

VERSO UNA SOCIETÀ SOLARE.
LA PROFEZIA DI GIACOMO CIAMICIAN
di Giorgio Nebbia*

Nella prolusione all'anno accademico 1903-1904 dell'Università di Bologna, Giacomo Ciamician (1857-1922), professore di chimica in quella Università, disse: «Il problema dell'impiego dell'energia raggiante del Sole si impone e s'imporrà anche maggiormente in seguito. Quando un tale sogno fosse realizzato, le industrie sarebbero ricondotte ad un ciclo perfetto, a macchine che produrrebbero lavoro colla forza della luce del giorno, che non costa niente e non paga tasse!». E, vorrei aggiungere, non ha padrone! Pochi anni dopo, nel 1912, in una conferenza tenuta negli Stati Uniti, lo stesso professore affermava: «Se la nostra nera e nervosa civiltà, basata sul carbone, sarà seguita da una civiltà più quieta, basata sull'utilizzazione dell'energia solare, non ne verrà certo un danno al progresso e alla felicità umana!».

Quando sono state pronunciate queste parole il consumo totale mondiale annuo di energia era di poco più di 40 EJ (40 exajoule è l'energia equivalente a quella «contenuta» in circa un miliardo di tonnellate di petrolio, cioè a circa un miliardo di tep); esso era salito a circa 80 EJ/anno nel 1950 ed è oggi all'inizio del XXI secolo, di circa 380 EJ/anno! L'odierno consumo di energia – e la produzione e il consumo delle macchine che divorano questa energia e delle merci fabbricate trasformando le risorse naturali con questa energia – sono accompagnati da conseguenze che si riconoscono non più soltanto a livello locale – la «nera e nervosa civiltà» – ma che si fanno sentire a livello planetario. L'impoverimento delle riserve di fonti di energia, di minerali, di foreste, l'usura delle terre coltivabili, l'inquinamento dell'aria e delle acque, inducono a chiederci se è possibile continuare su questa strada senza compromettere le condizioni di vita e di salute delle generazioni future. Sempre più spesso ci si interroga sulla possibilità di realizzare una società, uno sviluppo, capaci di soddisfare i bisogni di alimenti, abitazioni, energia, beni materiali, ma anche salute, libertà, dignità, indipendenza, bellezza, della nostra generazione attraverso un uso delle risorse naturali – minerali, combustibili fossili, acqua, foreste, terreno coltivabile, ecc. – che lasci alle generazioni future condizioni tali da assicurare loro una vita dignitosa e soddisfacente.

Benché molti auspichino l'avvento di un'organizzazione sociale capace di svilupparsi in modo meno insostenibile dell'attuale, le attuali tendenze dei consumi di risorse naturali sono tali da far pensare che le generazioni future dovranno far fronte a un impoverimento dei «beni ambientali» e addirittura a disastri ecologici di dimensioni non immaginabili.

Al fianco delle possibili crisi ambientali se ne prospettano altre, di carattere politico e sociale, dovute alla maniera ineguale e ingiusta con cui l'energia è usata nel mondo. Circa 1.500 milioni di terrestri consumano circa una metà dell'energia commerciale mondiale; ai restanti circa 4.500 milioni di abitanti della Terra rimangono a disposizione circa 190 EJ/anno. Sembra quindi abbastanza ragionevole che i paesi che finora hanno avuto a disposizione pochissima energia reclamino una proporzione maggiore dell'energia consumata complessivamente nel mondo.

È possibile tracciare vari scenari di tale più giusta distribuzione, ma tutti inevitabilmente portano a un aumento dei consumi totali di energia attraverso l'uso di crescenti quantità di combustibili fossili: carbone, petrolio, gas naturale. Ma il

* pubblicato su CNS n.3, 1991 (anno I); ristampa aggiornata in Giorgio Nebbia, *Risorse, merci, ambiente*. Saggi raccolti per il 75 compleanno dell'autore a cura di Elsa M. Pizzoli, Luigi Notarnicola, Ottilia De Marco e Gigliola Camaggio", Quaderno n.25, Dipartimento di Scienze Geografiche e Merceologiche, Università degli Studi, Bari 2001.

consumo di combustibili fossili produce gravi effetti ambientali, in parte locali (inquinamento dovuto a varie sostanze nocive, piogge acide con danni alla salute e alla vegetazione, inquinamento termico, ecc.), in parte planetari, soprattutto mutamenti climatici dovuti all'aumento della concentrazione dell'anidride carbonica atmosferica, all'«effetto serra».

Ci sono tutti i segni che il pianeta Terra non può sopportare le alterazioni climatiche ed ecologiche corrispondenti a un sensibile aumento (per esempio a un raddoppio) dell'uso di combustibili fossili. Tanto più che tale aumento porterebbe a un rapido impoverimento delle riserve di idrocarburi con conseguenti crisi economiche e politiche e comunque in contrasto con gli interessi delle generazioni future. E non è proponibile neanche un rilancio dell'energia nucleare.

Uno sviluppo umano può essere meno insostenibile dell'attuale soltanto ricorrendo in maniera crescente e determinante alle fonti di energia rinnovabili che tutte dipendono dal Sole. Dal punto di vista energetico e tecnico-scientifico l'avvento di una *società solare* è del tutto possibile, come mostrano poche cifre.

La costante solare, cioè la frazione dell'energia solare intercettata dalla Terra, ammonta a circa 1,4 kilowatt per metro quadrato, corrispondente, fatte le debite moltiplicazioni, a circa 44 GJ/anno.m². La superficie della Terra è, come è ben noto, di circa 500 milioni di km², ma l'insolazione media per ogni m² della superficie esterna dell'atmosfera terrestre ammonta a circa un quarto del valore di intercettazione relativo a una circonferenza dello stesso raggio (si può utilmente vedere, fra l'altro, il libro di G. Righini e G. Nebbia, *L'energia solare e le sue applicazioni*, Feltrinelli, Milano 1966).

Della precedente frazione circa la metà viene filtrata dall'atmosfera e circa la metà arriva sulla superficie dei continenti e degli oceani: circa 3.500.000 EJ/anno. Tale energia è circa 9.000 volte superiore a quella consumata ogni anno nel mondo e superiore anche a tutte le riserve di carbone, petrolio, gas naturale e uranio messe insieme. Di questi 3.500.000 EJ/anni circa 1.000.000 raggiungono le terre emerse e circa 2.500.000, sempre EJ/anno, raggiungono gli oceani.

L'energia solare tiene in moto il grande ciclo dell'acqua: il calore solare fa evaporare e condensare ogni anno 500.000 miliardi di tonnellate di acqua dalla, e sulla, superficie dei mari e dalle terre emerse. 100.000 miliardi di tonnellate ricadono sulle terre emerse e circa 40.000 miliardi di metri cubi scorrono sulla superficie dei continenti nel loro ritorno al mare superando talvolta grandi dislivelli (se ne parla nel capitolo dell'acqua).

Questo flusso ha un «contenuto» potenziale medio di energia di circa 55.000 miliardi di kilowattora all'anno, anche se, di tale energia solo una parte limitata può essere recuperata come energia idroelettrica e solo una parte minima (circa 6 EJ/anno, pari a circa 1.500 miliardi di kilowattora/anno) è attualmente in effetti recuperata come tale.

La seconda grande funzione «naturale» dell'energia solare è la «fabbricazione» per fotosintesi di biomassa vegetale: circa 50 miliardi di tonnellate di biomassa secca all'anno negli oceani e circa 100 miliardi di t di biomassa secca all'anno sulle terre emerse a spese di circa 300 miliardi di t/anno di anidride carbonica tratta dall'atmosfera; tale anidride carbonica quasi totalmente ritorna nell'atmosfera in breve tempo, nel corso del ciclo del carbonio. Ai fini dell'utilizzazione «umana» dell'energia solare va notato subito che l'intensità della radiazione solare è maggiore nei paesi meno abitati e in quelli del Sud del mondo e arretrati che sarebbero quindi favoriti da un crescente ricorso a questa fonte di energia: una società solare contribuirebbe quindi a ristabilire una forma di giustizia distributiva energetica fra i diversi paesi della Terra. Come affermò già nel 1912, nella conferenza già ricordata, il prof. Ciamician, «i paesi tropicali ospiterebbero di nuovo la civiltà che in questo modo tornerebbe ai suoi luoghi di origine». È possibile e ragionevole immaginare di progettare una società tutta solare con gli

attuali consumi di energia? Calcolando un'intensità media della radiazione solare di circa 6.000 gigajoule all'anno per km² di superficie delle terre emerse, l'attuale consumo globale di energia commerciale, circa 380 EJ/anno, equivale all'energia solare raccolta da una superficie terrestre di circa 60.000 km². La superficie effettiva di raccolta dovrebbe essere almeno dieci volte superiore perché l'efficienza di trasformazione di molti dispositivi solari è abbastanza basso. A prima vista si tratta di superfici enormi, ma non è così.

Prendiamo il caso dell'Italia, con la sua superficie di 300.000 km². Il fabbisogno energetico italiano in questo inizio del XXI secolo, poco più di 190 milioni di tep/anno (circa 8 EJ/anno), corrisponde all'energia solare che raggiunge circa 1.200 km². La superficie di raccolta, calcolando una resa di trasformazione del 10%, dovrebbe essere circa 12.000 km²; la sola superficie delle terre coltivate in passato e ora abbandonate ammonta a circa 40.000 km². Per ottenere mediante celle fotovoltaiche – i sistemi che trasformano direttamente l'energia solare in elettricità con un rendimento di circa 100 kilowattore all'anno per ogni m² di superficie esposta di fotocelle (che occupano circa 2 m² di spazio) – tutta l'elettricità usata attualmente (nel 2000) in Italia (circa 300 miliardi di kilowattore/anno, di cui però 40 di origine idroelettrica) occorrerebbero circa 6.000 km² di campi di fotocelle, il doppio della superficie della Murgia in Puglia.

Non si tratta di superfici enormi neanche per un paese industrializzato e ad alta densità di popolazione come l'Italia. Più in generale si vede che esistono sul pianeta ampi spazi disabitati, con alto irraggiamento solare, che potrebbero essere utilizzati per la trasformazione della radiazione solare nelle forme di energia utili per fini umani e trasportabile nelle zone di utilizzazione. La radiazione solare, e le fonti di energia da essa derivate, si prestano a fornire energia in tutte le forme a cui siamo abituati: si può ottenere calore a bassa, media e alta temperatura direttamente dal Sole; con questo calore è possibile scaldare l'acqua, le abitazioni, è possibile azionare frigoriferi e condizionatori d'aria, è possibile distillare l'acqua di mare per ottenere acqua dolce, con un contributo decisivo, così, del Sole alla sconfitta della sete che affligge molte zone tropicali e equatoriali costiere.

Ancora l'energia solare, mettendo in moto il ciclo dell'acqua e scaldando diversamente le varie parti del pianeta, crea le condizioni per cui è possibile ottenere energia meccanica e elettrica utilizzando lo scorrere delle acque sulla superficie terrestre; o utilizzando le differenze di temperatura fra gli strati superficiali caldi e quelli profondi freddi dei mari tropicali; o utilizzando la forza del vento o il conseguente moto ondoso, anch'essi alimentati dalle differenze di temperatura provocate dal Sole sulle varie parti della Terra.

È possibile con i sistemi fotovoltaici già ricordati, ottenere energia elettrica direttamente dalla radiazione solare; è possibile trasformare l'energia elettrica di origine solare in altre forme, per esempio in idrogeno utilizzabile come combustibile o come materia prima per prodotti chimici. La radiazione solare, attraverso la fotosintesi, produce nella biomassa sostanze chimiche utili come materie prime o carburanti. Molte invenzioni risalgono a decenni fa e vanno dissepolti dall'oblio e sperimentate di nuovo alla luce dei progressi nei materiali e nelle tecniche. Se il Sole è davvero il nostro grande amico e alleato verso uno sviluppo meno insostenibile, i nemici della transizione stanno nella pigrizia delle idee correnti. L'energia solare ha comunque vari limiti; è distribuita irregolarmente nelle varie parti della Terra, nelle varie parti del giorno e dell'anno, è molto diluita rispetto alla concentrazione delle attuali società industriali. Ma proprio qui potrebbe stare anche la sua forza: è ormai chiaro che molti squilibri ecologici derivano proprio dalla concentrazione in spazi ristretti delle attività umane, dal superamento violento, in molti territori, della *carrying capacity*, per cui una società solare offrirebbe l'occasione per una redistribuzione e diffusione delle attività umane, per un uso più razionale dei grandi spazi che pure il pianeta Terra

ancora offre.

Calore e acqua dolce dal Sole

La più facile fra le forme di utilizzazione dell'energia solare è sotto forma di calore e la produzione di calore col Sole è stata la prima e la più sperimentata applicazione. Una piastra metallica di colore nero, coperta con una lastra di vetro ed esposta al Sole raccoglie la parte visibile della radiazione solare e la trasforma in radiazione infrarossa che resta «intrappolata» al di sotto del vetro, sulla piastra. Questo «effetto serra» consente di portare la piastra, d'estate, a temperatura fino a 80 o 90 gradi Celsius; con particolari accorgimenti è possibile scaldare un collettore solare anche a temperatura un po' superiore a 100 gradi Celsius. Se il calore della piastra nera viene trasferito a una massa di acqua, che, per esempio, viene fatta circolare entro tubi appoggiati sulla piastra stessa, d'estate è possibile, con ogni metro quadrato di superficie del collettore solare, scaldare 100 litri di acqua da 20 a 45 gradi, oppure 50 litri di acqua da 20 a 70 gradi Celsius. D'inverno il riscaldamento ottenibile è molto più modesto. L'acqua può essere scaldata a circa 80 gradi Celsius anche entro vasche o «stagni» poco profondi, contenenti sul fondo uno strato di acqua ad alta salinità. Stagni solari di questo tipo funzionano da anni e sono stati sperimentati anche in Italia, sia pure con grande ritardo e poco entusiasmo, tanto da essere ben presto abbandonati. Ci sono sempre delle resistenze psicologiche all'innovazione! Per il riscaldamento dell'aria all'interno degli edifici più che i sistemi «attivi» come quelli basati su collettori solari, si prestano bene i sistemi «passivi» realizzati progettando gli edifici in modo da massimizzare la quantità di radiazione solare che, anche d'inverno, entra nell'edificio, facendola eventualmente assorbire da speciali materiali capaci di immagazzinare calore anche a bassa temperatura. Una società solare dovrà inventare nuovi modi di progettazione degli edifici; con un'appropriata esposizione al Sole, con la creazione di spazi esposti al Sole e di spazi in ombra, è possibile ottenere spazi ventilati d'estate e caldi d'inverno, è possibile migliorare molto l'illuminazione dei locali. Gli alti sprechi di elettricità per l'illuminazione e di elettricità e di combustibili per il riscaldamento sono il risultato di una scadente progettazione. Il passaggio ad una società solare si traduce quindi anche in una diminuzione degli sprechi di energia, a parità di servizi, e comporta una revisione della diffusione nel territorio e della tipologia degli spazi di abitazione e di lavoro. Con la radiazione solare è possibile trasformare per distillazione l'acqua del mare in acqua potabile. Milioni di chilometri di coste sono toccate dall'acqua dei mari e non hanno acqua dolce e in generale la situazione è tanto peggiore quanto più ci si trova nella fascia centrale della Terra dove è maggiore l'energia solare disponibile. I distillatori solari sono dispositivi relativamente semplici nei quali, in uno spazio chiuso coperto da lastre trasparenti, l'acqua marina viene esposta alla radiazione solare ed evapora, condensandosi poi sotto forma di acqua priva di sali che viene recuperata. I distillatori solari hanno il vantaggio di utilizzare il calore solare a mano a mano che diventa disponibile e, nei dispositivi più efficienti, è possibile utilizzare il 50% di tale calore per far evaporare l'acqua. Con un distillatore solare della superficie di un metro quadrato è possibile ottenere circa 1.000 litri di acqua dolce all'anno. Meno favorevole si presenta, invece, la possibilità di ottenere calore ad alta temperatura con sistemi a specchi per la concentrazione del calore solare; i tentativi di far funzionare delle centrali termoelettriche con collettori a specchi non hanno finora avuto successo; il Sole dà il massimo di sé se gli si fanno fare su scala umana le cose che sa già fare bene su larga scala e male si adatta alle dimensioni e ai caratteri delle macchine (per esempio le centrali termoelettriche) sviluppate per forme più concentrate di energia, come sono i combustibili fossili.

Elettricità dal Sole

La maniera migliore per ottenere elettricità dal Sole è quella basata sulle celle fotovoltaiche che consentono di produrre, come si è ricordato, circa 100

kilowattore di elettricità all'anno per ogni metro quadrato di superficie di fotocelle esposte al Sole; ogni anno nel mondo aumenta il numero di impianti fotovoltaici e la loro potenza. Sono ormai normali centrali di decine di migliaia di kilowatt di potenza e il costo di tali centrali sta continuamente diminuendo, avvicinandosi al costo della centrali elettriche tradizionali. E, a differenza di queste ultime, le centrali fotovoltaiche solari non hanno bisogno di combustibili e non producono effetto serra o scorie radioattive.

Una piccola centrale, però da appena 600 kilowatt, è in funzione da alcuni anni anche in Italia, in Puglia, vicino a Foggia. Altri piccoli impianti sono installati in varie parti del nostro paese, ma siamo ancora molto arretrati rispetto ad altri paesi, fra cui gli Stati Uniti, dove addirittura le società elettriche «solari» (come del resto quelle che gestiscono impianti eolici) vendono elettricità alle grandi reti di distribuzione. Il governo americano ha di recente lanciato un grande piano per «un milione di tetti solari». Un milione di abitazioni potrà dotarsi di sistemi fotovoltaici che le rende autonome dall'acquisto di elettricità; le compagnie elettriche e petrolifere, invece di lamentarsi per la conseguente diminuzione delle vendite di combustibili e di elettricità, si sono impegnate nella produzione industriale di celle fotovoltaiche e dei relativi sistemi ausiliari, creando nuovi posti di lavoro e nuove fabbriche localizzate nelle zone meno congestionate del paese.

Il vento rappresenta un'altra delle fonti di energia derivate dal Sole. L'energia solare riscalda le varie parti delle terre emerse e dei mari in maniera disuguale che dipende dalle stagioni, dalla latitudine, dalle condizioni della superficie del terreno. Le masse d'aria che sovrastano territori a differenti temperature scendono da una zona all'altra e generano i venti che si possono così considerare l'effetto meccanico del funzionamento di giganteschi collettori solari naturali.

Un'elica o un sistema di pale rotanti esposti al vento si mettono in moto quando la velocità del vento supera un valore minimo, in genere di una decina di chilometri all'ora. Da questa velocità in avanti un motore a vento recupera l'energia del vento con un rendimento che dipende dalla superficie delle pale e dalla terza potenza della velocità del vento. I motori eolici possono andare da delicate macchine con eliche di grande diametro, a piccoli rotori fabbricabili con tecnologie intermedie. A titolo di esempio si producono e sono installate, anche in Italia, motori eolici con pale del diametro di 30 o 60 metri e con una potenza, rispettivamente, di 300 e 3.000 kilowatt, con una produzione di elettricità di circa 1.200-1.400 kilowattore all'anno per ogni kilowatt di potenza ottenibile, nelle condizioni di vento esistenti in Italia, con una superficie di rotazione della parte offerta al vento di circa 2-2,5 m². I motori eolici sono diffusissimi in varie zone degli Stati Uniti e dell'Europa e rappresentano oggi una delle forme più concrete di utilizzazione delle fonti energetiche rinnovabili e continuamente disponibili, derivate dal Sole.

La forza del vento si manifesta non soltanto come moto di grandi masse d'aria, ma anche come moto di grandi masse d'acqua superficiali sotto forma di onde derivanti anch'esse, quindi, dall'energia solare. La quantità di energia recuperabile dipende dalla differenza di altezza fra la cresta e l'avvallamento dell'onda: nelle coste di fronte ai grandi oceani si ha un moto ondoso ampio e regolare la cui forza può essere «catturata» con vari dispositivi, alcuni dei quali stanno già superando il collaudo dell'applicazione industriale. Si è già detto che il più grande collettore solare è costituito dagli oceani; in molte zone della Terra la radiazione solare scalda la superficie dei mari al punto da determinare una differenza di temperatura, che può arrivare anche a 20 gradi Celsius, fra gli strati superficiali caldi e quelli freddi profondi. Sono già stati costruiti dispositivi nei quali l'acqua fredda viene sollevata dagli strati profondi degli oceani e portata a contatto con l'acqua superficiale più calda in una macchina termica capace di trasformare, con un rendimento del 2-3%, questo piccolo salto termico in energia elettrica.

Più volte si è pensato di recuperare una parte dell'energia meccanica incorporata

nel moto delle acque sulla superficie terrestre sotto forma di energia idroelettrica, rinnovabile, più di quanto si faccia attualmente. In genere i grandi fiumi e le grandi montagne sono nelle zone disabitate come le zone tropicali ed equatoriali, la Groenlandia, l'Asia centrale. Una parte dell'energia di queste risorse potrebbe essere trasformata in energia elettrica che potrebbe essere trasportata nelle zone dove è maggiore la richiesta, o potrebbe essere trasformata per elettrolisi in idrogeno da trasportare con condotte, o che potrebbe essere utilizzata sul posto attraendo nuove attività dai paesi già oggi congestionati.

Anche in questo caso si può andare da grandi impianti idroelettrici al ricupero dell'energia da piccoli salti di acqua con turbine idrauliche relativamente semplici. Finora spesso l'energia idroelettrica è stata recuperata con interventi sul territorio – dighe, laghi artificiali – sconsiderati dal punto di vista ecologico. Le proposte dalla società solare presuppongono di utilizzare il Sole in maniera compatibile con i suoi caratteri e con le grandi leggi della natura. Il Sole per il XXI secolo La cosa comunque che il Sole sa già fare bene, senza macchine, su larga scala e con notevole efficienza, è «fabbricare» materia organica attraverso i processi di fotosintesi: la materia organica è costituita da zuccheri, amido, cellulosa, lignina, sostanze proteiche, grassi, ecc., una straordinaria varietà di molecole su molte delle quali abbiamo ancora conoscenze appena approssimative e quasi nulle per quanto riguarda le potenziali applicazioni umane.

La biomassa vegetale ha dentro di sé, «incorporata», l'energia che il Sole ha messo a disposizione per la sua sintesi e tale energia restituisce bruciando. Nei climi temperati da un ettaro di foresta o di terreno coltivato è possibile ricavare ogni anno l'equivalente di circa 10.000 kg di idrocarburi sotto forma di sostanza organica – e senza alcuna macchina.

Ciascuna delle sostanze presenti nella biomassa è utilizzabile direttamente come combustibile o trasformabile in fonti di energia commerciali (come gas o liquidi combustibili) e sempre più spesso si parla di coltivazioni o piantagione energetiche, progettate proprio per ottenere combustibili o materie alternative a quelle ricavate dal petrolio, anche se questi progetti vanno sottoposti ad attento scrutinio per verificarne la compatibilità ecologica.

Per la maggior parte dei problemi tecnico-scientifici associati alla transizione ad una società solare esiste già una risposta: altre possono essere pensate e inventate. Alle proposte di costruzione di una società solare viene obiettato sempre che il calore, o l'elettricità, o i combustibili ottenuti dal Sole e dalle fonti rinnovabili hanno un costo eccessivo rispetto a quello delle corrispondenti forme di energia ricavate dalle fonti non rinnovabili, scarse, esauribili. Secondo le regole della contabilità tradizionale ciò in genere è oggi vero, ma dipende dal fatto che nell'analisi dei costi delle fonti energetiche attuali non viene contabilizzato né il costo dell'inquinamento per la nostra generazione, né il costo, per le generazioni future, dell'impoverimento delle riserve di combustibili fossili. Inoltre non si tiene conto che quanto maggiore sarà la diffusione delle tecnologie solari, tanto minore sarà, per effetto di scala, il loro costo e il costo dell'energia.

L'avvento di una nuova economia capace di integrare la contabilità monetaria con quella «naturale» mostrerà che esiste una convenienza anche in termini contabili a ricorrere alle fonti di energia derivate dal Sole. La transizione a una società solare, inoltre, è la grande occasione per razionalizzare macchinari, processi, mezzi di trasporto, strutture urbane, in modo che siano meno consumatori e distruttori di energia, a parità di servizio «umano» fornito. Vi è una sola osservazione importante che deve guidare i progettisti di una futura società solare: proprio per il carattere diffuso e diluito della fonte di energia, le opere di raccolta dell'energia in forma utile su scala umana per forza richiedono superfici molto grandi e possono provocare anch'esse effetti ambientali negativi.

Molti sostenitori dell'energia solare pensano alla possibilità di regolare il corso dei

grandi fiumi con la creazione di laghi artificiali, dighe, centrali idroelettriche; tali opere, coerenti con il progetto solare, possono peraltro avere effetti disastrosi – come è già avvenuto – sugli equilibri delle foreste pluviali o delle valli montane, o sull'afflusso dell'acqua a valle, se non sono progettate in maniera del tutto diversa da quella finora seguita per le grandi centrali idroelettriche.

È possibile utilizzare la forza del moto ondoso con opere di captazione negli estuari o lungo le coste, ma tali opere possono provocare effetti erosivi e alterazioni ambientali quando la loro dimensione diventa molto grande ed estesa, come è richiesto dalla bassa densità dell'energia del moto ondoso per kilometro di costa. È possibile trarre carburanti e materie prime per l'industria chimica dalla biomassa e da colture «energetiche», ma sarebbe un errore pensare a tali colture con i criteri della agricoltura intensiva che richiede un uso intensivo e inquinante di concimi e antiparassitari, o a spese delle foreste, come si propone oggi; è possibile coltivare i deserti, dove è elevata la radiazione solare, ma occorre evitare gli effetti ecologici negativi che si sono già osservati nell'introduzione di monoculture «economiche» al margine dei deserti. Distruggere le foreste per creare coltivazioni di canna da zucchero da cui trarre alcol etilico carburante sarebbe una vera follia!

Se da una parte occorre preparare l'avvento di uno sviluppo umano basato sul crescente ricorso all'energia solare, attraverso perfezionamenti e innovazioni tecnico-scientifici sui processi e sui materiali, occorre far crescere una cultura ecologica e territoriale capace di verificare e anticipare i danni che alcuni di tali processi possono arrecare al pianeta nel suo complesso.

Anche nel caso del Sole e delle fonti energetiche non rinnovabili, il criterio della corsa al minore costo monetario o al successo tecnico- commerciale o consumistico può far cadere in trappole che vanificano il progetto guida che deve essere quello del carattere umano dello sviluppo. E uno sviluppo umano sarà possibile soltanto adottando nuovi rivoluzionari tipi e forme di energie, di merci, di consumi, di città, di regole economiche, attingendo a piene mani alle grandissime risorse del Sole, del vento, delle acque, della biomassa, realizzando quella società neotecnica e biotecnica auspicata da Lewis Mumford (1895-1990), inascoltato, oltre settant'anni fa.