ad altri paesi, non può che aggravare i rischi di proliferazione militare (richiamati solo quando si tratta dell'Iran o della Corea del Nord: nessun allarme sul fatto che il Brasile ha già realizzato il processo di arricchimento dell'uranio che si contesta a Tehran). D'altra parte, l'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica, IAEA, già oggi denuncia una carenza di fondi per i compiti di controllo della tecnologia nucleare civile in tutto il mondo.

2 – L'argomento principale portato dai sostenitori del nucleare è che esso sarebbe esente da *emissioni di CO₂*. Questo è vero per la sola parte della reazione a catena nel nocciolo del reattore. Ma tutte le altre parti del ciclo del combustibile (estrazione del minerale, trasporto, estrazione dell'Uranio, arricchimento, custodia o ritrattamento del combustibile esaurito, ripristino delle miniere) e della centrale (costruzione, smantellamento, gestione delle scorie radioattive) producono CO₂ (l'impianto di arricchimento di Paducah, nel Kentucky, utilizza due centrali a carbone da 1.000 MW; questo impianto ed un altro a Portsmouth, Ohio, *rilasciano il 93 % di tutto il gas clorofluorocarburo, CFC, emesso annualmente negli USA*, anch'esso un gas serra, responsabile inoltre della distruzione della fascia di ozono stratosferico). Se anche, allo stato attuale, è plausibile che il nucleare emetta probabilmente meno CO₂ rispetto al carbone, o anche al gas, la situazione potrebbe cambiare notevolmente quando si saranno esauriti i depositi di minerale in cui l'Uranio è più concentrato, la cui durata è valutata in 50-60 anni al ritmo attuale di utilizzo. L'Uranio è presente in quantità virtualmente inesauribili nella crosta terrestre, ma quando si dovesse ricorrere a depositi minerari in cui esso è meno concentrato, aumenterebbero le quantità di minerale (radioattivo!) da smuovere, trasportare e trattare, aumenterebbero vertiginosamente anche le emissioni di CO₂ (e si arriverebbe anche a un punto in cui l'energia necessaria per l'estrazione sarebbe maggiore di quella contenuta nell'Uranio estratto!).

3 – L'Uranio è una fonte primaria *esauribile* al pari del petrolio (v. sopra): sembra assolutamente inconsistente la progettazione di nuove centrali con tempi di vita operativa di 60 anni, quando l'Uranio economicamente ed energeticamente utilizzabile si esaurirebbe prima, ai ritmi attuali!

4 – Gli argomenti ai punti precedenti si riflettono ovviamente in modo pesante anche sui *costi del nucleare*. Anche qui i sostenitori del nucleare considerano di solito solo i costi di costruzione della centrale (che già, come si è detto, lievita enormemente rispetto alle previsioni) e del combustibile (il cui commercio è, come per il petrolio, in mano a un ristretto numero di imprese private, ed è stato soggetto negli ultimi anni a grossi aumenti di costi). Non abbondano le esperienze concrete di smantellamento di centrali nucleari e di ripristino di miniere, per cui le previsioni sono molto aleatorie, ma indubbiamente i costi molto alti, anche se differiti (ma con il tempo gli aumenti dei costi sono la norma): è stato calcolato che lo smantellamento del parco nucleare mondiale (compresi i siti militari) costerà mille miliardi! Il problema dei residui del ciclo nucleare (scorie, combustibile esaurito) è irrisolto in tutti i paesi del mondo, e non si prospettano soluzioni semplici ed economiche in tempi prevedibili. Un fatto che taglia la testa al toro è che negli USA, dove le imprese elettriche sono private, non vengono commissionate nuove centrali da 30 anni! In ogni caso le imprese e gli investitori disposti a costruire centrali nucleari lo faranno solo se avranno forti incentivi e garanzie economiche dallo Stato.

È assai dubbio che la fase innescatasi negli ultimi mesi di crisi finanziaria a livello mondiale lascerà effettivi spazi in futuro per gli enormi investimenti necessari per costruire centrali nucleari.

5 – Rimane poi il problema della *sicurezza*. Le conseguenze di inaudita gravità dell'incidente di Chernobyl (1986) gravano e graveranno ancora sull'intera umanità, anche se nel ventennale le Agenzie internazionali hanno fatto irresponsabilmente a gara per minimizzarne la portata: d'altra parte i bambini americani hanno ancora nei denti lo Stronzio-90 prodotto dai test nucleari nell'atmosfera degli anni '50 e '60; mentre l'uso e l'abuso dei famigerati proiettili ad "uranio impoverito" hanno liberato nell'atmosfera ulteriore e persistente pulviscolo di microparticelle radioattive. Nell'ultimo anno si sono moltiplicati gli incidenti in centrali nucleari in Francia, Spagna, Germania, Slovacchia, Giappone.

6 – I livelli di *inquinamento radioattivo nell'atmosfera*, anche se sottaciuti dalle autorità, hanno raggiunto livelli allarmanti, che si sommano agli altri tipi di inquinanti: la OMS denuncia una epidemia di tumori a livello mondiale.

7 – I sostenitori del nucleare ci promettono *reattori di 4ª Generazione*, di nuova concezione, con caratteristiche tali da risolvere tutti i problemi creati da questa tecnologia. Purtroppo tali centrali sono ancora a livello di ricerca, non entreranno in funzione prima del 2030-2040! Mi sembra per lo meno estremamente scorretto promettere oggi le caratteristiche future di una tecnologia talmente complessa, che potrà riservare sorprese, difficoltà e problemi assolutamente inaspettati nel corso della sua realizzazione. Si può ricordare che già il colossale progetto dei reattori veloci al Plutonio sviluppato dalla Francia (con la partecipazione al 30 % dell'Italia; ma la Francia aveva l'interesse principale per le bombe!) si è rivelato un clamoroso fallimento, con la chiusura definitiva di *Superphoenix*, che avrebbe invece dovuto essere il prototipo per un reattore commerciale.

3. Alternative

Risparmio energetico: può equivalere alla costruzione di varie centrali nucleari!

Sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili.

Riduzioni dei consumi e cambiamenti degli stili di vita: non è un "ritorno alla candela", ma il passaggio ad una vita più sana e sobria, con meno stress, riprendendo il rapporto con la natura. Abbandono dell'«usa e getta» e di prodotti non necessari importati da grandi distanze; adozione di prodotti necessari, durevoli e sobri. Costituzione di Gruppi d'Acquisto.

Un mondo di pace: le guerre – oltre a causare spaventose vittime civili, spesso donne, vecchi e bambini – costituiscono enormi sprechi di risorse; comportano gravi costi economici, ai quali si aggiungono le immani distruzioni; sono fattori di inquinamento (bombardamento dei pozzi petroliferi in Iraq, 1991; degli impianti chimici in Serbia, 1999; uranio impoverito, ecc.). È stato calcolato che il Pentagono è il maggiore consumatore individuale di petrolio, dopo soli 34 Stati nazionali.

Può la scienza fare pace con la natura?

Angelo Baracca

Dipartimento di Fisica, Università di Firenze (baracca@fi.infn.it)

Le sfide epocali che l'umanità si trova ad affrontare, lo strapotere economico, gli strumenti sempre più potenti che la scienza sviluppa, impongono la necessità di un grande dibattito sui fondamenti etici della conoscenza, della prassi scientifica, e dei legami della scienza con il potere. Gli anni della mia formazione - quando gli operai nei luoghi di lavoro, e con loro gli studenti e larghi strati di tecnici, denunciavano i fattori responsabili della nocività e dell'attacco alla salute nel ciclo produttivo - mi hanno portato al di là del piano puramente metodologico, o etico. La successiva esplosione dei problemi ambientali mi ha portato ad analizzare il ruolo della scienza come strumento di potere e di sfruttamento, tanto della natura come dell'uomo, che causa crescenti ed irreversibili disastri ambientali e sociali, e guerre sempre più tecnologiche e letali.

Scienza moderna e sfruttamento della natura

L'ideologia del valore assoluto e intrinsecamente progressivo della Scienza moderna è stato creato ad arte per coprire e mistificare questo suo ruolo di fondo, e risulta funzionale agli interessi economici dominanti. Secondo tale ideologia la scienza è la forma *superiore* di conoscenza, perché il suo metodo quantitativo le consentirebbe di raggiungere risultati oggettivi. Ma questa scienza quantitativa è un prodotto storico della società occidentale, nella sua fase di sviluppo capitalistico (altre società hanno rivaleggiato con l'Occidente per contributi scientifici e tecnici - Cina, paesi arabi, ecc. - ma non hanno avuto bisogno di sviluppare una scienza quantitativa, proprio per la diversa organizzazione sociale e il diverso rapporto con la natura).

Gli scienziati sono persone del loro tempo, partecipi dei problemi e dei progetti della società in cui operano, e per forza di cose hanno introiettato la logica di *sfruttamento della natura e del lavoro umano* propria di tutte le manifestazioni della società capitalistica. Secondo l'ideologia dominante la scienza indaga i segreti della natura, ma in realtà il suo scopo è conoscerla per *trasformarla* per fini pratici (in larga misura economici) e *sfruttarla*: rimane secondaria qualsiasi preoccupazione per gli equilibri, i cicli e i ritmi naturali, così lontani da quelli frenetici e voraci della nostra società.

Potere e limiti della scienza: critica del riduzionismo scientifico

La scienza non è affatto la forma *superiore* di conoscenza, ma certamente è la più potente in termini materiali, perché sviluppa metodi specializzati che agiscono a livello sempre più profondi nei processi naturali. Di fronte alla gravità dei problemi che l'umanità ha generato diviene più che mai necessario contrapporre all'ideologia del *potere* della scienza, delle sue capacità illimitate per risolvere tutti i problemi (come l'ideologia di autoregolazione del mercato!), una seria analisi dei suoi *limiti*, delle sue *parzialità*.

Secondo la mia analisi questi *limiti* sono radicati nel metodo stesso della scienza moderna, o meglio nel modo in cui questo è inteso ed applicato. Il requisito di rigore quantitativo impone infatti necessariamente di selezionare o circoscrivere fenomeni o ambiti specifici dall'inesauribile e inscindibile varietà che la natura presenta, perché non sarebbe possibile studiare simultaneamente con rigore un numero troppo grande di variabili. La necessità di questa selezione non è ovviamente di per sé un difetto, pur di esserne in ogni momento consapevoli: il valore e l'affidabilità di qualsiasi strumento pratico risiedono nella consapevolezza dei suoi limiti. Il problema vero è che la maggioranza degli scienziati adotta invece un atteggiamento *riduzionistico*, perdendo di vista la complessità, le correlazioni, la complessità: in un vero delirio di onnipotenza, come un novello "apprendista stregone", assolutizza le proprie conoscenze applicando metodi e tecniche sempre più raffinati, ma parziali, senza (o prima di) curarsi delle ripercussioni incontrollabili che tali interventi provocano sui meccanismi più profondi della natura, per gli intrinseci legami fra tutti i componenti e i processi naturali.

Cosa sono ad esempio gli "*effetti collaterali*", o "*indesiderati*", dei farmaci? (E sono ormai il grottesco attributo anche per le azioni militari "*mirate*", o "*intelligenti*"). Perché quegli effetti non erano stati studiati prima? O per lo meno non si era tenuto in conto la possibile esistenza di altri aspetti, oltre a quelli studiati, ma inscindibili da questi, che rendono i meccanismi naturali estremamente più complessi di qualsiasi nostra pur approfonditissima conoscenza?

In questo comportamento si intrecciano diversi fattori. Lo scienziato moderno stabilisce un potere come componente di una nuova "casta", in quanto depositario di un sapere esclusivo ed elitario (e spesso sprezzante verso chi "non sa"). Troppo spesso, poi, questo potere si intreccia con l'asservimento a precisi interessi economici, ed arriva non di rado a veri atteggiamenti scorretti o disonesti. Abbondano purtroppo gli esempi di complicità degli scienziati con potenti interessi in veri crimini contro l'umanità.

I gravissimi danni procurati dal piombo tetraetile come additivo della benzina erano noti, ma l'autorevole tossicologo Robert Kehoe, fra altri, sostenne la sua innocuità: si stima che solo negli Usa 68 milioni di bambini siano stati esposti, tra il 1927 e il 1987, a livelli tossici di piombo, con conseguenze sul sistema nervoso e lo sviluppo mentale.¹ Quanto alle radiazioni ionizzanti, un Memorandum dell'AEC del 1947, scoperto da una commissione nominata dal Presidente Clinton, raccomandava la decretazione degli articoli scientifici che denunciavano i rischi generici e sanitari derivanti dalla contaminazione radioattiva di suolo ed acqua, al fine di evitare rivendicazioni contro l'AEC.² Ancora oggi chi ci propone il rilancio dei programmi nucleari nega con supponenza l'accumularsi di risultati sull'aumento di leucemie infantili nei pressi delle centrali.³ Non diversa è la posizione della maggioranza della comunità scientifica che nega le gravi conseguenze sanitarie degli inceneritori di rifiuti. Ancora, si è dovuti arrivare al 2003 perché il genetista Allen Roses, della maggiore transnazionale britannica del farmaco, la GlaxoSmithKline, dichiarasse che il 90% dei farmaci in commercio è efficace su una percentuale di soggetti tra il 30 e il 50% (ma, naturalmente, può avere effetti indesiderati).⁴

La tecnica, una natura artificiale

Gli interessi economici si sono sviluppati in particolare sul versante applicato della scienza, la *tecnica*, la quale ha costruito una *seconda natura*, artificiale, che costituisce un diaframma rispetto alla natura e diviene una vera barriera con l'aumento della sofisticazione: prodotti e dispositivi artificiali sono applicazioni di leggi naturali, ma incorporano meccanismi che sembrano eluderle. I mezzi informatici offrono addirittura una *realtà virtuale*, nella quale ci si rifugia per rifuggire da una realtà sempre più piatta e impoverita. Ma mentre ci sentiamo onnipotenti con le potenzialità artificiali offerte dalla tecnica, le nostre vere capacità sono diventate ridicole rispetto a quelle di uomini non "civilizzati" che con la natura si confrontano ancora direttamente, "a mani nude". E intanto si allarga la voragine tra il crescente specialismo della scienza e della tecnica ed il livello delle conoscenze scientifiche della gente comune: è sempre più problematica un'autonomia dell'individuo nella "tecnosfera", condizionata da potenti interessi economici. Di questa voragine approfittano un'informazione e una pubblicità sempre più ingannevoli, che esaltano improbabili meraviglie tecnico scientifiche con informazioni prive di fondamento scientifico.

Scienza e tecnica promettevano di liberarci dalla necessità, dal lavoro, dalla fame nel mondo: mentre questi problemi si aggravano! Le grandi promesse dello sviluppo tecnico scientifico sono contraddette dalla realtà.

La scienza riduzionista ha dichiarato guerra alla natura: necessità di un atteggiamento olistico

La logica di sfruttamento della natura – attuato assolutizzando *sofisticata* e "rigorosissime" conoscenze scientifiche, ma ignorandone (o negandone) i *limiti* – ha condotto ad una crescente contraddizione con la natura, ad una vera *guerra alla natura*: la scienza sembra essere divenuta lo strumento del novello "superuomo", che dovrebbe conferirgli potere illimitato sulla natura! E lo sfruttamento esasperato di margini di profitto sempre più esigui conduce a conseguenze ancor più drammatiche.

La natura presenta infatti diversi livelli di organizzazione che ubbidiscono a leggi di grado diverso, non riconducibili in termini riduzionistici l'uno all'altro, ma intrinsecamente interdipendenti: le modificazioni operate ad un livello hanno spesso effetti imprevedibili sugli altri livelli. Nei *sistemi complessi, non lineari* una piccola modificazione può ripercuotersi in modo *imprevedibile* sull'intero sistema (la metafora dell'«effetto farfalla»): vi sono *soglie* oltre le quali si innescano biforcazioni e divergenze irreversibili.

Il destino stesso della specie umana richiede di sostituire il *riduzionismo* scientifico con un punto di vista *olistico*. La cosiddetta "non neutralità" della scienza non si riduce solo ai possibili usi distorti o sconsiderati, ma è radicata nei suoi stessi contenuti, nelle sue impostazioni concettuali e nei suoi metodi: una scienza che assumesse come criterio prioritario il rispetto degli equilibri della natura e della salute umana, svilupperebbe concetti e metodi molto diversi da quelli della scienza attuale. È necessario aprire un dibattito aperto nella società sul ruolo, le finalità, i limiti della ricerca scientifica. La "libertà" della scienza e della ricerca è un mito, spesso reclamato come pretesto per poter fare quello che si vuole.

Il caso più eclatante è la relazione tra *scienza e guerra*. Si parla di "libertà" della ricerca scientifica, ma si occultava che migliaia di scienziati lavorano in laboratori dedicati unicamente alla ricerca militare, con finanziamenti praticamente illimitati. Ma la situazione si aggrava dopo la fine della Guerra Fredda, in un'«economia di guerra» che sostiene le economie in crisi: l'equilibrio tra i due blocchi (ancorché "del terrore") auto-limitava lo sviluppo di armi completamente nuove, mentre nel mondo unipolare lo sviluppo di strumenti di distruzione non trova più limiti ed investe tutti i settori scientifici e applicativi.

La specie umana causerà la propria fine?

Gli esempi sarebbero moltissimi. Quando si ottenne il sequenziamento del genoma umano ci si avvide che il 97 % del DNA non codifica per proteine (fu perfino chiamato con incredibile presunzione *junk*), ma gioca un ruolo fondamentale nella regolazione dei geni, con meccanismi estremamente complessi che non sono ancora compresi ma probabilmente supereranno sempre le capacità della scienza umana. Tuttavia le manipolazioni genetiche si stanno diffondendo a dismisura, tenendo molto poco conto delle possibili conseguenze. Un geniale quanto spregiudicato scienziato, Craig Venter, il controverso biologo-imprenditore che per primo decodificò il genoma umano, si propone di sostituire l'industria petrolchimica modificando il codice genetico di organismi semplici in modo che essi possano trasformare acqua, luce, zuccheri e CO₂ in biocarburanti. Manipolazioni genetiche su intere popolazioni, perdipiù di microrganismi, possono avere conseguenze imprevedibili e drammatiche, modificando quella che potremmo chiamare la "genosfera", il corso stesso dell'evoluzione biologica! Scrive il biologo cellulare Ameisen: «Manipolando i processi vitali si tocca qualcosa la cui caratteristica è l'imprevedibilità. Per cui se si opera senza regole si può fare un danno superiore ai benefici che possono venire per l'uomo. Dati i rischi, non potendo vietare la ricerca, bisogna decidere fino a che punto spingerci».

La specie umana, con la sua intelligenza e le sue capacità superiori, ha modificato artificialmente il corso dell'evoluzione biologica, oltre ai cicli della natura, adattando l'ambiente naturale alle proprie esigenze. È difficile pensare che questa manomissione sempre più radicale possa reggersi indefinitamente. Se avesse ragione il grande genetista Ernst Mayr: «L'intelligenza superiore è un errore dell'evoluzione, incapace di sopravvivere per più di un breve attimo della storia evolutiva».

Arrivando a manipolare il nucleo dell'atomo, che non gioca invece nessun ruolo nei processi chimici e biologici, abbiamo generato, insieme alla minaccia dell'olocausto nucleare, enormi quantità di isotopi radioattivi artificiali, con vite di migliaia o milioni di anni, che non è possibile eliminare, ma si potrà solo cercare di gestire riducendo per quanto possibile le conseguenze. Eppure questa follia non si arresta.