Università degli Studi di Catania
Facoltà di Giurisprudenza

TESI DI DOTTORATO IN SCIENZA, TECNOLOGIA E DIRITTO
XXI Ciclo

Scienza e arte dell'immagine:
immaginari tecnoscientifici e implicazioni normative

di

Alice Benessia

Coordinatore
Chiar.mo Prof. Bruno Montanari

Tutor
Chiar.ma Prof.ssa Mariachiara Tallacchini

INDICE

INTRODUZIONE
PREMESSE E PROSPETTO GENERALE, p. 5

CAPITOLO 1
DALLA SCIENZA DELLA CERTEZZA ALLE SCIENZE DELLA COMPLESSITÀ

1.1 Tecnoscienza ambiente e società: verso un nuovo contratto sociale, p. 10
1.2 Dall'esperimento all'esperienza: il modello moderno e le sue estensioni, p. 13
1.3 Il superamento del modello moderno: modelli di scienza a partecipazione estesa, p. 19
1.4. Immaginari, narrazioni e politiche della tecnoscienza: dalla *hybris* all'umiltà, p. 24

CAPITOLO 2
MERAVIGLIA

2.1 Dal laboratorio al pubblico esteso: breve filogenesi della meraviglia, p. 29
2.2 L'estetizzazione delle immagini sperimentali: cellule digitali e Titano rivisitato, p. 33
2.3 Implicazioni normative della meraviglia: Felice Frankel e l'incanto della scienza, p. 38

CAPITOLO 3
POTENZA

3.1 Dal laboratorio allo spazio scenico dell'arte: la rimozione dei confini, p. 43
3.2 C'è molto spazio al fondo: l'immaginario nanotecnologico di Feynman, p. 44
3.3 La costruzione dell'immaginario STM: dall' "Apprendistato" al "Viaggio", p. 46
3.4 Implicazioni normative della potenza: dalle arti visive alle arti performative, p. 54

CAPITOLO 4
CONTROLLO

4.1 Dal laboratorio al campo aperto: la sperimentazione in natura, p. 64
4.2 Il flusso genico come problema post normale, p. 66
4.3 Barriere tecnoscientifiche: il caso Chapela e il framing dell'introgressione, p. 68
4.4 Barriere normative: il confinamento e la coesistenza europea, p. 74
4.5 Barriere giudizirie: Monsanto Canada Inc. vs. Schmeiser, p. 79

CAPITOLO 5
URGENZA

5.1 Dal campo aperto ai sistemi socio-ambientali: la terapia tecnoscientifica globale, p. 87
5.2 Biotecnologie e bioetiche: l'urgenza alimentare globale, p. 90
5.3 Urgenza sanitaria: la malaria, il DDT e il *silver bullet approach*, p. 95

CONCLUSIONI p. 100

BIBLIOGRAFIA p. 106

INTRODUZIONE

Premesse

Questa ricerca ha come oggetto principale l'identificazione e l'analisi degli immaginari dominanti nella tecnoscienza contemporanea, e l'indagine sul ruolo di tali immaginari nel definire, produrre, orientare le politiche pubbliche in materia di scienza e tecnologia. Si intende qui il termine *immaginario* sia in senso psicologico e sociologico, ovvero come il complesso insieme delle rappresentazioni simboliche di una collettività, sia in senso letterale, ovvero come la collezione di immagini tra loro correlate, attraverso la quale l'impresa tecnoscientifica ha portato e porta avanti il suo programma di esplorazione, manipolazione e controllo dei fenomeni naturali. Caratteristica fondamentale di tali immaginari è quella di essere costruzioni sociali e culturali implicite, ovvero costituenti fondamentali di un *framework* definitorio indiscusso: un insieme di condizioni iniziali che producono senso, lo stato dei fatti rilevanti, sul quale si innestano le scelte valoriali successive, come conseguenze inevitabili. Ciò significa che sono loro associati dei precisi contenuti normativi, i quali pervadono cultura e società e agiscono in modo implicito e diffuso. Esplicitarne le origini, le caratteristiche e le conseguenze assume dunque una particolare rilevanza nel tentativo di riaprire un dibattito pubblico sugli indirizzi e sulle modalità di decisione in ambito tecnoscientifico, come emerge sempre più spesso nella letteratura STS, in particolare nel lavoro di Sheila Jasanoff, e come si osserva nel recente rapporto per la commissione europea *Taking European Knowledge Society Seriously* (2007).

Un tassello essenziale nel percorso che va dal livello più astratto degli immaginari a quello più concreto delle *policies* è quello delle *narrazioni*[1](Jasanoff 2005): articolazioni specifiche, veicolate attraverso il linguaggio verbale, dell'insieme simbolico e visivo delle rappresentazioni di sé che la tecnoscienza produce e diffonde. Accanto e oltre all'analisi degli immaginari tecnoscientifici, la ricerca prevede dunque una riflessione organica sul

[1] *Narratives* nell'accezione originale che tradurremo d'ora in poi come *narrazione* in accordo con la traduzione italiana: *Fabbriche della Natura*, trad. it. di Emanuela Gambini e Antonella Roffi, Il Saggiatore 2008.

ruolo delle narrazioni corrispondenti e derivate, come percorso parallelo per giungere alla loro articolazione normativa.

Negli ultimi anni, ha assunto una particolare rilevanza il ruolo degli artisti, sia nella produzione, sia nella diffusione degli immaginari tecnoscientifici: da un lato, attraverso un intervento diretto sulle immagini di laboratorio, d'altro lato nell'appropriazione degli strumenti stessi della sperimentazione scientifica. Il concetto di co-produzione, introdotto da Jasanoff con riferimento all'interazione tra la sfera epistemica della scienza e quella normativa della politica, dell'etica e del diritto, è estendibile, come vedremo, al sempre più intricato rapporto tra ricerca tecnoscientifica e pratica artistica.

La capacità del linguaggio visivo di agire su un piano intuitivo, emotivo ed esperienziale diretto ha acquisito una rilevanza particolare nel tentativo della comunità scientifica di raggiungere e rassicurare una cittadinanza sempre meno propensa ad associare allo sviluppo tecnoscientifico il benessere e il progresso sociale. Parte della comunità artistica ha dunque assunto il ruolo di sostenere e diffondere la narrazione del progresso tecnoscientifico.

Dopo un primo capitolo che introduce il contesto generale nel quale si muove la ricerca, il lavoro è dedicato a decostruire l'immaginario tecnoscientifico dominante e ad esplicitare i meccanismi attraverso i quali il suo contenuto normativo si diffonde nella cultura e nella società, anche e soprattutto in collaborazione, o meglio in co-produzione con alcune pratiche artistiche. Attraverso una serie di studi di caso, si individua un insieme di immaginari *standard*: una base di coordinate di riferimento che delinea uno spazio multidimensionale, insieme epistemico e normativo, collettivamente e implicitamente condiviso, all'interno del quale si articolano e si giustificano le scelte pubbliche in materia di scienza e tecnologia. Ciascun asse di riferimento di tale spazio multidimensionale costituisce, come vedremo, una modalità di coinvolgimento pubblico, atto a preservare e difendere il modello moderno di scienza, ed in particolare i tre ideali sui quali esso è fondato: la certezza, l'oggettività, l'esaustività.

Vediamo ora in sintesi come si articola la ricerca.

Prospetto generale

Nel primo capitolo, si propone una sintesi generale sulla relazione tra tecnoscienza e sfera normativa, nel passaggio da una concezione moderna della scienza che "dice il vero al potere" (Wildavsky 1979), attraverso una conoscenza fondata su certezza, oggettività ed esaustività, ad una concezione post-normale, fondata su processi decisionali a partecipazione estesa, nei quali la conoscenza scientifica è una prospettiva rilevante ma non privilegiata. Si argomentano quindi le caratteristiche ed il ruolo degli immaginari tecnoscientifici in tali scenari, con particolare riferimento alle "tecnologie dell'umiltà" (Jasanoff 2003 e 2005). Si introduce infine la funzione del linguaggio visivo artistico nel co-produrre tali immaginari.

Nei capitoli successivi, si esplora lo spazio insieme epistemico e normativo individuato da quattro assi di riferimento fondamentali, definiti come immaginari *standard*, i quali costituiscono l'ossatura del modello moderno di interazione tra scienza e politica e ne difendono l'identità.

Si inizia con un'analisi dell'immaginario *standard* della *meraviglia*, ovvero della scienza che scopre e rappresenta in modo oggettivo e neutrale le meraviglie della natura. Si prende in esame, in particolare, il complesso scenario di creazione, diffusione ed utilizzo delle immagini tecnoscientifiche, nel passaggio diretto dalla letteratura specialistica al pubblico esteso, ponendo l'attenzione sul controverso processo di estetizzazione del linguaggio visivo sperimentale, definito come *marketing epistemico*, nel campo della biologia molecolare, dell'esplorazione spaziale e delle scienze dei materiali. La concezione e la produzione di tali immagini è affidata ad una molteplicità di figure professionali ibride, nelle quali si intrecciano *expertise* artistiche, scientifiche e di *image-making*.

Si prosegue con l'immaginario della *potenza*, inteso come la capacità della ricerca tecnoscientifica di estendere indefinitamente i confini del suo agire mediante la manipolazione creativa dei sistemi naturali. Si estende l'analisi delle immagini di laboratorio e della loro estetizzazione e diffusione in contesti aperti al grande pubblico, quali mostre fotografiche e gallerie *on line*, focalizzando l'attenzione in particolare sulle nanotecnologie. La capacità di manipolare e contemporaneamente di rappresentare la materia su scala nanoscopica è associata all'immaginario della conquista dello spazio, ovvero ad un immaginario di potenza per eccellenza. L'immaginario nanotecnologico è

occasione per esplicitare il triplice significato della rappresentazione di una tecnoscienza ad alta potenza: dalla riproduzione oggettiva scientifica sperimentale alla rappresentazione propria delle arti performative, intesa come messa in scena di un determinato messaggio o evento, per giungere alla rappresentazione politico-normativa dell'istituzione che finanzia la ricerca, sia essa uno stato nazione come nel caso della missione Apollo, tipico esempio di immaginario ad alta potenza, o una multinazionale come nel caso in questione della manipolazione su scala atomica finanziata dalla IBM.

Si passa quindi dal laboratorio al campo aperto e si propone un'analisi dell'immaginario del *controllo* - dell'incertezza, del rischio, dell'ignoranza - a partire da un'analisi della letteratura scientifica relativa alla definizione e alla gestione del problema flusso genico tra colture geneticamente modificate, specie selvatiche e colture tradizionali. Si prende in esame il concetto di *barriera* come chiave di volta di una narrazione del controllo epistemico, normativo e giudiziario. Si articola in particolare il *framing* tecnoscientifico relativo al fenomeno del flusso genico e alla possibile contaminazione transgenica di specie selvatiche protette, attraverso la definizione del concetto di barriera naturale e tecnologica. Si rintracciano quindi le implicazioni normative di tale inquadramento epistemico nel contesto europeo e in quello nord americano. Nel primo caso, la barriera si esplica nella nozione politico-normativa di coesistenza, nel secondo in quella di equivalenza sostanziale. Si termina con un'analisi del caso giudiziario canadese che vede schierati su due fronti avversi la multinazionale *biotech* Monsanto e Percy Schmeiser, un coltivatore di colza dello stato canadese del Saskatchewan. La narrazione del controllo si articola in tale esempio attraverso tre prospettive distinte, ovvero quella delle parti in causa e quella della Corte Suprema Canadese, che si rifà esplicitamente ai pilastri dell'immaginario del controllo propri della modernità: il riduzionismo, il meccanicismo ed il determinismo.

Si continua ad estendere la scala di grandezza dell'analisi, passando da una questione sollevata dalla tecnoscienza, le colture geneticamente modificate, alle emergenze globali definite e gestite *per mezzo* della tecnoscienza: il problema della denutrizione cronica e la pandemia malarica in atto. L'immaginario *standard* di riferimento è in questo caso quello fondato sul principio di *urgenza* e sulla conseguente applicazione di soluzioni uniche, basate su un approccio monocausale, ovvero sul cosiddetto *silver bullet approach*. Si discutono quindi le implicazioni epistemiche e normative nella definizione stessa delle

emergenze in termini tecnoscientifici, tra le quali la distinzione tra un'etica di lusso, adatta ai paesi 'sviluppati' del Nord del mondo, ed un'etica per i paesi 'in via di sviluppo', fondata sulla sopravvivenza. Si riprendono in esame le biotecnologie agricole, in tal caso considerate come soluzione unica al problema della fame nel mondo. Infine, si introducono l'immaginario e la narrazione dell'urgenza articolati nella decisione dell'Organizzazione Mondiale per la Sanità di reintrodurre il DDT come strumento principale di lotta globale alla malaria. In entrambi i casi si analizza l'inquadramento, ovvero il *framing* visivo e verbale del problema nella letteratura scientifica e nella diffusione nei *media* rivolti al pubblico esteso.

Segue il capitolo conclusivo, nel quale si articolano il significato e ruolo dell'analisi svolta dal punto di vista epistemologico e dal punto di vista normativo.

CAPITOLO PRIMO

Dalla scienza della certezza alle scienze della complessità

1.1 Tecnoscienza, ambiente e società: verso un nuovo contratto sociale

Nel corso dell'ultimo secolo, si è assistito ad una progressiva e rapida estensione della capacità della scienza e della tecnologia di modificare, spostare e trasformare materia ed energia sul pianeta, in tempi sempre più brevi. In termini generali, siamo di fronte ad un aumento esponenziale della potenza di interazione tra tecnoscienza, ambiente e società, al quale è associata una progressiva concentrazione di potere economico-finanziario, nella realizzazione e nella gestione della ricerca tecnoscientifica, attraverso una sua rapida privatizzazione, prevalentemente ma non solo tramite l'estensione dei principi di brevettabilità ai viventi. In particolare, in questo scenario, definito da Ravetz come *mega scienza*, l'area del *corporate know-how* si estende in modo sempre più capillare nella cosiddetta ricerca di base riducendo progressivamente il *public knowledge,* ovvero le conoscenze di dominio pubblico (Ravetz 2006).

Dalla prima Guerra Mondiale in poi, la ricerca scientifica disciplinare, la cosiddetta *curiosity-oriented science*, la fisica, la chimica e più recentemente la biologia, sino ad allora prevalentemente considerate come intrinsecamente benefiche per la specie umana e per l'ambiente, hanno destato sorpresa e preoccupazione. La fiducia pubblica nella scienza, come impresa esente dalla fallacia delle istituzioni umane e associata al mito del progresso inarrestabile, si è drasticamente incrinata. Si pensi alle applicazioni militari - nucleari, chimiche e più recentemente batteriologiche -, all'insorgere di effetti collaterali imprevisti – quali lo scenario evocato da Rachel Carson nel best-seller *Silent Spring* (Carson 1962) o l'improvvisa esplosione della sindrome BSE in Gran Bretagna-, infine alla sequenza di incidenti cosiddetti 'normali', ovvero connaturati all'agire tecnoscientifico (Perrow 1984), quali i disastri di Chernobyl e Bhopal. Tutti questi casi, fondati su e determinati da una serie di scelte e valori, che non potevano essere previsti o affrontati in modo isolato, tramite la conoscenza quantitativa e specializzata di una scienza disciplinare 'neutrale'. Nel contempo, l'emergenza di questioni socio-ambientali globali, quali il buco nello strato di

ozono nell'alta atmosfera, il declino della biodiversità e il caos climatico hanno determinato l'insorgere di una consapevolezza ambientale e della necessità di nuove concezioni normative, altrettanto globali (Singer 2002).

Inoltre, negli ultimi anni, i confini disciplinari e la distinzione tra scienza 'pura' e tecnologia 'applicata' si sono dissolti in tecnoscienze ibride, quali la genomica, e le sue applicazioni biotecnologiche, la robotica, l'intelligenza artificiale, la neuroscienza, la nanotecnologia, definite da Ravetz con l'acronimo GRAINN (Ravetz 2006), e la loro evoluzione più recente, denominata biologia sintetica (Caruso 2008). Strettamente connesse al mercato attraverso finanziamenti e strutture di ricerca private, le tecnoscienze GRAINN sono per lo più implementate e diffuse come prodotti di consumo. Come tali, ridefiniscono gli stili di vita e i valori dei cittadini e implicano, a loro volta, rischi ed incertezze da individuare e gestire.

In questo scenario complessivo, il coinvolgimento pubblico nella ricerca tecnoscientifica assume nuovi significati. La necessità di comunicare efficacemente la scienza al pubblico, possibilmente valorizzandola, diventa prioritaria. Per essere sostenuti, i progetti, i processi e i prodotti della ricerca devono risultare non soltanto utili, o addirittura necessari, ma anche e primariamente innocui: su scala locale e globale, sul piano ambientale e su quello sociale ed economico. L'isolamento moderno della ricerca scientifica dall'area normativa è pertanto compromesso e la responsabilità politica della tecnoscienza di fronte alla cittadinanza, ovvero la *pubblic accountability*, emerge come valore essenziale. Si manifesta dunque la necessità di rifondare il contratto sociale tra scienza e società, non soltanto dotando i cittadini del diritto di conoscere, il cosiddetto *right to know*, ma anche favorendo una partecipazione estesa e diretta ai processi di accreditamento, e più in generale di decisione, in materia di scienza e tecnologia. Si tratta quindi di implementare nuove strutture politiche e sociali e nuove metodologie per aprire lo spazio pubblico e per democratizzare non soltanto la conoscenza esperta, ma anche le modalità di comunicazione e di fruizione di tale conoscenza. Inoltre, affinché la partecipazione estesa sia efficace, una riflessione organica deve essere dedicata a come creare consapevolezza, come dare voce e potere all'immaginazione, individuale e collettiva, ovvero, in un'accezione di Jasanoff, a come 'dischiudere il potenziale democratico' della società civile (2008). Si tratta, in altre parole, di aumentare la capacità di riflettere collettivamente nell'interfaccia tra il piano fattuale, fondato sul "che cosa

conosciamo" e il "che cosa possiamo fare", e quello normativo del "che cosa desideriamo" e "di che cosa abbiamo bisogno".

Come vedremo nei prossimi capitoli, un numero di pervasive e influenti narrazioni – *master narratives* nell'accezione di Jasanoff (2005) - sono immerse nella nostra cultura e società, in relazione alla scienza e alla tecnologia. Tali narrazioni sono l'espressione di alcuni immaginari dominanti sul nostro mondo, su che cosa consideriamo come valore e su di che cosa abbiamo bisogno per raggiungere i nostri scopi. Il nostro agire politico e normativo si fonda su tali immaginari e sulle narrazioni che si articolano sulla base di questi ultimi. In quest'ottica, un nuovo contratto sociale tra la scienza e i cittadini dovrebbe essere basato, da un lato, sull'espressione e sulla valutazione consapevole degli immaginari e delle narrazioni, e dall'altro, su una riflessione collettiva per crearne di nuovi.

Gli immaginari e le narrazioni tecnoscientifiche assumono dunque in questo scenario un ruolo fondamentale. Come vedremo, sono in corrispondenza di, e veicolano, determinati modelli di interazione tra scienza e politica, ovvero specifici modi di intendere ed operare il complesso rapporto tra l'impresa tecnoscientifica e la sfera decisionale. In particolare, ci occuperemo di definire, esplicitare ed articolare gli immaginari dominanti che si ergono a difesa del modello mertoniano moderno, per poi concludere con alcuni spunti sulla creazione e condivisione di nuovi immaginari partecipativi, in grado di veicolare la complessità insita nei problemi socio-ambientali che ci troviamo ad affrontare. Prima di entrare nel merito di un'analisi specifica di tali corrispondenze, dedichiamo dunque il seguito di questo capitolo ad una breve panoramica dei principali modelli di interazione tra scienza e sfera decisionale, a partire dal modello moderno fino ai modelli a partecipazione estesa.

1.2 Dall'esperimento all'esperienza: il modello moderno e le sue estensioni

> *La questione che dobbiamo affrontare con urgenza è come vivere democraticamente ed in pace con la consapevolezza che le nostre società sono inevitabilmente a rischio (Jasanoff 2003, p.224 traduzione mia).*

La caratteristica fondamentale delle tecnologie ad alta potenza consiste nel fatto che la loro implementazione viene testata soltanto *mentre* la si realizza, ovvero direttamente sul campo. Questo a sua volta ha almeno tre ordini di conseguenze: il primo è che il livello di complessità del sistema nel quale la tecnologia è implementata e quello dell'interazione tra tale tecnologia e il sistema medesimo è, come specificheremo meglio in seguito, molto elevato - non si tratta di un laboratorio nel quale le interazioni sono semplificate - e dunque dominano *incertezza*, e *ignoranza*. Il secondo è che la sperimentazione diretta non è reversibile. Complessivamente, questi due fattori implicano a loro volta la possibilità che insorgano conseguenze negative impreviste, imprevedibili e non rimediabili. In altri termini, la tecnoscienza promette benefici e nel contempo genera rischi ai quali non necessariamente sa come rispondere. È questo lo scenario della società del rischio di Ulrich Beck (Beck 1992). Infine, il terzo ordine di conseguenze consiste nel fatto che il tipo di conoscenza utile a descrivere e a gestire lo sviluppo e l'introduzione di una nuova tecnologia ad alta potenza non è definito a priori – l'esperimento non avviene in un *setting* predefinito da scelte metodologiche disciplinari specifiche- ma è esso stesso il frutto di una serie di scelte, di una negoziazione o competizione tra diverse discipline. Questo introduce una sostanziale *indeterminatezza*, nei termini stessi che definiscono le questioni da affrontare, quali le scelte disciplinari e metodologiche. Nelle parole di Daniel Sarewitz:

> La necessità di guardare la natura attraverso una varietà di lenti disciplinari porta con sé una varietà di lenti normative (Sarewitz 2004, p.389, traduzione mia).

Nella transizione che abbiamo sin qui delineato, in cui i potenziali effetti della tecnologia ad alta potenza ricadono direttamente sui sistemi socio-ambientali del pianeta, a livello locale e globale, ed in modo irreversibile, il rapporto tra la ricerca tecnoscientifica e la sfera decisionale della politica e del diritto diviene dunque sempre più rilevante e nello

stesso tempo più intricato. Da un lato, la tecnoscienza è *oggetto* della politica – si tratta di decidere il dove, il come, il quando (purtroppo molto di rado il perché) implementarla, ovvero si tratta di regolamentarla - e d'altro lato la scienza è chiamata in causa come *informatrice* della politica, nel fornire il quadro di riferimento, lo stato dei fatti, circa l'interazione tra sistemi socio-ambientali e tecnologie in questione. Naturalmente, molto spesso i due ruoli sono strettamente correlati: la conoscenza scientifica che proviene dall'innovazione è di frequente utilizzata per regolamentare l'innovazione medesima. Il caso degli organismi geneticamente modificati è emblematico in questo senso.

A queste due funzioni corrispondono nella letteratura anglosassone due modalità di condurre la ricerca scientifica: da un lato la cosiddetta *innovation science* (Wynne citato da Jasanoff, 2005), e d'altro lato la *regulatory science* (Jasanoff 1990). Nel primo caso, l'enfasi è posta sulla capacità di controllare e programmare specifiche proprietà utili e vantaggiose per chi crea i prodotti tecnologici e naturalmente per chi li utilizza. L'intento degli scienziati impegnati nell'impresa si riflette in una modalità di ragionamento basata essenzialmente su relazioni di causa-effetto lineare che intercorrono fra un numero limitato o comunque limitabile di variabili. Lo schema interpretativo che meglio si addice a questo tipo di modalità di ricerca, e che di fatto ne è il fondamento, è quello di matrice riduzionistica e meccanicistica: il sistema è controllabile e modificabile in quanto, seppur complesso, è separabile in sottosistemi fondamentali da cui discendono in modo deterministico, ovvero predicibile, le proprietà dell'insieme.

La *regulatory science* è essenzialmente gestita con il medesimo approccio dell'*innovation science* (in qualche caso anche dalle medesime persone) e il carattere di provvisorietà della conoscenza prodotta – l'ignoranza, l'incertezza, l'indeterminatezza, il disaccordo e la sorpresa - è eliminato con meccanismi di legittimazione di autorità dall'alto, ovvero mediante l'istituzione di commissioni di consulenza scientifica costituite da 'legittimi esperti', designati in sede politica. Per poter essere tradotta in forma normativa, la conoscenza scientifica prodotta all'interno di tali comitati assume un carattere definitivo: si pensi ad esempio al dibattito sulla definizione e sulla funzione dei geni in relazione alla brevettabilità dei viventi, laddove è prevalso in sede di regolamentazione l'approccio riduzionistico e deterministico che associa un singolo gene ad una specifica funzione.

Queste due modalità di condurre la ricerca scientifica si fondano entrambe sull'ideale moderno di conoscenza scientifica, caratterizzato dalla certezza, l'oggettività e la capacità di descrivere in modo univoco ed esaustivo la realtà in esame. Nell'approccio dell'*innovation science*, l'incertezza è considerata come marginale e comunque arginabile, le possibili conseguenze impreviste sono descrivibili in termini quantitativi e gestibili con meccanismi di correzione a posteriori, con la tendenza a estendere al di fuori dalla situazione controllata e reversibile del laboratorio il meccanismo del *trial-and-error*; in quello della *regulatory science*, la discussione sull'incertezza è chiusa attraverso dei meccanismi di accreditamento del potere decisionale, riconducendo la discussione nei parametri certi, oggettivi ed esaustivi dell'ideale moderno. In tale modello di conoscenza, di matrice illuministica, dal 'vero' della scienza discende necessariamente il 'giusto' della politica, ovvero la scienza è intrinsecamente in grado di fornire l'oggettivo e certo stato dei fatti dal quale discende razionalmente il miglior corso d'azione. Con le parole di Wildavsky: "*science speaks truth to power*" (Wildavsky 1979). In questa visione, definita da Merton come "repubblica della scienza" (Merton 1962), la conoscenza scientifica è dotata di uno statuto epistemologico privilegiato perché è prodotta da una comunità di pari che si autogoverna senza alcuna forma di coercizione o di autorità altra se non la pura aderenza alla verità dei fatti, definita come coerenza al metodo scientifico. La sfera politico-normativa è concepita come un'automatica applicazione di una conoscenza validata autonomamente, fatti e valori sono separabili e separati.

Dal quadro sin qui delineato, emerge dunque con chiarezza un profondo iato tra i metodi e i presupposti sia della scienza dell'innovazione, sia della scienza della regolamentazione, l'una ancorata al modello moderno dal quale è scaturita, l'altra in difesa autoritaria di tale modello, e l'effettiva complessità dello scenario nel quale tecnoscienza, società e ambiente sono immersi. Vediamo ora di specificare meglio in che cosa consiste tale complessità e nel contempo di descrivere le possibili vie di superamento del modello moderno.

Una prima presa d'atto dell'effettiva mancanza di piena conoscenza nella quale la politica si trova a decidere in materia di problemi socio-ambientali è costituita dall'enunciazione, nella Dichiarazione di Rio su Ambiente e Sviluppo del 1992, del Principio Precauzionale. Nel Principio 15 si legge:

> Laddove vi siano minacce di danni seri o irreversibili, la mancanza di un'assoluta certezza scientifica non dovrà essere usata come motivo per ritardare il ricorso a misure economicamente efficaci per la prevenzione del deterioramento ambientale (Commission of the European Communities 2000).

In questo modo, si introduce l'idea che la scienza può non essere in grado di produrre una conoscenza certa ed esaustiva e qualora *provvisoriamente* questo accada, si introduce un principio politico secondo il quale si scelgono di minimizzare i cosiddetti errori di tipo II, ovvero la possibilità di accettare sviluppi poi dannosi (i falsi positivi), con conseguenti danni all'ambiente e alle persone, rispetto all'ideale ottimistico del progresso, nel quale si tendono a minimizzare gli errori di tipo I, ovvero la possibilità di rifiutare sviluppi poi innocui alla prova dei fatti (i falsi negativi), con conseguenti perdite economiche. Questo passo importante equivale dal punto di vista epistemico, ad un passaggio da una scienza teorica a due valori, vero/falso, ad una scienza applicata ai rischi, a tre valori, vero/falso/incerto. A sua volta, questo implica dal punto di vista della scelta politica, un analogo passaggio dal vero/falso che comporta il giusto/sbagliato, a un'accettabilità o meno di un rischio, fissando così una soglia etica a livello politico–normativo (Shrader-Frechette 1996; Tallacchini 2005). In effetti, nella Comunicazione della Commissione Europea sul Principio di Precauzione del 2000, il principio precauzionale diviene un principio di responsabilità politica, laddove si stabilisce che "alcuni tipi di rischio sono inconsistenti rispetto all'alto livello di protezione scelto dalla Comunità Europea" (*Communication of the European Commission*, 2000).

Se da un lato il modello precauzionale rappresenta dunque un sostanziale passo avanti rispetto al positivismo del modello moderno, perché in esso si prende atto dell'incertezza, d'altro lato, il carattere privilegiato della conoscenza scientifica non è messo in discussione, essendo la mancanza di piena conoscenza intesa come un'incertezza tecnica, ovvero come una condizione transitoria, da attribuire a una temporanea difficoltà metodologica, nella raccolta dei dati e nella capacità di aggregarli. Inoltre, nella medesima comunicazione della Commissione Europea si legge che il principio di precauzione "è particolarmente rilevante per la gestione del rischio", e si specifica che può essere invocato solo "qualora una valutazione scientifica offra una prova del rischio, e solo nel caso in cui le misure di precauzione siano in linea con il principio della proporzionalità (tra costi e

benefici)" (Funtowicz 2007). In altre parole, nel modello precauzionale l'incertezza non è solo provvisoria, ma è gestita in pratica solo nel caso in cui la si possa tradurre in termini di rischio, ovvero in termini quantitativi.

Altro limite sostanziale del Principio di Precauzione, sul quale fa leva lo scetticismo e in qualche caso la netta opposizione della comunità scientifica che lo precepisce come una forma di oscurantismo, è il suo fondamento teorico, che si fa comunemente risalire alla cosiddetta *euristica della paura* di Jonas (Jonas 1985). Secondo tale prospettiva, quando ci si confronta con una mancanza di piena conoscenza, è *più responsabile* ascoltare le profezie infauste rispetto a quelle positive, ovvero è più responsabile dare la priorità alla paura rispetto alla speranza. L'euristica della paura assegna dunque all'ignoto una valenza psicologica e non epistemica, aderendo alla dicotomia moderna di matrice positivistica che associa la certezza alla razionalità e, all'estremo opposto, la mancanza di piena conoscenza al dominio dell'irrazionale. Come si vedrà nel quinto capitolo, tale concezione dell'ignoto è espressa e diffusa nell'immaginario *standard* dell'emergenza. Dunque, in sintesi, nel modello precauzionale l'incertezza è transitoria e quantificabile e la certezza resta l'unico principio cognitivo fondante.

Nel contempo, di fronte alla sempre più frequente mancanza di accordo nelle valutazioni scientifiche, anche gli altri due pilastri del modello moderno, l'oggettività e l'esaustività, sono messi in crisi. Nei suoi lavori più recenti, Silvio Funtowicz analizza due modalità distinte di arginare tali difficoltà, messe in pratica nel contesto politico-normativo europeo, le quali, analogamente alla soluzione precauzionale, non mettono davvero in discussione il modello medesimo, ma si limitano ad arginare i danni (Funtowicz, 2007). Nel cosiddetto *modello mirato*, o *framing model* nella versione anglosassone, si prende atto della sostanziale *indeterminatezza* della conoscenza scientifica a disposizione dei decisori, ovvero della difficoltà di fornire un singolo quadro esaustivo della questione in esame da parte della comunità scientifica. Questa indeterminatezza ha origine, come abbiamo accennato sopra, nel fatto che i problemi socio-ambientali non sono a priori descritti da una singola disciplina scientifica, perché non insorgono in laboratorio, ma nel mondo reale. Ci si trova dunque tipicamente in una situazione in cui "le diverse discipline scientifiche competono come veri e propri *stakeholders*, e quella che riuscirà ad 'appropriarsi' del problema darà il principale contributo alla sua soluzione, godendo dei conseguenti benefici" (Funtowicz 2007). Le modalità per arginare il problema sono espresse dalla

Commissione europea attraverso una particolare attenzione al processo (di decisioni 'mirate' o di *framing* per l'appunto) attraverso il quale si configura il problema e si scelgono gli esperti, e al coinvolgimento in tale processo del pubblico esteso e degli *stakeholders*, mediante quello che viene comunemente chiamato *upstream engagement* (impegno preliminare).

Il limite del modello mirato è che considera l'indeterminatezza come fondata su una serie di distorsioni superflue, ovvero arginabili e in ultima istanza eliminabili attraverso un adeguato allargamento delle prospettive: in una accezione di Jasanoff, fra le strategie europee per giustificare "*a view from nowhere*", uno *standard* di oggettività nella conoscenza prodotta a fini decisionali, è la cosiddetta "*view from everywhere"* ovvero il coinvolgimento di tutte le parti in causa (Jassanoff 2005). In questo caso, non si prende atto che la questione del *framing* è invece intrinseca, ha origine in scelte necessarie, emergenti, come vedremo in particolare nel capitolo quarto, dalla complessità dei problemi affrontati.

Infine, un altro modello col quale si tenta di arginare la crisi di oggettività ed esaustività della conoscenza scientifica prodotta a fini decisionali, è il cosiddetto *modello di demarcazione*, nel quale si prende atto della possibilità sempre più rilevante che l'informazione sia 'distorta' da posizioni valoriali che provengono da affiliazioni e interessi particolari. In quest'ottica, ci si deve dunque impegnare affinché "le istituzioni (e gli individui) che forniscono il sostegno scientifico siano tenuti rigorosamente separati dagli organi ove tali contenuti vengono impiegati, onde evitare che la politica interferisca con la scienza, mettendone a repentaglio l'integrità." (Funtowicz 2006). Anche in questo caso, lo statuto epistemologico privilegiato della conoscenza scientifica non è messo in discussione, poiché si tratta semplicemente di proteggere la separazione tra la sfera dei fatti della scienza dalla sfera dei valori della politica, con l'implicita assunzione, tipica del modello moderno, che fatti e valori siano, in effetti, separabili e l'unico modo per decidere 'razionalmente' sia quello di mantenerli separati.

1.3 Il superamento del modello moderno: modelli di scienza a partecipazione estesa

In definitiva, nei tre modelli proposti per arginare l'incompletezza, l'uso improprio e l'abuso della scienza, si mantiene salda l'idea che il rapporto tra scienza e politica debba restare diretto, ovvero, come sintetizza chiaramente Funtowicz "la sostanza del modello moderno – la (il desiderio di) verità degli esperti che parla al (bisogno di) potere dei politici – non cambia" (Funtowicz 2006). Detto in altri termini, si affrontano le difficoltà del modello moderno con le tecniche del *puzzle-solving* proprie della scienza normale, e non si prende in esame l'idea che tali difficoltà non siano transitorie e arginabili, ma siano invece il chiaro segno della necessità di un cambiamento di paradigma.

È degli anni novanta l'elaborazione da parte di Funtowicz e Ravetz, di un nuovo modello di interazione tra tecnoscienza e politica, il cosiddetto *modello post-normale* (Funtowicz e Ravetz 1993). Punto di partenza della loro riflessione è la presa d'atto che nella maggioranza delle questioni socio-ambientali attuali, i fatti sono incerti, i valori in gioco sono in contrasto, le decisioni sono urgenti, la posta in gioco è elevata. Non solo, ma la complessità generata da un accoppiamento sempre più significativo tra sistemi naturali e sistemi sociali è tale che l'incertezza è radicale, ovvero non riducibile, né tanto meno eliminabile, così come è ineludibile il contrasto tra posizioni valoriali distinte, che possono essere supportate da *pluralità di prospettive legittime*, tra loro incommensurabili.

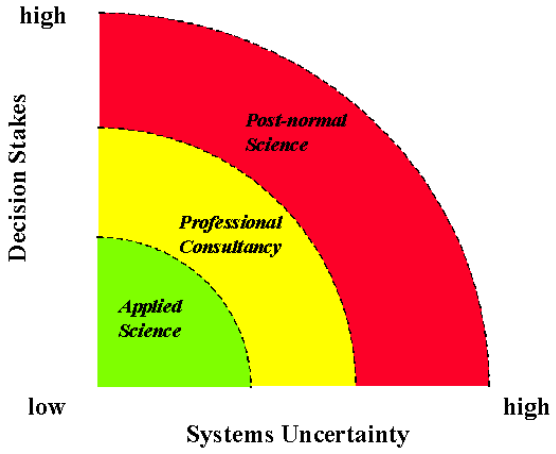
L'*incertezza radicale* si manifesta nell'imprevedibilità intrinseca del sistema socio-ambientale complessivo. In effetti, i sistemi naturali sono caratterizzati da uno stretto accoppiamento tra livelli organizzativi diversi che interagiscono e si influenzano a vicenda, mediante dinamiche altamente non-lineari con una conseguente dipendenza critica dalle condizioni iniziali, e manifestano proprietà emergenti di auto-organizzazione e auto-riflessività. Per questo la conoscenza di un sistema naturale è sempre incompleta e la sorpresa inevitabile (Gallopin, Funtowicz, O 'Connor e Ravetz, 2001). Dupuy definisce questo insieme di proprietà dei sistemi complessi come la condizione per la quale l'unico modello in grado rappresentare il sistema nel suo insieme e di prevederne l'evoluzione è un modello 1:1, ovvero l'evoluzione reale del sistema (Dupuy 2004)[2]. Ma qualunque analisi

[2] Si pensi a tal proposito al fulminante racconto di Borges "Del rigor en la ciencia" (Borges 1946) nel quale si narra dell'ideale di esattezza perseguito nella scienza

deve per forza partire da un sistema artificialmente troncato e i confini del sistema rilevanti per la scienza non coincidono se non accidentalmente con quelli significativi per una data situazione di policy. Questo, a sua volta, introduce un altro livello di incertezza radicale, *l'indeterminatezza* di Smith e Wynne (1989), l'*eccesso di oggettività* di Sarewitz (2004), connesse entrambe alla molteplicità di prospettive disciplinari e valoriali da un lato, e alla ricchezza stessa della realtà in esame dall'altro, la quale permette di trovare una serie coerente di fatti, di dati sperimentali, per supportare legittimamente ciascun approccio disciplinare e metodologico, ciascuna posizione e finalità. Indeterminatezza ed eccesso di oggettività sono responsabili della compresenza irriducibile di una pluralità di prospettive legittime e incommensurabili.

Infine, caratteristica fondamentale dell'interazione tra tecnoscienza, ambiente e società è la cosiddetta *complessità riflessiva*, determinata dalla presenza, nel sistema socio-ambientale complessivo, di elementi dotati di individualità, di capacità previsionali, di finalità autonome, di rappresentazioni simboliche, di una moralità (Funtowicz e Ravetz 1994).

Una sintesi dello scenario post-normale è fornita da Funtowicz e Ravetz (1993) nel grafico in figura:



della cartografia che porta alla paradossale costruzione di una mappa 1:1 di un Impero. Per una versione audio del racconto con la voce di Borges si veda http://www.youtube.com/watch?v=if0YH_PC02Y.

Dall'ideale incrementale unidimensionale del progresso verso la certezza, tipico del modello moderno e delle sue estensioni, si passa qui ad una rappresentazione bidimensionale, dove l'incertezza è correlata alla posta in gioco.

Lo schema permette di individuare tre principali situazioni, e il passaggio dall'una all'altra avviene, nello scenario da noi sin qui delineato, all'aumentare della potenza e conseguentemente delle complessità. La *scienza applicata* è essenzialmente scienza di laboratorio, nella quale si è accumulata molta esperienza e si opera in condizioni di rischio controllato e prevedibile sulla base di una probabilità statistica. È questa la situazione nella quale il modello moderno è emerso ed è stato applicato senza difficoltà.

Aumentando la posta in gioco e la scala del sistema, cresce anche l'incertezza e in questo campo gli scienziati svolgono spesso il ruolo di *consulenti*, con il compito di offrire un parere informato al decisore politico, affinché questi possa assumere le soluzioni più razionali e responsabili sulle questioni controverse. A questa situazione corrisponde il tentativo di estensione del paradigma moderno proposto nei tre modelli analizzati, quello precauzionale, quello mirato e quello di demarcazione.

Ampliando ancora la scala, ovvero all'aumentare della potenza, ci si trova a decidere su questioni che per loro natura sono irriducibilmente complesse, ovvero per le quali, come abbiamo visto, si entra in una dinamica paradossale nella quale all'aumentare della conoscenza insorgono nuovi livelli di complessità e dunque aumentano contemporaneamente incertezza, indeterminatezza e ignoranza. Prendere atto sino in fondo di questa dinamica implica lo sviluppo di nuovi criteri per produrre conoscenza rilevante nei processi decisionali e per valutarne la qualità (Futnowicz e Ravetz 1990).

Nel modello moderno, la conoscenza rilevante è per definizione quella scientifica, e la qualità della conoscenza scientifica è identificata con il suo grado di 'verità', valutato autonomamente all'interno di una comunità di pari, attraverso il meccanismo della cosiddetta *peer review*, con l'implicita assunzione che la sfera valoriale possa e debba essere mantenuta separata nel processo di accreditamento. Nelle estensioni del modello moderno che abbiamo preso in considerazione, è ancora e sempre la scienza a costituire la conoscenza rilevante e i criteri di valutazione della qualità di tale conoscenza sono estesi, associando alla *peer review* e alla dicotomia vero/falso, dei metodi per valutarne *separatamente* l'accettabilità, come nel caso del principio di precauzione, e più in generale la rilevanza politica, come nel modello mirato e nel modello di demarcazione. Malgrado

l'estensione, si mantiene salda la separabilità e la separazione tra la descrizione dello stato dei fatti, fornita dalla scienza e ancora validata in base ai criteri moderni, e i valori, gestiti dalla politica.

Nel contesto della complessità espresso nel modello post-normale si mette chiaramente in evidenza che nelle questioni socio-ambientali complesse e controverse, la sfera dei fatti e quella dei valori non sono separabili e dunque nessuna forma di conoscenza, inclusa quella scientifica, può essere avvalorata da un predefinito concetto di verità. Si tratta quindi di determinare delle forme diverse di controllo pubblico della qualità della conoscenza (Funtowicz e Ravetz 1990). Questo implica la necessità, non soltanto etica e politica, ma primariamente *epistemica* e *metodologica*, di estendere la partecipazione pubblica nei processi decisionali. In tale estensione della partecipazione:

> La scienza è considerata come una parte della conoscenza rilevante ed è inclusa soltanto come una parte dell'evidenza probatoria del processo. L'ideale della dimostrazione scientifica rigorosa è rimpiazzato da quello del dialogo aperto e pubblico. Nel processo di produzione della conoscenza, i cittadini diventano sia critici sia creatori. Il loro contributo non deve essere definito come conoscenza 'locale', 'pratica', 'etica', o 'spirituale', ma deve essere considerata e accettata come una pluralità di prospettive legittime e coordinate dotate di significati e di strutture valoriali proprie (Funtowicz e Liberatore 2003, p.149, traduzione mia).

Non si tratta dunque di rinunciare alla conoscenza scientifica o di sminuirne il valore, ma di attuare un processo di democratizzazione della conoscenza esperta, della *expertise*, legittimando i cittadini nel loro ruolo di critici, elaborando quello che viene comunemente chiamato un processo di *peer review* esteso. Una volta ampliato, o meglio democratizzato il concetto stesso di *expertise*, nel riconoscere alla cittadinanza estesa non soltanto la capacità critica ma anche di creazione di conoscenza rilevante, si intraprende un processo di 'espertizzazione' delle procedure democratiche, ovvero si riconosce la necessità di includere una pluralità di conoscenze esperte nei processi decisionali democratici. È questo lo scenario, fondamento teorico della terza parte della ricerca, che Liberatore e Funtowicz

hanno definito come "democratising expertise and expertising democracy" (Funtowicz e Liberatore 2003).

Accanto alle scienze dell'innovazione, sintetizzate nell'acronimo GRAINN e basate sul modello normale, e alla scienza della regolamentazione, che per quanto visto finora corrisponde ad una gestione poco democratica dell'*expertise*, emergono dunque dei nuovi modelli di scienza definiti come *scienza post-normale* o *scienza della precauzione* da Funtowicz e Ravetz, come scienza di *Modalità 2* da Gibbons e altri Autori (Gibbons *et al*. 2004), come *scienza della sostenibilità* da Gallopin (2004), e infine come SHEE, (Safety, Health, Environment, Ethics) da Ravetz (2006). Tali modelli si relazionano con ambiente e società attraverso il coinvolgimento esplicito di cittadini e *stakeholders*, intrecciano creativamente innovazione, regolamentazione e gestione dei rischi e prevedono una co-produzione di conoscenze tra scienza, politica e diritto (Jasanoff 1995).

La democratizzazione della conoscenza auspicata in tutti questi modelli si attua nella pratica attraverso la costituzione di comunità di pari estese, quali le giurie popolari, i *focus group,* le *consensus conference* (Kasemir *et al*. 2005) oppure attraverso l'aggregazione spontanea attorno a una specifica questione, grazie, ma non solo, alla rete e alle tecnologie di informazione e comunicazione (ICT) - si pensi ai *blog*, alle associazioni di pazienti, eccetera. Si assiste dunque ad una progressiva parcellizzazione della politica, ovvero, nelle parole di Latour, ad una transizione dalla *Realpolitik* della modernità, nella quale la macchina parlamentare assorbe le questioni da affrontare attraverso delle procedure prestabilite in grado di standardizzarne la gestione – procedure nelle quali la scienza ha come abbiamo visto il ruolo di trasformare le questioni socio-ambientali in insiemi esaustivi ed oggettivi di dati di fatto (i cosiddetti *matter-of-facts* nell'accezione di Latour) – ad una *Dingpolitik*, neologismo coniato sulla base della radice germanica *Ding* che racchiude il significato di 'cosa' come 'causa' attorno alla quale ci si aggrega, e nel contempo di luogo stesso dell'aggregazione (Latour 2005). Dai *matter-of-facts* si passa dunque ad una politica basata ai *matters-of-concern*, questioni rispetto alle quali i cittadini sono espliciti portatori di interesse, che si svolge in una pluralità di *forum* ibridi, nei quali la società civile si riunisce attorno ad una causa piuttosto che non ad una ideologia politica.

1.4 Immaginari, narrazioni e politiche della tecnoscienza: dalla hybris all'umiltà

Creare le strutture di partecipazione è una condizione necessaria ma non sufficiente per democratizzare effettivamente la conoscenza e l'*expertise* nei processi decisionali: aumentare il numero di voci può non portare di per sé a decisioni più sagge. In effetti, il rischio di estendere la partecipazione in sé è l'irrigidimento di alcune posizioni predefinite, oppure, all'estremo opposto, la decostruzione indefinitamente profonda del processo decisionale. È necessario, dunque, riflettere su come si canalizza l'immaginazione collettiva, come si stimolano la consapevolezza pubblica, il pensiero critico e creativo.

In un rapporto recente su scienza e *governance* per la Commissione Europea (Wynne B. *et al*. 2007) gli Autori riflettono sull'esistenza di *narrazioni* condivise che plasmano l'immaginazione collettiva e determinano un set di 'dati di fatto' sulla base dei quali si fonda il processo politico.

> Nel mondo delle pratiche politiche, le narrazioni […] definiscono implicitamente gli orizzonti dell'azione possibile e accettabile, disegnano e impongono classificazioni, distinguono le questioni dalle non-questioni, gli attori dai non-attori. […] In molti aspetti chiave, le nostre istituzioni e le nostre modalità di scienza e *governance* sono fortemente inquadrate da abitudini accumulate, immaginazioni e *routines* delineate da tali grandi narrazioni, le quali possono esser state valide in precedenza, ma con il cambiare dei tempi invitano nuove riflessioni e revisioni (European Commission 2007, p.73, traduzione mia).

Una delle narrazioni più generali, o grande narrazione (*master narrative*), è quella del 'mito del progresso', in cui si associa il progresso sociale allo sviluppo tecnologico. Un'altra grande narrazione, molto influente e connessa al mito del progresso, è quella che individua nella moderna razionalità scientifica un tipo privilegiato di conoscenza, intrinsecamente più valido ed efficace di qualunque altra pratica culturale nell'interagire con la natura (Leach e Fairhead 2003). Il potere normativo di tali narrazioni si fonda sul meccanismo del selezionare ciò che conta come 'prova' e ciò che *non* si vede e *non è necessario* vedere.

In questo contesto, come emergerà nei prossimi capitoli, il linguaggio visivo scientifico ha un ruolo dominante: nel definire i confini epistemici, normativi ed estetici nei quali le grandi narrazioni si articolano, nel creare ed esprimere la percezione pubblica della scienza. Le modalità di concepire, produrre e diffondere le immagini scientifiche, sia in senso letterale, sia in senso metaforico, assumono dunque nel loro insieme la funzione di veri e propri *immaginari* di ciò che la ricerca tecnoscientifica rappresenta o, più propriamente, *dovrebbe* rappresentare.

Ciò che abbiamo definito come 'modello moderno' può essere inteso come una 'grande narrazione', articolata all'interno di ed in sinergia con dei ben precisi immaginari *standard*, con implicazioni normative specifiche basate sugli ideali di certezza, oggettività ed esaustività: una narrazione funzionale se applicata alla scienza di laboratorio a bassa potenza, ma decisamente inadeguata nel caso della ricerca e dell'implementazione tecnoscientifica contemporanea, ad alta potenza.

Sheila Jasanoff propone una specifica articolazione di tali narrazioni nel suo lavoro sulle 'tecnologie dell'umiltà' (Jasanoff 2003). Con questo termine, l'Autrice si riferisce alla necessità di sviluppare delle nuove tecnologie sociali per aprire la scatola nera delle assunzioni teoriche, gli immaginari e le narrazioni, che fondano i metodi predittivi, analitici e quantitativi della scienza dell'innovazione, concepiti per mantenere l'incertezza sotto controllo per rassicurare i cittadini rispetto alla capacità di prevedere e risolvere i problemi che crea. Tali modelli, quali la gestione dei rischi o *risk management*, l'analisi costi-benefici e le simulazioni di sistemi, sono definiti come 'tecnologie della *hybris*' per tre ordini di motivi.

Primo, sono incentrate sul noto alle spese dell'ignoto, ovvero sui rischi a breve termine, gestibili quantitativamente, rispetto alle conseguenze a lungo termine, per lo più ignote – i cosiddetti *unknown unknowns* (European Environmental Agency 2001). Questa enfasi sul noto è basata su una narrazione del controllo, nella quale si associa il grado di specializzazione e la potenza di calcolo con l'accuratezza e la completezza dell'analisi. Come vedremo nei prossimi capitoli, questa narrazione, e l'immaginario ad essa correlato, sono articolati non soltanto attraverso l'aura di certezza che circonda il linguaggio simbolico della matematica, ma anche attraverso l'aura di oggettività che è radicata nel linguaggio visivo dei laboratori.

Secondo, il linguaggio specialistico e la conoscenza utilizzati per elaborare e per utilizzare queste tecnologie nell'ambito della politica tende ad ostacolare una discussione aperta con *tutti* i legittimi portatori di interesse. Più specificamente, le assunzioni normative di tali modelli analitici non sono soggette a pubblico dibattito e l'ideale moderno di oggettività è utilizzato come strumento per oscurare il lavoro definitorio che è necessario per concepirli. Qui, di nuovo, la grande narrazione della moderna conoscenza scientifica come lente privilegiata e neutrale per rappresentare e gestire la realtà che ci circonda gioca un ruolo fondamentale nel celare l'esercizio di giudizio e di potere implicato nella costruzione dei modelli.

Terzo, la capacità di tali tecnologie di assorbire le sfide che esulano dalle loro assunzioni definitorie è limitata, come nel caso delle valutazioni di tossicità chimica, le quali continuano ad essere basate sull'ipotesi manifestamente falsa che le persone sono esposte ad una sostanza chimica alla volta (Jasanoff 2003). Questa mancanza di plasticità epistemica si fonda su una narrazione dell'esaustività radicata nel modello moderno, la quale implica, come vedremo, la tendenza ad applicare degli schemi interpretativi monocausali e lineari.

Si tratta dunque di concepire delle tecnologie dell'umiltà, in grado di bilanciare le metodologie e gli approcci predittivi altamente specializzati della scienza dell'innovazione, allo scopo di "rendere evidente la possibilità di conseguenze impreviste, di rendere espliciti gli aspetti normativi che si celano in quelli tecnici, e per prendere atto sin dal principio della necessità di includere una pluralità di punti di vista e di apprendimento collettivo" (Jasanoff 2003). Nello scenario di Jasanoff, la necessità di estendere la partecipazione pubblica e di democratizzare la produzione di conoscenza ed il controllo di qualità sono portati avanti attraverso quattro vie, che potremmo definire qui come 'narrazioni dell'umiltà': l'inquadramento, la vulnerabilità, la distribuzione e l'apprendimento.

L'inquadramento (*framing*), si riferisce alla necessità di adottare delle procedure sistematiche per valutare e discutere le assunzioni iniziali sulla base delle quali sono prodotte le valutazioni e dei modelli numerici previsionali. Una rielaborazione dello *status* epistemico dei modelli di simulazione è stato proposto da Jerome Ravtez in relazione ad una serie di sperimentazioni sul cambiamento climatico basate su *focus group*, condotte con più di seicento cittadini in tutta Europa (Ravetz 2003). Invece di una valutazione sul loro contenuto fattuale, fondata sul loro più che controverso potere predittivo, Ravetz ha

elaborato l'idea di interpretarli ed utilizzarli come metafore, in grado di favorire i cittadini, inclusi gli ingegneri informatici, gli esperti di modellistica e di *software*, nell'espressione dei loro presupposti, insieme alle loro paure e speranze, circa la questione specifica. Il risultato è stato un significativo ampliamento dell'immaginazione collettiva sulla questione del cambiamento climatico, sulla responsabilità individuale e sulle sue possibili soluzioni.

Con il concetto di 'vulnerabilità' (*vulnerability*), Jasanoff evidenzia la necessità di aprire la discussione pubblica sui modi in cui gli individui e le popolazioni sono classificate in gruppi, a seconda della loro esposizione ai rischi. La grande narrazione moderna della conoscenza scientifica come lente privilegiata implica una classificazione basata essenzialmente sui dati biomedici e su schemi interpretativi monocausali, quali la predisposizione genetica, il genere e l'età, trascurando i fattori socio-economici quali la storia, la collocazione geografica, il grado di correlazione con l'ambiente sociale e naturale. Un tipico caso di questa strategia di riduzione, con notevoli implicazioni normative, come si vedrà nel capitolo quinto, è la classificazione delle persone in base al rischio di morire di malaria, basata per lo più sull'età ed il genere, e non sui fattori socio-ambientali quali l'accesso primario al cibo, all'acqua pulita e al trattamento medico gratuito. Di nuovo, estendere la partecipazione pubblica sulla questione della vulnerabilità significa discutere e decostruire l'immaginario e la narrazione dell'urgenza e dello *status* epistemico privilegiato radicato nella conoscenza tecnoscientifica contemporanea.

La 'distribuzione' (*distribution*) si riferisce al fatto che i dibattiti etici e politici circa gli impatti della scienza dell'innovazione sono troppo spesso confinati nell'area limitata dei rischi e lasciano da parte la questione dell'equità ed i riallineamenti sociali ed economici che implicano. Il discorso dominante sugli OGM ad esempio, è fondato come vedremo, sugli immaginari e sulle narrazioni del controllo da un lato – dei possibili rischi per la salute umana e per l'ambiente – e su quelli dell'urgenza dall'altro – di affrontare e risolvere la questione globale della denutrizione nei paesi del sud del mondo. Le implicazioni sociali ed economiche delle biotecnologie, e più specificamente gli impatti distributivi del meccanismo dei brevetti, attraverso il quale la conoscenza pubblica e le risorse naturali si trasformano in *know-how* privato, sono di rado aperte ad una discussione pubblica (Shiva 1997, Berlan 2001). Esplicitare l'immaginario e la narrazione della distribuzione e condividerli collettivamente avrebbe delle implicazioni normative fondamentali, in questo come in molti altri casi di tecnoscienze GRAINN.

Infine, un approccio partecipativo all' 'apprendimento istituzionale' (*institutional learning*) implica una discussione aperta sulle assunzioni insite nel che cosa deve essere appreso e perché. Come abbiamo visto, la tecnoscienza ad alta potenza è sperimentata direttamente sui sistemi socio-ambientali del pianeta ed imparare dall'esperienza è una procedura piuttosto differente rispetto ad apprendere da un esperimento. In particolare, come mette in evidenza Jasanoff, l'esperienza è polisemica ed è dunque interpretabile intrinsecamente in molti modi diversi, attraverso una molteplicità di immaginari e narrazioni. Come vedremo, le spiegazioni monocausali e le narrazioni delle conseguenze non intenzionali non sono che tentativi di estendere l'ideale moderno del controllo e della certezza nel mondo della controversia e della complessità, esentando sia la tecnoscienza sia la sfera normativa dell'etica, della politica e del diritto dalla responsabilità nelle controversie ambientali e negli 'incidenti normali'. In questa visione, scienziati, politici e la società civile sono chiamati ad impegnarsi in un processo di riflessione sugli eventi passati e sulle possibilità future attraverso lo sviluppo di un pensiero sistemico ed il recupero del potenziale creativo individuale e collettivo. Gli immaginari e le narrazioni dominanti, che informano l'apprendimento da un lato ed i processi della conoscenza e dell'immaginazione dall'altro, devono essere esplicitate e integrate con una pluralità di approcci, metodologie, linguaggi e schemi interpretativi elaborati e condivisi democraticamente. La ricerca sulle narrazioni e sugli immaginari *standard* diventa in questo senso uno strumento fondamentale di *empowerment* e di democratizzazione, non solo della conoscenza, ma anche e soprattutto dell'immaginazione e della creatività (Benessia 2009 (a) e (b), Benessia e Salio 2008).

CAPITOLO SECONDO

Meraviglia

2.1 Dal laboratorio al pubblico esteso: breve filogenesi della meraviglia

La profonda crisi della cosiddetta "repubblica della scienza", e della fiducia in essa riposta dai cittadini, hanno determinato una necessità di intervento, sia sul fronte normativo che su quello scientifico. Come abbiamo visto nel capitolo precedente, accanto alle effettive rielaborazioni epistemiche e normative del modello in questione, quali la scienza post-normale e i modelli a partecipazione estesa, si sono sviluppate delle strategie per preservare e *non* ridiscutere lo *status* privilegiato della conoscenza tecnoscientifica: da un lato attraverso degli specifici 'rimedi' normativi, quali il modello precauzionale, quello mirato e quello della demarcazione (Funtowicz 2006), e dall'altro attraverso il ricorso all'oggettività strutturale della statistica, confinando l'area dell'ignoto nei termini quantitativi delle simulazioni numeriche, della gestione dei rischi e dell'analisi costi-benefici - in altre parole, attraverso l'utilizzo di ciò che abbiamo delineato come tecnologie della *hybris* (Jasanoff 2003). Tuttavia, il linguaggio specializzato e sinottico dell'analisi statistica non è facilmente traducibile in termini comuni, in grado di raggiungere e coinvolgere una comunità estesa di cittadini. Una diversa modalità per tutelare lo *status* privilegiato della conoscenza tecnoscientifica nella nostra società si basa, come vedremo, sull'aura di oggettività della prova visiva sperimentale.

L'immaginario *standard* della meraviglia, primo asse di riferimento del nostro spazio multidimensionale, si fonda sull'affermazione di una scienza neutrale che non solo è in grado di scoprire e rivelare l'intrinseca bellezza dei fenomeni naturali più remoti e inaccessibili, ma è anche capace di ricreare tale armonia controllando e manipolando la materia organica ed inorganica. Tale immaginario affonda le radici nelle origini del metodo scientifico, in particolare, nell'ideale di oggettività associato all'osservazione sperimentale. Ci proponiamo di rintracciarne, attraverso una breve panoramica storica, gli elementi costitutivi essenziali, per poi passare ad una sua articolazione specifica in una serie di studi di caso contemporanei.

Con la nascita della scienza sperimentale, la funzione di riprodurre in modo neutrale una data porzione di realtà fu assegnata al disegno. Nuove tecnologie exosomatiche quali

telescopi e microscopi, trasformarono l'atto dell'osservazione in un'esperienza mediata ed elitaria. Per comunicare e legittimare le loro scoperte astronomiche e microscopiche, Galileo Galilei e Robert Hooke dovettero ripetutamente affermare la fedeltà delle loro riproduzioni, escludendo qualunque interpretazione soggettiva ed intento estetico:

> In questo lavoro presento qui il mondo delle mie imperfette Imprese; […] Spero che saranno utili in qualche misura al grande Disegno di una riforma della Filosofia, anche solo mostrando che non vi è *nulla di più necessario*, nessuna forza dell'Immaginazione, o esattezza del Metodo, o profondità della Contemplazione […], che non *una Mano sincera e un Occhio fedele, per esaminare, registrare, le cose stesse per come appaiono* (Hooke 1662, Micrographia p. 8, traduzione mia, corsivo mio).

Il processo cognitivo basato sull'osservazione divenne allora una questione di oggettività sperimentale. La qualità della conoscenza fu identificata con lo sforzo cosciente di auto-eliminare l'individualità soggettiva del ricercatore, al fine di rivelare "le cose stesse per come appaiono".

Galileo Galilei fece un passo ulteriore verso l'ideale di oggettività, associando al processo dell'investigare e del comprendere il complesso mondo dei fenomeni naturali l'atto del tradurre il "libro della natura", scritto nel linguaggio simbolico della geometria Euclidea.

> La filosofia é scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi a gli occhi (io dico l'universo), ma non si puó intendere se prima non s'impara a intender la lingua, e conoscer i caratteri, ne' quali é scritto. Egli é scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi ed altre figure geometriche, senza i quali mezi é impossibile interderne umanamente parola; senza questi é un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto (Galileo Galilei 1623, Il Saggiatore Cap.VI).

Di fronte ai cauti avvertimenti del cardinal Ballarmino di intendere le teorie copernicane e le proprie come pure semplificazioni matematiche atte a descrivere più

elegantemente i moti planetari, ovvero come utili dal punto di vista *strumentale* ma non corrispondenti ad alcuna verità cosmologica, Galileo rispose con un netto rifiuto di ciò che intese come una forma di compromesso. Attraverso l'osservazione sperimentale, l'intelletto umano era, in effetti, in grado di accedere alla struttura intrinseca della realtà. Su questo fondamento nacque l'ideale di oggettività strutturale insito nel modello moderno di conoscenza scientifica.

Il linguaggio della natura si fece più sofisticato e potente pochi anni dopo, con l'invenzione del calcolo differenziale, e fu Newton a portare avanti l'approccio di realista, di fronte alle preoccupate esortazioni strumentaliste del vescovo Berkeley (Popper 1963). Si delineò così l'ideale di un universo coerente, elegante e soprattutto accessibile all'umana comprensione, ulteriormente affermato più di un secolo dopo, con l'avvento della geometria differenziale di Riemann e della relatività generale di Einstein e ancor oggi presente nell'ideale controverso delle grandi teorie unificatrici della fisica teorica (Greene, 1999).

La storica della scienza Evelyn Fox Keller associa a due scienziati protagonisti del diciassettesimo secolo, Hooke e Newton, e al conflitto tra i due, la divaricazione tra l'imperativo epistemico delle scienze della vita, fondato sull'osservazione diretta, e quello delle scienze fisiche, basato sulla deduzione logico-matematica (Keller 2002). Ciò che appare interessante, nel nostro contesto, è che entrambi gli approcci sono fondati su un ideale essenzialista di bellezza oggettiva, accessibile all'intelletto e al metodo scientifico: insita nei fenomeni naturali nel primo caso, connaturata nella struttura stessa dell'universo nel secondo.

Attorno al 1830, l'invenzione della fotografia e di altri strumenti di riproduzione meccanica – quali i chimografi, in grado di registrare cambiamenti di pressione attraverso una punta che incide una superficie sensibile – determinarono un'ulteriore evoluzione dell'ideale della rappresentazione oggettiva, assegnando ad un apparecchio esterno, neutrale per definizione, il compito di registrare i risultati delle ricerche scientifiche. La prova scientifica fu allora identificata con la riproduzione meccanica dei risultati sperimentali: nacque in tal modo la cosiddetta "oggettività meccanica", così definita in un recente lavoro dagli storici della scienza Daston e Galison (Daston e Galison 2007). In tale transizione, l'oggettività divenne una "virtù epistemica", un'attitudine morale fondamentale, attribuita agli scienziati - i legittimi produttori di conoscenza- basata sulla

capacità, autonomamente coltivata, di astenersi dall'espressione del mondo inaffidabile delle emozioni soggettive. La stessa virtù epistemica che i pionieri della fotografia associarono alla loro invenzione. Nelle parole di Susan Sontag:

> La macchina fotografica si propose a Fox Talbot come una nuova forma di notazione, la cui cifra era per l'appunto il fatto di essere impersonale – poiché era in grado di registrare un'immagine "naturale", ovvero un'immagine che emerge 'per effetto della Luce soltanto, senza nessun aiuto qualsivoglia dalla matita dell'artista' (Fox Talbot, "The pencil of Nature" 1844-1846). Il fotografo era inteso come un acuto osservatore senza interferenze – uno scriba, non un poeta (Susan Sontag 1977, p.86, traduzione mia).

A partire dalla fine del diciannovesimo secolo, le immagini persero il loro dominio nel linguaggio scientifico. Con l'ascesa della fisica come scienza fondante e del riduzionismo come paradigma dominante, la concezione e l'utilizzo del linguaggio visivo furono ulteriormente ridotti all'illustrazione di concetti matematici. Prevalse dunque l'approccio di Newton su quello di Hooke: ancora associata all'oggettività, la qualità della conoscenza fu identificata con la razionalità del pensiero logico-matematico. Daston e Galison si riferiscono a tale forma di neutralità logica e quantitativa, di matrice positivistica, come "oggettività strutturale" (Daston e Galison, *Ibidem*). Nacque così ciò che Gregory Bateson definì come

> l'assunzione anti-estetica, mutuata dall'enfasi che Bacon, Locke e Newton assegnarono alle scienze fisiche…, in base alla quale tutti i fenomeni (inclusi quelli mentali) possono e devono essere studiati e *valutati* in termini quantitativi" (Bateson 1979, p. 235; traduzione mia, corsivo dell'Autore).

Come è emerso nel capitolo primo, il ventesimo secolo è stato caratterizzato dallo sviluppo rapido e progressivo della capacità tecnoscientifica di agire sui sistemi sociali e naturali. La ricerca e l'implementazione scientifica e tecnologica sono uscite dall'ambiente controllato e semplificato dei laboratori e sono entrate in una fase di sperimentazione in

campo aperto, su scala locale e globale. Nel contempo, la capacità di calcolo ed elaborazione dei dati è aumentata esponenzialmente con l'invenzione dei moderni processori. Le simulazioni numeriche, le visualizzazioni digitali bi e tridimensionali e le tecnologie di comunicazione della rete hanno modificato in modo sostanziale le modalità di produzione, diffusione e fruizione della conoscenza tecnoscientifica. Con l'avvento di *hardware* sempre più potenti, in grado di gestire enormi quantità di dati in tempi sempre più brevi, e di *software* di manipolazione sempre più economici e facili da gestire, l'oggettività del linguaggio simbolico quantitativo è stata associata all'analisi statistica e alla simulazione numerica delle tecnologie della *hybris*, mentre l'oggettività meccanica è evoluta nella nozione più fluida del "giudizio allenato" (*trained judgment*) inteso come la capacità del personale di laboratorio di interpretare i risultati dei complessi apparati sperimentali e di utilizzare le tecnologie di visualizzazione più sofisticate in modo, ancora una volta, da mostrare la meraviglia 'delle cose stesse come appaiono' (Daston e Galison 2007). Le tecnoscienze ibride di punta, le biotecnologie e le nanotecnologie, si fondano su tale duplice ideale di oggettività: da un lato, l'approccio quantitativo della statistica e della gestione dati, d'altro lato il linguaggio visivo delle forme organiche ed inorganiche.

Più in generale, l'oggettività strutturale e quella meccanica sono confluite nella gestione neutrale dell'informazione digitale, la quale non solo può essere modificata indefinitamente ed in modo reversibile, ma può essere condivisa in tempo reale con una comunità arbitraria di cittadini. Come conseguenza, la linea di confine tra le immagini scientifiche specialistiche, evidenze visive ad uso di una ristretta comunità di pari, e le immagini destinate ad un pubblico esteso, prodotti elaborati di *design* visivo concepiti non soltanto per informare ma anche per rassicurare, è sempre più sottile. Vediamo ora alcuni esempi.

2.2 L'estetizzazione delle immagini sperimentali: cellule digitali e Titano rivisitato

Con la progressiva appropriazione di tecniche e tecnologie di manipolazione digitale da parte dei ricercatori, si è aperta una discussione interna alla comunità scientifica sul meccanismo di legittimazione del "giudizio esperto" nella rappresentazione dei risultati, ovvero proprio sull'oggettività delle evidenze scientifiche.

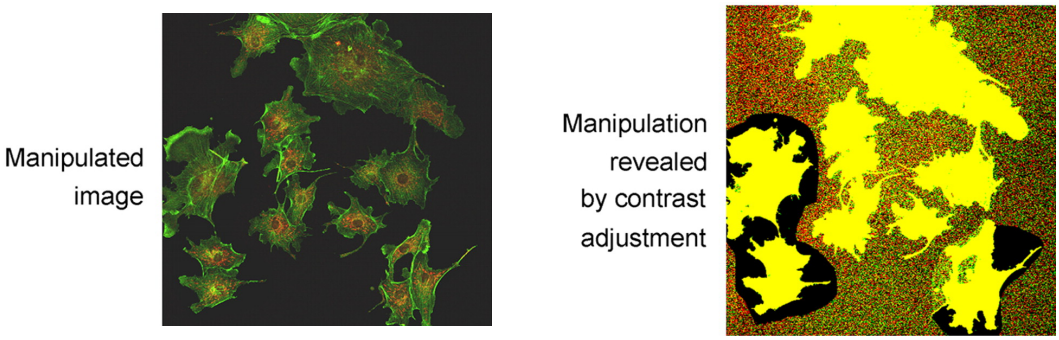
Nell'Aprile del 2005, *Nature* pubblica un articolo sulla manipolazione digitale nel campo della biologia cellulare e molecolare (Pearson H. 2005). La questione in discussione è la difficoltà e la necessità di stabilire un confine netto tra l'elaborazione visiva utile e legittima delle evidenze sperimentali e il travisamento dei risultati e dunque la scorrettezza scientifica. L'ampia diffusione della fotografia digitale e dei *software* di manipolazione creano un nuovo scenario, nel quale gli scienziati hanno a loro disposizione un *set* di potenti strumenti con i quali modificare a piacere – indefinitamente e reversibilmente - i dati grezzi, senza dover ripetere l'esperimento reale. Nel 1989-90 soltanto il 2.5% dei casi esaminati dall'*Office of Research Integrity*, il quale si occupa di 'scorrettezza scientifica' (*scientific misconduct*) nel campo della ricerca biomedica, comprendeva immagini contestate. Nel 2001, tale cifra è salita a circa il 26%. Nella maggior parte dei casi, le 'scorrettezze' risultano prodotte per ingenuità, attribuibili ad una mancanza di *expertise* nel gestire in modo critico e competente gli equipaggiamenti sofisticati ed in continua evoluzione.

Il concetto stesso di accuratezza sperimentale è messo in crisi da alcuni dei seguenti fattori. Un numero crescente di opzioni di regolazione, quali ad esempio i *setting* di esposizione dei microscopi e delle macchine digitali, sono disponibili ancora prima di registrare l'informazione sperimentale e gli scienziati tendono a considerare questo tipo di operazioni di formattazione iniziale come non problematiche. Inoltre, una volta che i dati sono acquisiti, i ricercatori tipicamente operano sull'informazione digitale utilizzando le regolazioni automatizzate dei loro *software* di gestione dell'immagine. Tale utilizzo standardizzato implica un'influenza implicita ed inconsapevole del modo stesso nel quale è concepito il *software*, non necessariamente realizzato *ad hoc* – si pensi ad esempio all'universale *Photoshop* - sull'aspetto finale delle immagini.

Inoltre, la crescente velocità di produzione e pubblicazione dei risultati, l'elevata competizione e gli ingenti interessi economico-finanziari nella ricerca tecnoscientifica di punta lasciano poco spazio e tempo a ripensamenti o risultati provvisori. Il ritocco digitale è una tecnica decisamente più efficace e rapida per ripulire un'immagine sperimentale poco chiara, e produrre un risultato inequivocabile da presentare ad una rivista, che non l'effettiva ripetizione dell'esperimento. Un'immagine nitida e senza rumore sperimentale è un messaggio incoraggiante per *reviewer* ed editori. Sembra dunque difficile non soccombere, seppur in modo ingenuo, alla tentazione di utilizzare tutti i possibili strumenti

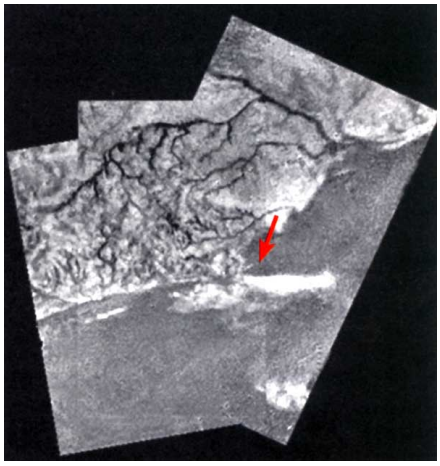
a disposizione al fine di rendere il prodotto finale più evidente, leggibile, accessibile ed infine attraente.

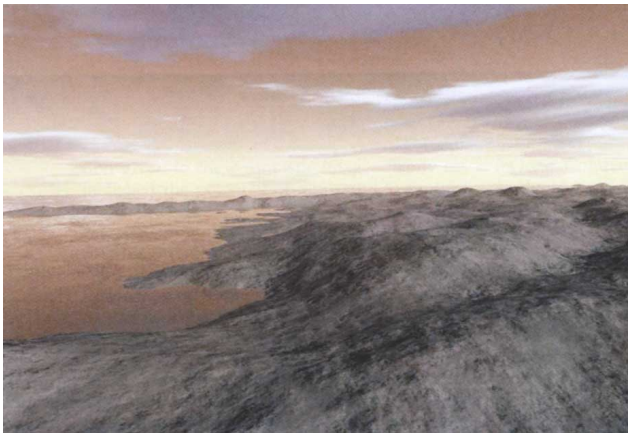
Le strategie proposte per far fronte al problema tendono ad essere focalizzate su misure *ex post*, quali l'introduzione di perizie legali per valutare la 'buona fede' della manipolazione delle immagini (fig. 2.1), associate all'elaborazione di specifiche linee guida per la presentazione dei risultati sperimentali alle riviste specializzate. Si elencano operazioni lecite, quali ad esempio regolazioni delle curve medie e non localizzate di contrasto e luminosità, e operazioni illecite, quali l'eliminazione selettiva digitale del rumore sperimentale, e si auspica l'introduzione di misure 'educative' quali l'istituzione di corsi specifici sull'etica della visualizzazione digitale (Rossner M. e Yamada K.M. 2004). Se da un lato, in questo approccio, si riconosce esplicitamente la transizione in atto nel processo di creazione, diffusione e fruizione delle immagini scientifiche contemporanee, d'altro lato in esso emerge chiaramente, una difficoltà nella comunità scientifica di affrontarne la complessità epistemica: si tratta essenzialmente di preservare il proprio sistema di legittimazione della conoscenza e di gestire il problema in modo prescrittivo, istituendo dei confini procedurali da non valicare e auspicando una soluzione etico-formativa. Sembra esserci poco spazio per una discussione più radicale sull'evoluzione del ruolo del linguaggio visivo nella scienza e sull'emergere di strumenti e approcci post – moderni, i quali implicano un mescolarsi di *expertise* ed una tensione crescente tra il contenuto metaforico e quello fattuale, al servizio di ideali e modelli della modernità. Ne è un esempio quanto segue.



2.1. Cellule provenienti da diverse inquadrature sono state sovrapposte in una singola immagine, dando l'impressione di provenire dal medesimo campione. La regolazione del contrasto evidenzia la manipolazione effettuata. © The Rockefeller University Press

Il quattordici febbraio del 2005, la sonda Huygens, dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA) atterra su Titano, il satellite più grande di Saturno. Il primo set di dati grezzi, ovvero non elaborati, provenienti dal lontano pianeta viene caricato in un'area non protetta del server dell'ESA e reso perciò accessibile al pubblico per errore, prima di un'analisi scientifica. Un gruppo di astronomi amatoriali, esperti di elaborazione digitale e in fervente attesa dei primi annunci, rintracciano immediatamente i dati ed elaborano il mosaico di informazione digitale: 350 triplette di immagini in bianco e nero a bassa risoluzione prodotte da tre diversi ingrandimenti e angolazioni (fig.2.2). Nel giro di poche ore, grazie ai più comuni *software* di manipolazione digitale, quali *Photoshop* e *Terragen*, un set di paesaggi tridimensionali a colori della superficie di Titano vengono elaborati e scambiati all'interno della comunità amatoriale. Il giorno seguente, Anthony Liekens, uno degli autori, ricercatore all'Università di Eindhoven in Olanda ed esperto di *biomedical imaging*, ovvero di visualizzazione biomedica, si collega alla conferenza stampa dell'ESA ed è deluso dalla qualità delle immagini proposte. Decide allora di creare una galleria virtuale *on line* sul suo sito personale, per ospitare le elaborazioni digitali, i cosiddetti *rendering*, del paesaggio di Titano, amatoriali dal punto di vista scientifico ma professionali dal punto di vista delle tecniche di manipolazione (fig. 2.3). Un cauto avvertimento accompagna le immagini: le elaborazioni e gli abbellimenti non sono necessariamente accurati e vanno interpretati e gustati per quello che sono. Le immagini filtrano rapidamente attraverso la rete fino ai *media* di comunicazione più importanti, quali la CNN e la BBC. Scossi in principio, gli scienziati si riprendono rapidamente dalla sorpresa e intuiscono le significative potenzialità di future collaborazioni ufficiali. L'esperimento non intenzionale è risultato in effetti in un inatteso successo nelle pubbliche relazioni dell'ESA.





2.2.© ESA/NASA /JPL/University of Arizona 2. 3 © Mike Zawistowski/ESA/NASA/JPL/University of Arizona

La rilevanza dell'episodio, riportato nella letteratura scientifica specialistica e di alta divulgazione (Peplow 2005, Harris 2005), risiede nell'esplicito riconoscimento della necessità di associare una *expertise* professionale nel campo del *design* digitale alla competenza scientifica altamente specialistica della fisica spaziale. I dati grezzi provenienti da un pianeta lontano attraverso lo spazio profondo veicolano una quantità misurabile di informazione sperimentale, il nucleo scientifico della missione, e *contemporaneamente* un contenuto emotivo simbolico: la meraviglia della creatività umana e la capacità di esplorare e controllare i fenomeni naturali. È l'informazione sperimentale a giustificare la missione in sé, ma è in base al potere evocativo dell'impresa che si orienta il sostegno – culturale, politico ed economico – della società civile.

Come si legge in un articolo del *San Francisco Chronicle* circa la missione ESA:

> Le moderne missioni spaziali sembrano finire tutte nel medesimo modo: con immagini indistinte di rocce arancioni, seguite da iperboli appassionate degli scienziati che cercano di convincerci di quanto le immagini siano assolutamente eccezionali. (Hartlaub 2005, traduzione mia)

Da queste poche righe si deduce che, nella valutazione della missione da parte del pubblico esteso, la capacità evocativa delle immagini è fondamentale. La retorica degli scienziati è ancorata al mondo delle opinioni soggettive, seppure qualificate, laddove

l'evidenza sperimentale veicola (o meno) la meraviglia intrinseca dell'impresa scientifica. Le immagini dell'ESA sono, in questo senso, fallimentari.

Nella galleria *on line* raccolta da Liekens, l'equilibrio tra il contenuto fattuale e quello metaforico è invertito. Molto efficaci dal punto di vista del *design* e del potere evocativo, le immagini della comunità di astrofili mancano di attendibilità scientifica. Seppur attraenti, non sono rappresentazioni 'oggettive' della missione, ovvero non sono il risultato di un 'giudizio esperto', nell'accezione sopra menzionata, sui dati sperimentali.

La decisione della comunità scientifica dell'ESA di avviare delle collaborazioni ufficiali con gli *image designer* manifesta l'esplicita presa d'atto della necessità di utilizzare al meglio le potenzialità metaforiche ed evocative del linguaggio visivo sperimentale. Il corto circuito retorico persuasivo della meraviglia accade, in effetti, quando il potere evocativo delle immagini prodotto da un'*expertise* estetica professionale è associato ad un 'giudizio esperto', che ne certifica l'oggettività. E naturalmente, l'immaginario della meraviglia si esplica al meglio qualora il contenuto metaforico e quello fattuale non siano soltanto co-prodotti attraverso l'esercizio di *expertise* distinte, ma vengano curati da una singola figura professionale, quella di scienziato/esperto di *image design*.

È questa la significativa intuizione di Felice Frankel, fotografa scientifica, ricercatrice al Massachusetts Institute of Technology e direttrice del programma Envisioning Science nel settore *Initiative in Innovating Computing* all'università di Harvard.

2.3 Implicazioni normative della meraviglia: Felice Frankel e l'incanto della scienza

Nel marzo del 2002, Frankel pubblica un libro dal titolo *Envisioning science: the design and craft of science images* (Frankel 2002). Il suo esteso e patinato volume non è indirizzato al grande pubblico, ma alla comunità scientifica. È, in effetti, presentato come un manuale tecnico da consultare in laboratorio allo scopo di migliorare la qualità delle immagini scientifiche da inviare alle riviste specialistiche, alle agenzie di finanziamento, agli investitori, fino al pubblico esteso. Il suo lavoro è il risultato di alcuni anni di collaborazione intensiva sul campo, con scienziati ed ingegneri, allo scopo di creare delle

immagini più accessibili, stimolanti e attraenti. Hanno la sua firma molte delle recenti copertine di *Science* e *Nature*. Come si legge nell'introduzione:

> L'oggetto di questo libro è un nuovo tipo di immagine, un'immagine che comunica il vostro lavoro più efficacemente sia ai vostri colleghi che al pubblico esteso. […] Le immagini scientifiche che vedete hanno una componente che è qualche volta chiamata 'artistica', una parola che io, come voi, dovrei essere molto attenta ad usare. Possono apparire come interpretazioni personali, ma non lo sono. Sono documentazioni oneste di investigazioni scientifiche. Tuttavia, hanno una *qualità in più*, di solito non presente nelle immagini scientifiche – comprendono in qualche modo la meraviglia dei fenomeni che intendo catturare. (Frankel 2002, p.1 traduzione mia, corsivo mio)

Un 'nuovo tipo di immagine' è proposto come un modo di comunicare i risultati di una ricerca tecnoscientifica sia all'interno sia all'esterno della comunità di pari. Nell'approccio post-moderno di Frankel, il linguaggio elitario della scienza deve essere democratizzato aprendo i laboratori allo sguardo non specialistico del pubblico esteso. Il linguaggio qualitativo dell'evidenza sperimentale sembra essere lo strumento ottimale per raggiungere lo scopo. In effetti, nelle parole dell'Autrice:

> Utilizzare immagini stimolanti e accessibili è un modo efficace di attrarre l'interesse pubblico verso il mondo della ricerca. Da una connessione più intima del pubblico con la scienza consegue una società più ricca e meglio disposta a sostenere gli importanti sforzi della ricerca scientifica. (Frankel 2002, p.1 traduzione mia)

Ma quale modello di investigazione scientifica è comunicato attraverso queste immagini? Quale modello di ricerca va sostenuto? In termini più generali, quale tipo di immaginario e di narrazione è implicato in tale concezione ed utilizzo del linguaggio visivo?

> Come le equazioni in matematica e le formule strutturali in chimica, queste fotografie indendono comunicare idee (Frankel 2004, p.9).

Con queste parole Frankel introduce la sua mostra di immagini al Festival di Genova del 2004. Il richiamo all'oggettività strutturale del linguaggio formale matematico e chimico è un tentativo di sintesi nella divaricazione epistemica tra Newton e Hooke: si evoca la possibilità di attribuire alle immagini di laboratorio la stessa valenza simbolica e sinottica delle scienze 'esatte', ben al di là del loro contenuto fattuale. Quest'ultimo è determinato dall'approccio disciplinare, le procedure sperimentali e le finalità: può trattarsi di una goccia di 3 cm di ferrofluido su un vetrino (fig. 2.4), di una coltura di lieviti in una capsula di Petri (fig.2.5), o qualunque altro esemplare di laboratorio.

2.4 © Felice Frankel

2.5 © Felice Frankel

Il contenuto metaforico è invece veicolato attraverso la "qualità in più", intrinseca nelle immagini: la meraviglia di una documentazione onesta delle scoperte scientifiche 'per quello che sono'. Il riferimento alla "mano sincera e l'occhio fedele" di Hooke e all'oggettività meccanica come virtù epistemica è evidente. Tuttavia, in questo caso, la documentazione onesta implica e include un'attenzione estetica, mediata attraverso un "giudizio esperto". Il mondo soggettivo delle emozioni resta confinato nel contesto dell'espressione artistica, ben distinto da quello del *image design* sperimentale, fondato sul mettere in luce, in modo professionale e strutturato, la bellezza intrinseca nell'esplorazione scientifica.

> [Gli artisti] prendono una linea che scorgono nella scienza e la espandono senza nessuna … direi "reverenza" nei confronti dell'informazione contenuta nella scienza. Perciò è molto importante che le persone non guardino le mie immagini come arte. Questa non è la mia intenzione. *Le immagini non riguardano me o le mie emozioni. Sono immagini scientifiche che ho portato alla luce attraverso i miei strumenti fotografici*. […] Una 'bella' immagine scientifica non è soltanto una decorazione ma *rivela la bellezza e la sostanza che è già presente* (Frankel 2008, traduzione mia, corsivo mio).

Si ritrova qui il riferimento alla fotografia di Fox Talbot nella quale "per effetto della Luce soltanto, senza nessun aiuto qualsivoglia dalla matita dell'artista" si registra un'immagine "naturale". Come i pionieri della fotografia, gli scienziati devono dunque acquisire una nuova forma di *expertise* visiva, al fine di rivelare pienamente ed efficacemente l'oggettiva bellezza di ciò che scoprono e ottengono nella loro ricerca. Nel proporre le immagini di laboratorio direttamente al pubblico esteso, senza la mediazione di comunicatori e divulgatori, l'immaginario della meraviglia veicola un'ideale democratizzazione della conoscenza scientifica. Il messaggio implicito in tale approccio è che l'impresa tecnoscientifica scopre e controlla la meraviglia dei fenomeni naturali e merita pertanto il sostegno della società civile. Ciò che le immagini non mostrano - e ciò che non è necessario mostrare nella costruzione di tale immaginario - è il contesto generale nel quale la specifica ricerca è realizzata: l'inquadramento complessivo, ovvero il *framing*, e le finalità non sono esplicitate. Il contenuto metaforico di tale immaginario è quello della scienza di laboratorio, nella quale i risultati sono certi e i fenomeni in questione sono perfettamente controllati. In altre parole, in analogia con le tecnologie della *hybris* di Jasanoff (Jasanoff 2003), questa tipologia di prodotti visivi è fondata su un'enfasi sul noto alle spese dell'ignoto. La narrazione corrispondente, articolata attorno e a partire da tale immaginario, riprende ancora una volta il modello moderno di una conoscenza privilegiata e certa - si pensi ai riferimenti di Frankel alla "reverenza" con la quale ci si deve accostare alla conoscenza scientifica- e soprattutto oggettiva: il risultato di un'investigazione neutrale dei fenomeni naturali, nella quale le assunzioni normative e le conseguenze della ricerca tecnoscientifica sono e possono essere escluse. Sembra esserci poco spazio per una discussione aperta sul modello in sé, e tali strumenti visivi innovativi, sia concettuali che

tecnologici, sono utilizzati essenzialmente per preservarlo, come sofisticati strumenti di *marketing* epistemico.

CAPITOLO TERZO

Potenza

3.1 Dal laboratorio allo spazio scenico dell'arte: la rimozione dei confini

Veniamo ora ad un secondo asse di riferimento nello spazio multidimensionale degli immaginari *standard,* in stretta relazione, come vedremo, con la meraviglia. Attraverso l'immaginario della potenza, e le narrazioni corrispondenti, si propone un ideale di ricerca tecnoscientifica in grado di estendere indefinitamente i confini dell'essere e dell'agire umano mediante la manipolazione creativa dei sistemi socio-ambientali. Si tratti di raggiungere spazi remoti, su scala macro, micro o nanoscopica, di manipolare la materia organica ed inorganica a piacere o di integrare meccanica, elettronica e biologia, la *potenza* dell'azione umana sul mondo circostante consiste in un continuo esercizio di creatività tecnoscientifica, al fine di dilatare i limiti biofisici individuali, di specie e della biosfera, di risolvere i problemi di sovrasfruttamento delle risorse planetarie, e di migliorare indefinitamente la qualità e la durata della vita umana. A tale potenza creativa è associato un corrispondente *potenziale* dannoso, sia nei termini intenzionali di possibili regimi tecnocratici e di possibili utilizzi bellici - di stato e non - sia in quelli non intenzionali dei cosiddetti "incidenti normali" (Perrow 1984). Nel linguaggio di Ravetz, alle promesse utopiche delle tecnoscienze di punta GRAINN corrisponde un eguale e contrario rischio distopico espresso dall'acronimo M&M ovvero "malevolenza" e "confusione" (*malevolence* e *muddle*, Ravetz 2006)[3]. Tale potenziale resta confinato all'interno del medesimo immaginario *standard*, nel quale è la potenza creativa tecnoscientifica stessa a farsi carico di definire e gestire rischi e benefici, sulla base di un indiscusso ideale moderno di certezza, oggettività ed esaustività.

Se nel caso della meraviglia l'aura di oggettività del linguaggio visivo sperimentale, debitamente estetizzato con l'intervento di figure professionali ed *expertise* ibride al servizio dei laboratori, ha assunto il ruolo di *marketing* epistemico, nell'immaginario della

[3] In altri termini, intrinseca e non accidentale alla produzione di tecnoscientifica di "beni" (*goods*) è la corrispondente produzione di "mali" (*bads*).

potenza tale funzione è estremizzata. Non si tratta più soltanto di rappresentare oggettivamente una porzione di realtà remota in tutta la sua meraviglia, ma anche, contemporaneamente, di rappresentare tale realtà nel senso artistico del 'metterla in scena', ovvero di manipolarla creativamente con una finalità specifica, e nel contempo di rappresentare in senso politico l'istituzione pubblica o privata che ha permesso l'intera operazione. In questo triplice e complesso intreccio di contenuti fattuali, metaforici e normativi, il ruolo degli artisti, come vedremo, si fonde e si confonde in modo ancora più radicale con quello degli scienziati imprenditori. L'arte-fatto tecnoscientifico - e non la sua rappresentazione come nel contesto della meraviglia - è in questo scenario associato, quando non addirittura identificato, con un'opera d'arte. Lo scienziato manipolatore, come l'artista, modella la natura per creare qualche cosa che prima non c'era, del quale è autore responsabile. Dal punto di vista normativo ciò significa, come vedremo, evocare la brevettabilità.

Come nel caso precedente, forniremo in quanto segue un'articolazione specifica dell'immaginario della potenza, a partire da alcuni studi di caso, con particolare attenzione alla definizione ed allo sviluppo dell'impresa tecnoscientifica post-moderna e post-accademica (Ziman 2000) per eccellenza, la nanotecnologia.

3.2 C'è molto spazio al fondo: l'immaginario nanotecnologico di Feynman

L'insieme di tecnoscienze di punta oggi collettivamente riconosciuto come *nanotecnologia* è fondato sulla costruzione di uno specifico e complesso immaginario di potenza e ad esso deve la sua esistenza. Si tratta di una visione unificante e utopica, elaborata nell'arco di poco più di un ventennio, a partire dai primi anni ottanta, in grado di creare un minimo comune denominatore non solo epistemico ma anche ontologico - e dunque, come vedremo, normativo e finanziario - per operazioni tecnoscientifiche molto diverse che vanno dalla scienza dei materiali alle tecnologie informatiche e di comunicazione, alla biologia molecolare e alla genomica.

L'intera narrazione di potenza nanotecnologica è ufficialmente fondata dall'autorità scientifica del "padre buono" della fisica contemporanea americana, Richard Feynman, premio Nobel per l'elettrodinamica quantistica e grande divulgatore. Il 29 dicembre del 1959 in occasione della riunione annuale dell'American Physical Society al California

Institute of Technology, Feynman pronuncia un discorso dal titolo "C'è spazio in abbondanza al fondo" (Feynman 1960). L'intervento, il cui valore fondante sarà recuperato retrospettivamente a vent'anni di distanza, è dedicato alle enormi potenzialità, all'epoca del tutto inesplorate, della manipolazione e controllo della materia a livello atomico, regno della meccanica quantistica della quale Feynman è uno dei massimi esperti. La visione del fisico evoca la poetica mistica dell'Aleph di Borges (Borges 1949): la possibilità di racchiudere l'intero scibile umano, nella forma di tutti i volumi raccolti sul pianeta, in una punta di spillo o in un granello di polvere, ovvero di codificare e decodificare liberamente dell'informazione strutturata su scala atomica. Nell'era dei primi processori di calcolo, grandi come stanze intere, e dei primi microfilm, il fisico evoca uno scenario di progressiva miniaturizzazione *top down*, di tipo meccanico, nella quale si approda alla scala atomica, con dei nuovi strumenti osservativi e di manipolazione. Evocando implicitamente, in un intreccio di visioni scientifiche e letterarie, la celebre novella robotica di Robert Heinlein intitolata *Waldo* (Heinlein 1942), Feynman ipotizza un percorso di manipolazione su scala sempre più infinitesima attraverso la costruzione di macchine in grado di replicarsi su scala sempre più piccola.

Superiore alle altre scienze nell'ideale positivistico fondato sul riduzionismo logico-matematico, la fisica viene affiancata negli anni sessanta dalla biologia, dalla chimica e dalla neonata elettronica: con l'identificazione della struttura a doppia elica del DNA (Watson e Crick 1953), con il proliferare di nuovi prodotti chimici di sintesi a basso costo e con l'invenzione del *transistor* (Bardeen, Brattain e Shockley, 1956). L'approccio di Feynman riporta la sua disciplina al centro della scena, come modello di ricerca unificante, in grado non tanto di fornire modelli analitici e formalismi matematici alle altre scienze, quanto di produrre strumenti sperimentali in grado di osservare e manipolare la materia su una scala di grandezza nella quale fisica, chimica e biologia si identificano. Dal riduzionismo logico-matematico e dall'approccio essenzialista della fisica teorica, mutuato da Galileo, si passa qui ad un riduzionismo ontologico e ad un orientamento strumentalista che promuove il *fare* tecnoscientifico, ovvero l'osservare e il manipolare 'le cose', rispetto al dedurre 'le leggi'.

> Abbiamo amici in altri campi---nella biologia per esempio. Noi fisici spesso li guardiamo dall'alto e diciamo: "Sapete il motivo per cui voi

> ragazzi fate così pochi progressi?" (In realtà non saprei indicare una disciplina nella quale si fanno più progressi della biologia oggi). "Dovreste usare più matematica, come noi." Loro potrebbero risponderci---ma sono educati-- e così rispondo io per loro: "Ciò che voi dovreste fare per rendere più rapido il nostro progresso è rendere il microscopio elettronico 100 volte migliore." […] È molto facile rispondere a molte di queste domande biologiche fondamentali: basta *osservare le cose*! […] I problemi della chimica e della biologia possono trarre grande giovamento dallo sviluppo della nostra capacità di vedere ciò che facciamo, e di fare delle cose a livello atomico ---uno sviluppo che credo non possa essere evitato (Feynman 1960 pp. 8-10, traduzione mia).s

La forza evocativa del discorso di Feynman, il più citato *on-line* fra i suoi interventi, al pari del discorso al Nobel (Mc Cray 2005), risiede nella capacità di delineare una visione unificante utopica e nello stesso tempo operativa. Il fisico teorico americano, erede di Einstein e Bohr, è la figura in grado di fare da ponte tra l'ideale moderno della ricerca disinteressata delle leggi della natura e quello imprenditoriale della scienza applicata, ovvero, nel nostro contesto, tra l'immaginario della meraviglia, evocato nella possibilità di rispondere alle domande fondamentali della biologia, e quello della potenza, di codificare informazione in spazi sempre più piccoli, di miniaturizzare le macchine da calcolo, di sintetizzare su misura dei composti chimici, di imparare dalle molecole organiche i meccanismi di interazione nanoscopica. Non solo, ma l'autorità scientifica attribuita a Feynman e riconfermata dal Nobel di pochi anni dopo (1965) funge, lungo l'arco di tutta la narrazione nanotecnologica, da ancora retorica tra la solidità delle evidenze sperimentali, lo stato dei fatti, e la forza propulsiva delle visioni futuristiche. Il dominio dell'oggettività strutturale della fisica teorica lascia dunque spazio ad un ideale di oggettività meccanica, preparando la scena per la comparsa di uno strumento in grado di rivoluzionare l'intero edificio della scienza.

3.3 La costruzione dell'immaginario STM: dall' "Apprendistato" al "Viaggio"

Passano poco più di vent'anni e, nel 1981, lo strumento evocato da Feynman appare nella forma di un microscopio a scansione tunnel (*Scanning Tunnel Microscope*, STM), nei laboratori dell'IBM di Zurigo, per opera di Gerd Binnig e Heinrich Rohrer. Chiave di volta dell'immaginario nanotecnologico, il microscopio STM apre le porte della percezione al mondo quantistico degli atomi.

Si tratta di una sonda nella quale una punta di metallo, tungsteno o platino-iridio, del diametro di poche decine di nanometri[4] si muove sotto il controllo di un *computer* lungo la superficie in analisi e opera una scansione. I dati numerici sono raccolti punto per punto sulla base della funzione di interazione tra la sonda e l'esemplare. Tale interazione non corrisponde in nessun modo ad un atto visivo. L'altezza dell'ago varia lungo la superficie al variare dell'intensità di una corrente di elettroni, indotta, per un effetto prettamente quantistico definito come 'effetto tunnel', da una differenza di potenziale elettromagnetico tra la punta e la superficie. Più la punta si avvicina al campione più la differenza di potenziale cresce, dunque più è elevata la corrente elettronica. Le misure corrispondenti possono essere di natura spettrografica, qualora si mantenga fissa l'altezza della sonda, o di natura topografica tridimensionale, qualora si mantenga fissa la corrente elettronica variando la distanza tra sonda ed esemplare.

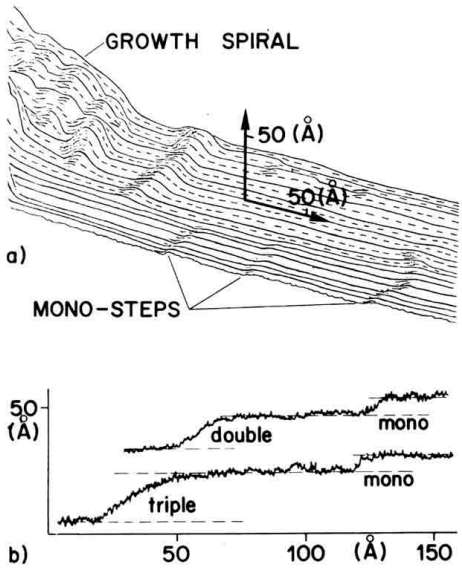
Il contenuto 'fattuale', informativo delle immagini, gli oggetti rappresentati, apre una serie di riflessioni. Innanzitutto, le misure effettuate attraverso la microscopia STM riproducono una realtà tecnicamente, letteralmente invisibile, poiché si situa in una scala di grandezza inferiore alla lunghezza d'onda della luce. Si tratta dunque di una traduzione nello spettro del visibile di un *set* di dati ottenuti dalla rilevazione di proprietà fisiche, per lo più elettromagnetiche, diverse da quelle ottiche. Questa operazione di traduzione avviene di norma in laboratorio a due livelli: nella costruzione dell'*hardware*, ovvero nel *design* dello strumento di rilevazione, e nella scelta del *software*, ovvero del codice di traduzione dei dati accoppiato allo strumento stesso. Nel caso in questione, l'*hardware* è

---

[4] Un nanometro (nm) equivale a 10^{-9} m ovvero ad un milionesimo di millimetro: il diametro della doppia elica del DNA misura 2 nm, la distanza interatomica in una molecola è di circa 0.1 nm. I più piccoli organismi unicellulari misurano circa 200nm in lunghezza. Per avere un'idea della scala relativa, un nanometro sta ad un metro come una biglia da tavolo al pianeta Terra.

uno strumento a scansione, il quale fornisce un'immagine 'tattile' e non visiva, ovvero una mappatura elettromagnetica del campione in esame.

I *software* di elaborazione digitale sono agli albori negli anni ottanta e così le prime immagini di misurazioni effettuate con microscopi a scansione tunnel sono ben poco evocative e non si discostano molto dai diagrammi sperimentali canonici, spettrografici e topografici (fig. 3.1 da Binnig, Rohrer, Gerber e Weibel, 1982).

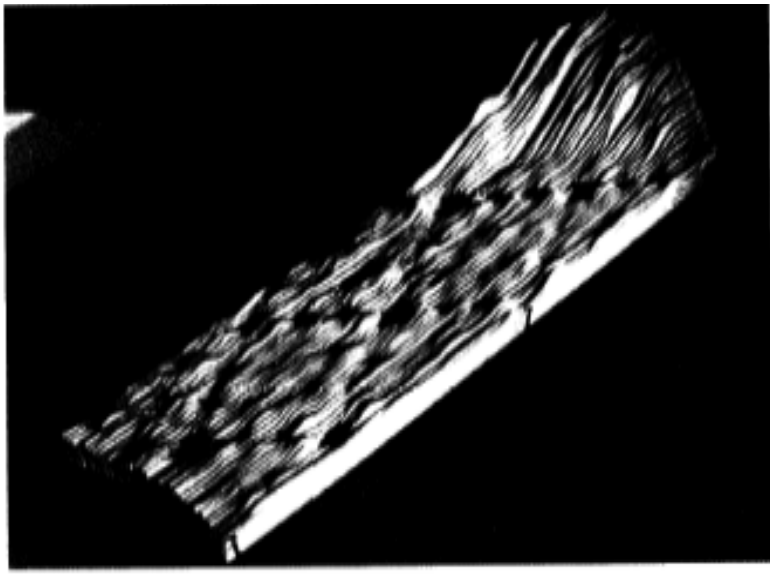


3.1

L'opera fisico-ingegneristica di Binnig e Roher vede la luce sull'onda di un'emergente tecnoscienza imprenditoriale, sostenuta dalla recente approvazione del *Bayh-Dole Act* (1980), legge bipartisan nella quale il congresso americano concede alle università il diritto di brevettare in proprio i risultati di ricerche finanziate con fondi federali, ovvero con denaro pubblico. Lo scopo della manovra normativa è quello di accelerare il trasferimento tecnologico dalla ricerca 'di base' al mondo imprenditoriale e nel contempo di abbreviare il cosiddetto '*time-to-market*', ovvero il tempo di ingresso sul mercato dei prodotti dell'innovazione tecnoscientifica. In questo contesto, l' STM è un prodotto di mercato interno alla comunità di ricerca, il cui successo dipende anche e

soprattutto dalla capacità di evocare la visione unificante di un nuovo potenziale settore tecnoscientifico d'avanguardia.

Con tali rappresentazioni visive, le porte della percezione al mondo nanoscopico sono piuttosto ardue da schiudere agli occhi di una comunità scientifica da convincere, anche come possibile committente, della rivoluzionaria potenza e utilità del nuovo strumento. E così, in un articolo pubblicato nel 1983 sul *Physical Review Letter*, Binnig e Rohrer trovano un *escamotage* tecnico alle limitazioni tecnologiche dell'epoca, in grado di esprimere appieno una 'visione' nanotecnologica promettente della scala atomica. Costruiscono un modello tridimensionale su scala *macroscopica* di una scansione topografica ottenuta con un STM e lo fotografano con tecniche tradizionali (fig. 3.2 da Binnig e Roher 1983).



3.2

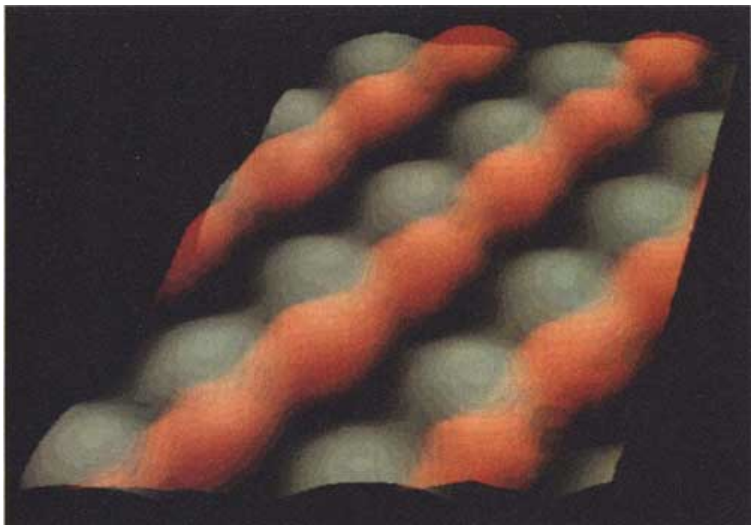
Il plastico e il *design* della fotografia fondano, come vedremo, l'intero immaginario nanotecnologico successivo. Il "rilievo", così denominato dagli autori, è immerso in un buio profondo, senza indicazioni di scala, in bianco e nero, e illuminato con luce radente focalizzata, ad alto contrasto. Evoca un frammento di roccia aliena immerso nello spazio profondo, un monolite fluttuante, inciso con estrema precisione. L'analogia con l'esplorazione spaziale, immaginario di potenza per eccellenza, che come vedremo caratterizza l'intera storia della nanotecnologia, trova in questa fotografia il fondamento.

Dal punto di vista del contenuto scientifico, l'immagine è poco leggibile: nello spazio remoto e soprattutto quantistico degli atomi non esistono naturalmente né luci né tantomeno ombre e lo strumento non lascia traccia alcuna sul campione - all'epoca non si pensa neppure che possa manipolare la materia. Infine, fatto rilevante, come vedremo tra breve, i rilievi non sono associati agli atomi della struttura, ma all'energia atomica di legame disponibile sulla superficie, responsabile della corrente tunnel. Secondo l'attenta e sottile interpretazione fornita dagli autori, ciò significa che, seppur in corrispondenza uno a uno, un singolo rilievo *non* rappresenta letteralmente *un* atomo.

La questione della rappresentazione visiva degli atomi attraverso gli STM è cruciale dal punto di vista della legittimazione insieme scientifica e commerciale dello strumento. In un articolo di Hennig pubblicato nel 2005 sulla rivista *Techné* (Hennig 2005), l'Autore ricostruisce una storia del design nanotecnologico dagli anni ottanta agli anni novanta, nel quale, attraverso una serie di passaggi successivi, la rappresentazione degli atomi sui campioni in esame finisce per essere identificata con i massimi della funzione di interazione tra sonda e superficie, ovvero con gli emisferi emergenti dal campione. Tale rappresentazione *spettrografica*, ovvero effettuata mantenendo fissa l'altezza della sonda, dà l'illusione di essere un'accurata topografia atomica ed è frutto di una precisa serie di scelte. In un progressivo slittamento semantico ed epistemico, ricostruito puntualmente dall'Autore nelle didascalie corrispondenti alle immagini, si identifica l'energia di legame con l'atomo stesso e si polarizza la sonda in modo che il picco di interazione corrisponda ad un massimo – e non ad un minimo, il che dal punto di vista della misura sarebbe del tutto equivalente. Infine, nel caso di atomi diversi sulla medesima superficie, si giunge a sovrapporre graficamente nella medesima immagine più scansioni successive, effettuate con polarità diverse, in modo da ottenere una superficie costellatata da emisferi di colori diversi, dove a ciascun colore è associato un tipo di atomo (fig. 3.3 da Feenstra, Stroscio, Tersoff e Fein 1987). La tesi di Hennig è che la rappresentazione che prevale nella letteratura scientifica e si cristallizza come *standard* è quella associata ai massimi perché rispecchia la visualizzazione dell'atomo dei padri della meccanica quantistica, come un nucleo circondato da una nuvola evanescente che rappresenta la densità di probabilità elettronica su diversi orbitali (White 1931).

In questo modo, nell'arco di un decennio e a partire dal "rilievo" di Binnig e Roher, l'STM traduce in icona, ovvero in rappresentazione oggettiva "di ciò che è", una visione

simbolica dell'atomo. Su tale slittamento dal piano epistemico del formalismo e della visualizzazione dei fenomeni quantistici al piano ontologico dell'osservazione neutrale dell'oggettività meccanica si fonda il successo della microscopia a scansione tunnel e della nuova tecnoscienza da esso rappresentata.



3.3

Nel 1986 l'STM vale ai due ricercatori il premio Nobel per la fisica, altra legittimazione ufficiale per una tecnoscienza pionieristica, e nel discorso a Stoccolma di Binnig, la fotografia in bianco e nero del rilievo (fig 3.2) ricompare, associata nel finale alla riproduzione di una scultura di un anonimo artista (fig 3.4 da Binnig 1986).

3.4

Questa volta la scala di grandezza è decifrabile, siamo in un ambiente terrestre, mondano: dato il carrellino che sorregge l'opera, presumibilmente uno studio d'artista e non una galleria, il che evoca un'intimità con il processo creativo simile a quella dello scienziato-scultore nel suo laboratorio. Nella didascalia si legge:

> La concezione di un artista della sfera. *L'Arte e la Scienza sono entrambi prodotti della creatività dell'Uomo, e la bellezza della natura è riflessa in entrambe*. Ruedi Remplfer, lo scultore, ha trovato la sua interpretazione nella deformazione di una superficie. Era la tensione della sfera nel suo ambiente ad affascinarlo, più che non il mero ritratto della sua forma. Una creazione indipendente, la sua somiglianza visiva e concettuale con la Fig.6 [il "rilievo", n.d.t] è stupefacente (Binnig 1986, p. 406, traduzione mia, corsivo mio).

Qui l'enfasi retorica è sulla potenza creativa umana, che si esprime nell'artista come nello scienziato, in una visione alchemica che caratterizza l'impresa nanotecnologica. L'ideale di bellezza non è più da ricercare attraverso la virtù epistemica del distacco scientifico dalle passioni umane e dell'osservazione neutrale come abbiamo visto nel capitolo precedente, ma si riflette spontaneamente, mantenendo così un'ideale di oggettività, nella piena espressione di un'individualità creativa. Il riferimento all'interpretazione artistica della sfera come forma emergente per tensione da una superficie evoca l'ambiguità visiva nella rappresentazione degli atomi, come emergenti in un caos quantistico dal campione in esame.

Il discorso di Binnig termina con un riferimento alla possibilità, ancora da sviluppare, di manipolare "gli atomi individualmente e di modificare molecole individuali, in breve di utilizzare l'STM come una Macchina di Feynman" (Binnig 1986). L'allusione esplicita a Feynman, qualche anno prima nella stessa sala a Stoccolma, giunge a legittimare il futuro glorioso del microscopio[5].

---

[5] In un interessante articolo comparso nel 2007 su *Nature Nanotechnology*, Chris Tourney assegna ad un anonimo ricercatore, Conrad Shneiker, il ruolo di immaginare le possibili applicazioni dell'STM come strumento di manipolazione e di associare il microscopio allo strumento evocato da Feynman (Tourney 2007). Secondo tale ricostruzione, pochi mesi prima della cerimonia di

> Gli "Anni dell'Apprendistato" dell'STM sono finiti, i fondamenti sono stati messi a punto, e gli "Anni del Viaggio" hanno inizio. Non vorremmo speculare su dove ci porterà alla fine, ma confidiamo che la bellezza delle strutture atomiche sia un incoraggiamento ad applicare la tecnica per affrontare i problemi laddove potrà essere al servizio soltanto dei benefici per la specie umana. (Binnig 1986, p. 407, traduzione mia).

La metafora del viaggio di esplorazione nei territori sconosciuti e incantevoli delle strutture atomiche - che pare sottintendere "dove nessun essere umano è mai andato prima" come in un noto *serial* fantascientifico americano - evoca ancora una volta l'immaginario utopico di potenza e meraviglia della conquista dello spazio.

Nello stesso anno dell'assegnazione del Nobel, il ricercatore Eric K. Drexler pubblica un libro manifesto dell'immaginario di potenza nanotecnologica, rivolto al grande pubblico, dal titolo "Motori di creazione: l'era prossima della nanotecnologia" (Drexler 1986). Con un approccio *bottom up* opposto a quello di Feynman, Drexler profetizza lo sviluppo della nanotecnologia come una disciplina ingegneristica, fondata sulla creazione di nanomacchine autoreplicantesi in grado di riarrangiare gli atomi a formare qualunque struttura chimicamente compatibile. Sin dal 1981, il ricercatore propone un modello meccanicista e determinista di scienza nanoscopica, ribattezzata come ingegneria molecolare. Laddove i biologi falliscono nel decifrare i meccanismi attraverso in quali le proteine si conformano nella loro struttura tridimensionale e dunque nel produrre molecole complesse, gli ingegneri molecolari avranno successo, perché sanno rinunciare alla complessità della natura, interpretata come un fastidioso impiccio, e costruire soltanto strutture molecolari prevedibili (Drexler 1981). La retorica visionaria di Drexler segna il trionfo di un immaginario di potenza fondato sul controllo e la certezza del modello moderno, oggi ereditato dalla cosiddetta biologia sintetica profetizzata da Craig Venter (Caruso 2008). Nel rendere il mondo quantistico un luogo semplice da osservare e

---

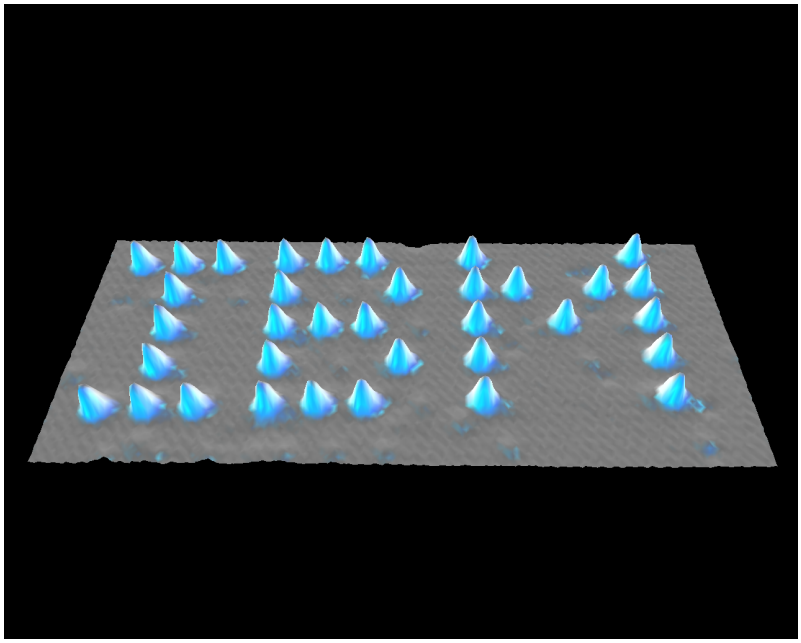
assegnazione del Nobel, ad un convegno in Spagna, Binnig e Roher colsero l'enorme potenzialità scientifica delle intuizioni di Shneiker e soprattutto la rilevanza simbolica del nesso storico-filologico con le visioni profetiche del grande fisico quantistico.

manipolare, le elaborazioni ottenute con gli STM non fanno che confermare tale immaginario. Nelle parole del filosofo della scienza Joseph Pitt:

> Ciò si cui parlo è l'illusione che creiamo non soltanto nel pubblico esteso ma talvolta anche nella comunità scientifica. L'illusione è di conoscere di più di quanto conosciamo in realtà. Mai sottostimare la capacità dell'essere umano di auto-illudersi. Le immagini generate e migliorate con l'ausilio del *computer* suggeriscono che il mondo sia al suo fondamento un posto semplice. Può essere rappresentato come un insieme di atomi individuali a riposo su delle strutture stabili che possiamo manipolare a piacere […] quando di fatto nulla di tutto ciò è vero. Il mondo a livello nanoscopico e quantistico è un continuo ronzio, cambiamento, movimento in modo non lineare e lontano dai principi di causalità della meccanica classica. (Pitt 2005, p.5 traduzione mia).

3.4 Implicazioni normative della potenza: dalle arti visive alle arti performative

La nanotecnologia è dunque di pubblico dominio come utopia tecnoscientifica, quando, nel 1990, *Nature* pubblica in copertina l'immagine seguente (fig 3.5 da *Nature* 344, 524 1990). Il giorno stesso, il 'logo atomico' viene pubblicato sul *New York Times* (Browne 1990): la macchina di Feynman è realtà, l'essere umano è in grado di manipolare la materia su scala atomica, le nanomacchine sono possibili.

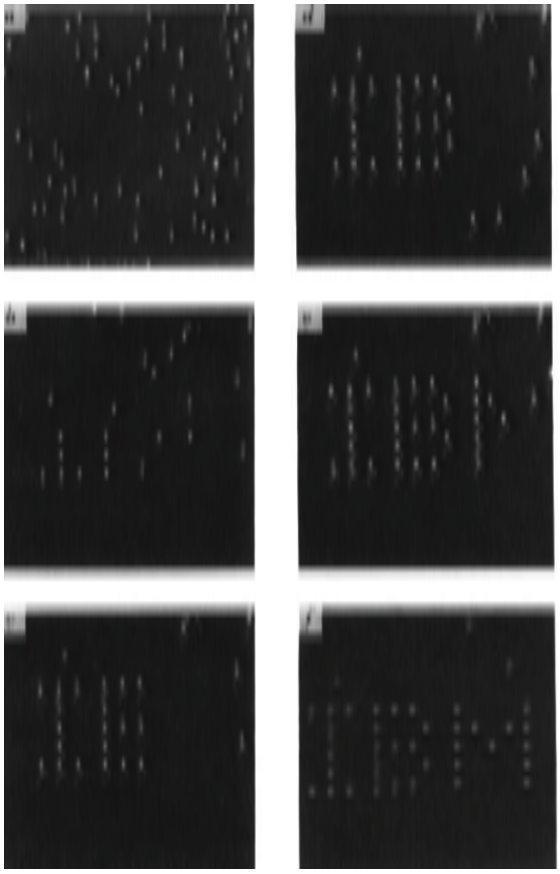


3.5

Il contenuto fattuale della figura, ad opera altri due ricercatori dell'IBM, Don M. Eigler e Erhard K. Schweizer, consiste in un insieme di atomi di xeno, un gas nobile molto pesante, in evidenza su un cristallo di nichel alla temperatura di 4° Kelvin, ovvero -269° Centigradi. La temperatura prossima allo zero assoluto è necessaria per limitare gli effetti dell'agitazione termica, che non permetterebbero una manipolazione ed una "istantanea" così ordinata. La struttura riproduce inequivocabilmente una sequenza di lettere, ovvero, prima ancora di entrare nel merito del significato, una stringa di informazione simbolica umana.

A distanza di pochi anni dal 'rilievo' di Binnig e Roher, i *software* di elaborazione grafica, sono molto più versatili e potenti, ma l'immaginario di riferimento è il medesimo. Uno sfondo neutro nero nel quale è misteriosamente sospeso un monolite laminare, questa volta realmente scolpito dalle capaci 'mani' nanoscopiche dei ricercatori, attraverso un STM costruito appositamente. La prospettiva è aerea e angolare, la luce è neutra e sembra provenire dalla scultura stessa. In virtù dello slittamento dal piano epistemico a quello ontologico sopra analizzato, avvenuto nell'arco di due decenni, gli emisferi sono identificati in modo implicito ed indiscusso con gli atomi di xeno.

Le immagini di laboratorio, pubblicate nell'articolo scientifico interno al medesimo numero di *Nature* con il titolo più prosaico di *Positioning single atoms with a scanning tunneling microscope* sono le seguenti (fig 3.6 da Eigler e Schweizer 1990).



3.6

Il processo di manipolazione degli atomi è dunque documentato in una sequenza di rappresentazioni in bianco e nero. Nella didascalia relativa si legge che la struttura atomica del nichel non è 'risolta', ovvero rappresentata dallo strumento, presumibilmente per evitare inutile rumore sperimentale, e che la scala di grigio rappresenta la curvatura della superficie. La prospettiva, del tutto arbitraria nell'elaborazione dei dati spettrografici di un STM, qui perfettamente verticale, evoca il *setting* del microscopio classico e conferisce alle elaborazioni sperimentali una legittimazione implicita di tipo moderno. La scala di grigio e la scelta di rappresentare la curvatura diminuendo la saturazione produce l'effetto di un'immaginaria illuminazione e riprende così nuovamente lo stile del 'rilievo' di Binnig e Roher (fig. 3.1). La differenza fondamentale tra l'immagine degli anni ottanta e quella

degli anni novanta è che nel secondo caso il *software* di manipolazione permette di mantenere implicite le scelte stilistiche, le quali diventano parte integrante del contenuto scientifico 'oggettivo', ancora una volta in uno slittamento dal piano epistemico a quello ontologico. Più in generale, lo stile dell'elaborazione in bianco e nero e di quella a colori evoca nuovamente l'immaginario dell'esplorazione spaziale, in senso letterale e figurato – si pensi alle immagini della superficie di Titano registrate dalla sonda Huygens (fig. 2.2 e 2.3, cap. 2). La sensazione di assistere ad un *touch down*, ovvero ad un progressivo avvicinamento e possibile atterraggio sulla superficie di nichel è molto evidente nell'accostamento dei dati in bianco e nero, quasi immagini 'orbitali', alla figura di copertina, veduta aerea di prossimità.

Ben prima degli interventi di estetizzazione e apparente democratizzazione delle immagini scientifiche analizzati nel capitolo precedente, assistiamo qui alla costruzione di un'immagine tecnoscientifica ibrida, in grado di funzionare *contemporaneamente* su una rivista specialistica e su un quotidiano di grande diffusione. In modo del tutto analogo alle immagini della meraviglia, l'elaborazione digitale in questione è dotata, come abbiamo visto, di un contenuto fattuale, fondato sui dati sperimentali, e di un contenuto metaforico, determinato dalle scelte stilistiche e dalle relative finalità. La differenza fondamentale è che nel caso in questione i due contenuti *coincidono*: il fatto scientifico rilevante *è* un'affermazione di potenza e una promessa per il futuro. Non si tratta più di accedere a spazi remoti senza interpretare né interferire, come nell'ideale ottocentesco dell'oggettività meccanica, ancora presente nel "rilievo" di Binnig e Roher e nella loro preoccupazione di specificarne i limiti e l'accuratezza scientifica, ma di rappresentare l'effettiva capacità di agire in tali spazi: da evidenze sperimentali, le immagini diventano dunque icone di un'individualità creativa e nel contempo, come vedremo, dimostrazioni di potenza.

Nel 1995, con il progressivo affermarsi del World Wide Web come strumento di comunicazione di massa, l'IBM costruisce un suo sito e realizza al suo interno una delle prime gallerie virtuali, costituita da immagini realizzate con il microscopio STM (http://www.almaden.ibm.com/vis/stm/gallery.html). Lo spazio virtuale è concepito come un vero e proprio museo, con una mappa che funge da guida alle varie stanze. In una sala intitolata "atomilismo", neologismo che sta per "puntinismo atomico", ritroviamo ancora una volta l'immagine del logo, nella versione a colori (fig. 5). Il titolo, "The Beginning", segna la promessa dell'inizio di una nuova era nanotecnologica, evocata dall'immaginario

utopico di Drexler, nella quale sia possibile costruire, in un ideale moderno di certezza e oggettività, delle molecole su misura, o meglio, su ordinazione, in grado di adempiere alle funzioni più disparate. La didascalia dell'opera, piuttosto eloquente, evoca la retorica di Binnig nella conclusione del suo intervento al Nobel.

> Gli artisti hanno quasi sempre avuto bisogno del sostegno dei mecenati (anche gli scienziati!). Qui, l'artista, poco dopo aver scoperto come muovere gli atomi con il STM, ha trovato un modo di restituire qualche cosa alla *corporation* che gli ha dato un lavoro quando ne aveva bisogno e lo ha fornito degli strumenti di cui aveva bisogno per avere successo (http://www.almaden.ibm.com/vis/stm/atomo.html#stm10, traduzione mia).

La differenza in questo caso è che la tecnoscienza imprenditoriale fondata sui brevetti e sul *corporate know-how* è nel suo pieno sviluppo e il parallelo tra artisti e scienziati assume un ben preciso significato normativo.

> In questo ambiente, gli scienziati-ingegneri sempre di più iniziarono a presentare le loro immagini come risultati artistici oltre che tecnici. (L'arte, i cui praticanti sono ben consapevoli dei diritti di proprietà, è al momento la pratica più "autoriale" di tutte) (Daston e Galison 2007, p.399, traduzione mia).

Dall'immagine come rappresentazione, artistica e insieme scientifica, della *potenza* creativa umana, concepita come fonte di profitto, passiamo ora alla figura in esame come dimostrazione di *potere*.

L'incipit dell'articolo sul 'logo atomico' apparso *New York Times* recita:

> Hiram Maxim, l'inventore della pistola, era solito dare una dimostrazione della potenza della sua invenzione sparando alcune pallottole su un bersaglio lungo dei *pattern,* in modo da riprodurre le iniziali dei suoi potenziali acquirenti. In un simile intento, l'IMB ha annunciato ieri che i suoi scienziati sono stati in grado di scrivere il logo della compagnia trascinando nelle posizioni desiderate dei singoli atomi su una superficie di nichel (Browne 1990, p.1 traduzione mia).

Le prime lettere scolpite in un bersaglio da Maxim, emigrato in Inghilterra dagli Stati Uniti nel 1881, furono "*V.R.*" per *Victoria Regina*, dedicate alla Regina d'Inghilterra, la quale, incantata non tanto dalla dimostrazione di galanteria quanto dalle evidenti potenzialità militari dell'arma, nel 1901 lo fece Cavaliere [6] (Ellis 1975).

Il giornalista del *New York Times*, autore qualche anno prima di un articolo monografico proprio sulla figura di Hiram Maxim, non si addentra nell'analogia, ma, nel nostro contesto, appare evidente che l'immagine tecnoscientifica dell'IBM assume qui un significato *dimostrativo*, in un nuovo slittamento, questa volta dal piano epistemico a quello normativo. La rappresentazione scientifica si identifica di nuovo con una rappresentazione artistica, ma non più con un'arte visiva, sia essa una scultura o un dipinto, bensì come con un'arte *performativa*. La lamina di nichel diventa un palcoscenico neutro, sul quale si mette in scena la costruzione della prima scritta nanoscopica. La mano invisibile dei registi Eigler e Shweizer muove gli atomi di xeno come attori ben delineati, come abbiamo visto nella storia del design STM, malgrado la scala quantistica. Le immagini in bianco e nero assumono in quest'ottica il ruolo degli scatti di scena: documentano la *performance*. Lo scatto finale, a colori, potremmo dire la locandina, testimonia la traccia indelebile dell'impresa, e segna il passaggio ad un terzo livello di rappresentazione, quello politico. La stringa di lettere, che rappresenta simbolicamente la potenza tecnoscientifica della multinazionale americana nel lasciare una traccia in uno spazio inesplorato, evoca la bandiera americana piantata dall'astronauta Buzz Aldrin sul suolo lunare il 21 luglio del 1969, una fra le più celebri immagini nella storia della fotografia

(fig 3.7

da http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Buzz_salutes_the_U.S._Flag.jpg).

---

[6] In pochi anni, l'inventore fu invitato a diventare membro del parlamento inglese, ma dovette rifiutare a causa della sordità, dovuta alle troppe dimostrazioni della sua arma. Le armi utilizzate dagli inglesi durante la Prima Guerra Mondiale furono in gran parte opera sua.

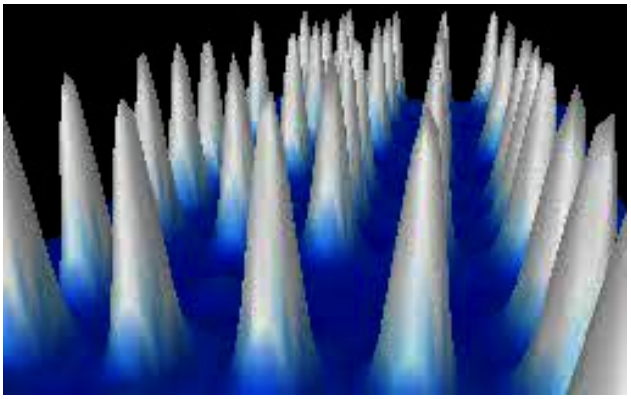
3.7

In effetti, le due immagini (fig. 3.5 e fig 3.7) documentano una *performance* scenica, concepita in entrambi i casi come una dimostrazione di *potenza* tecnoscientifica associata ad un *potere* politico; incarnato, nell'era della Guerra Fredda, da uno stato-nazione in lotta per l'affermazione della propria supremazia militare[7] e, nell'era successiva alla caduta del

[7] Nel caso della Missione Apollo, esiste un'interessante teoria, smentita e riconfermata varie volte nell'arco dell'ultimo decennio, secondo la quale le immagini fotografiche e video dell'allunaggio sarebbero delle vere e proprie messe in scena, ovvero dei falsi storici. Secondo la versione della "truffa lunare", o *moon hoax* nella letteratura anglosassone, la NASA non aveva in realtà la capacità tecnocologica di portare a termine l'impresa, ma, data l'importanza simbolica e strategica di un possibile successo, commissionò a Stanley Kubrick, reduce dalla regia del capolavoro "2001: A space odissey" (Kubrick 1968), la realizzazione in studio dell'allunaggio americano. Il silenzio di Kubrick sarebbe stato ottenuto su minaccia di rivelare il coinvolgimento del fratello Raul nel Partito Comunista. In cambio dei suoi servigi, il regista avrebbe ricevuto dalla NASA le lenti Zeiss ad alta luminosità che resero possibili le straordinarie riprese con luce naturale nel film "Barry Lyndon" (Kubrick 1975).
Vera o falsa che sia, l'affascinante teoria mette in luce il valore artistico performativo, oltre naturalmente che simbolico, delle immagini della Missione Apollo e dell'immaginario ad essere correlato.

muro di Berlino, da una multinazionale protagonista della competizione economico-finanziaria per il dominio sul neonato mercato globale. Non abbiamo un'immagine della *performance* di Maxim con il logo vittoriano "RV", ma il meccanismo simbolico è lo stesso: una dimostrazione di potenza al servizio, in quel caso, di un potere imperiale.

L'aspetto performativo, l'analogia con l'esplorazione spaziale e il nesso con il mercato sono espressi infine in un'ulteriore elaborazione dell'impresa di Eigler e Schweizer, un vero e proprio *spot* disponibile *on line* nella galleria STM. Si tratta di una simulazione video di un volo spaziale all'interno della struttura atomica, che sfuma nel logo ufficiale della *corporation* (fig. 3.8 da http://www.almaden.ibm.com/vis/stm/stm.html).



3.8

L'immagine "The Beginning" non è al solo servizio dell'IBM, ma segna l'inizio del progetto di legittimazione politico-normativa della nanotecnologia, attuato proprio nell'ultimo decennio del ventesimo secolo da un comitato di ricerca istituito da Clinton nel 1998 (IWGN, Interagency Working Group on Nanoscience). Il paziente lavoro del *team* di tecnoscienziati imprenditori, sotto la guida di Mihail C. Roco, professore di ingegneria meccanica all'università del Kentucky, è consistito essenzialmente nell'elaborazione di una narrazione e di un immaginario *standard* di potenza, sulla base dei quali definire la nanotecnologia come tecnoscienza di punta per il governo federale. Il lavoro del IWGN sfocia nel 2000 nell'istituzione della *National Nanotechnology Initiative* (NNI), annunciata dal Presidente in persona proprio al *California Institute of Technology*, sede del discorso di Feynman. Convinto qualche mese prima da un intervento visionario di Roco, preparato

"con lo stesso rigore di un progetto scientifico" (da un'intervista a Roco disponibile all'indirizzo http://www.nano.gov/html/interviews/MRoco.htm), Clinton decide non soltanto di investire 225 milioni di dollari per l'anno fiscale successivo nel nuovo promettente settore tecnoscientifico, ma di istituire un programma federale a lungo termine per la ricerca e lo sviluppo della "Scienza, Ingegneria e Tecnologia su scala Nanoscopica" fondando un omonimo sottoconsiglio (NSET), del *National Science and Technology Council* (NSTC), presieduto da Roco stesso. La nanotecnologia diventa così la tecnoscienza di punta del governo americano[8], e assume in breve il ruolo di ricerca d'avanguardia in ambito strategico militare, nello scenario della guerra al terrorismo post 11 settembre. Nel 2002, attraverso la NNI, il dipartimento della difesa finanzia l'MIT con 50 milioni di dollari per produrre delle uniformi *high-tech*, in grado non solo di proteggere i soldati dai proiettili e da eventuali agenti chimico-biologici, ma di aumentarne le prestazioni fisiche: l'immaginario di potenza militare si fonde così con quello tecnoscientifico, nella produzione di oggetti 'performativi'.

> L'esercito non vuole solo articoli su *Science* e *Nature*, vuole prodotti reali
> (Edwin Thomas, scieziato dei materiali del MIT, citato in Nordman 2004).

Il contesto storico e il ruolo degli Stati Uniti sono cambiati, ma il valore simbolico dell'immaginario di potenza evocato dall'opera di Eigler e Scwheizer resta. Il 20 marzo del 2002, ad una conferenza del NSF a Washington dal titolo "Piccole meraviglie: esplorando il vasto potenziale della nanoscienza", dedicata ad incoraggiare il mantenimento e lo sviluppo della NNI, è Eigler stesso a mettere in scena una dimostrazione del tutto analoga a quella di Maxim. Collegato in rete con il suo laboratorio in California, il ricercatore dell'IBM 'performa' una manipolazione atomica in tempo reale, di fronte ad un uditorio

[8] In un interessante articolo del 2004, il filosofo della scienza tedesco Alfred Nordman (Nordman 2004) ricostruisce il nesso tra l'immaginario nanotecnologico e quello dell'impresa spaziale, nei primi anni 2000, a partire dall'immagine di copertina della prima *brochure* prodotta dall'*Interagency Working Group on Nanoscience*.

plaudente. È Rita Colwell, direttore del NSF a chiudere l'evento parafrasando il poeta William Blake: "La nostra visione è contenere l'infinito nelle nostre mani" (Colwell 2002).

I confini ontologici, epistemici e normativi tra la rappresentazione artistica, quella scientifica e quella politica sono qui del tutto identificati.

CAPITOLO QUARTO

Controllo

4.1 Dal laboratorio al campo aperto: la sperimentazione in natura

L'immagine dell'atleta olimpico Carl Lewis che si accinge a correre con i tacchi a spillo su una superficie bagnata, messaggio promozionale di una nota azienda di pneumatici italiana (fig. 4.1), mette in luce, con la canonica evidenza visiva del mercato, il rapporto dialettico tra la potenza e il controllo caratteristico del modello moderno di scienza. La soluzione implicita nella campagna pubblicitaria è, naturalmente, un tipo di controllo che permetta di non correre rischi, *senza compromettere* la potenza del corridore, ovvero dell'automobile. In altri termini, il controllo di una grande potenza è a sua volta una manifestazione di potenza. In quanto segue analizzeremo l'immaginario del controllo inteso in tal senso.

4.1

Come abbiamo articolato ampiamente nel capitolo primo, la caratteristica principale della tecnoscienza ad alta potenza che contraddistingue la nostra epoca è la sperimentazione irreversibile al di fuori dei confini controllati del laboratorio. L'implementazione diretta sui sistemi socio-ambientali del pianeta, a livello locale e globale, ha, come è emerso, una serie di conseguenze, le quali determinano la presenza intrinseca, e dunque ineliminabile, di incertezza, rischio, indeterminatezza e ignoranza (si veda Cap.1 e Smith e Wynne 1989). L'immaginario del controllo, terzo asse di riferimento

dello spazio multidimensionale degli immaginari *standard* qui in esame, è fondato su un ideale di scienza moderna in grado di contenere e governare tale mancanza di piena conoscenza.

Laddove l'immaginario della meraviglia e della potenza sono, come abbiamo visto, funzionali a preservare l'ideale dell'*oggettività*, quello del controllo si erge in difesa del secondo fondamento della scienza moderna, la *certezza*. In tale scenario, la complessità strutturale dell'interazione sistemica con la bio-geo-chimica del pianeta è concepita come riducibile ad una serie numerabile di sottoproblemi, complicati sì, ma gestibili in approssimazione lineare e quantitativa attraverso i potenti mezzi della statistica e della simulazione numerica[9]. Gli strumenti epistemici concepiti per la scienza *in vitro*, ovvero il riduzionismo, il meccanicismo ed il determinismo, diventano dunque qui, in analogia con l'eloquente metafora visiva della Pirelli, i materiali in grado di far correre in perfetta sicurezza la potente macchina tecnoscientifica *in vivo*, sul quanto mai scivoloso terreno della co-produzione tra tecnoscienza, mercato, politica e diritto. Proprio in virtù di tali assunti, fondati sul controllo, la sfera politico-normativa si arrocca, come vedremo, nel tentativo di continuare ad operare all'interno dello scenario mertoniano della certezza.

Come nei capitoli precedenti, in quanto segue prenderemo in esame uno studio di caso specifico, esempio-chiave di sperimentazione irreversibile ad alta potenza e ad alta posta in gioco, nel quale l'immaginario del controllo svolge un ruolo fondamentale: le biotecnologie agricole. Ci concentreremo in particolare su alcuni tentativi di traduzione, riduzione e controllo, insieme scientifici e normativi, di un problema intrinsecamente post-normale complesso: la definizione e la gestione del flusso genico e della coesistenza tra colture geneticamente modificate, colture convenzionali e specie selvatiche.

[9] Le "tecnologie della hybris" di Sheila Jasanoff, alle quali si fa riferimento nel primo capitolo, sono reinterpretabili qui come specifiche articolazioni dell'immaginario del controllo.

4.2 Il flusso genico come problema post-normale

Non ci sono discipline, solo problemi.
Ernst H. J. Gombrich (citato da Kaufmann 1993)

La ricerca, lo sviluppo e la coltivazione su larga scala di piante geneticamente modificate sta variando rapidamente il panorama dell'agricoltura mondiale. Nel 2007, le colture transgeniche si sono estese su 114 milioni di ettari, per un giro d'affari complessivo di 6,9 miliardi di dollari, corrispondente ad una quota pari al 21% dell'intero mercato dei semi (www.isaa.org 2007). Si tratta di una sperimentazione tecnoscientifica diretta senza precedenti, con effetti sugli ecosistemi planetari, su scala locale e globale.

Una delle dimensioni della complessità dell'implementazione transgenica in campo aperto consiste nella possibilità che le specie ingegnerizzate si propaghino, nella forma di semi, in quella di pollini o in quella di frammenti di DNA incorporati da batteri, al di fuori dei labili confini dei campi coltivati ed interagiscano variamente con le specie vegetali, selvatiche e/o coltivate, in loro prossimità, laddove il concetto stesso di 'prossimità' è naturalmente oggetto di controversia (Guarnieri 2008). La questione del flusso genico tra specie GM e specie convenzionali, ovvero non modificate, assume pertanto particolare rilevanza, dal punto di vista scientifico, socio-economico, normativo e giudiziario.

La contaminazione transgenica implica, in effetti, delle conseguenze non trascurabili per la biodiversità e per la salute umana. Le prime sono, come vedremo, derivanti dalla propagazione, possibile incorporazione stabile e supremazia ecologica delle specie transgeniche fra le specie native. I secondi sono tornati recentemente alla ribalta nella letteratura scientifica, dopo anni di relativa minor enfasi, con la recente sperimentazione in campo aperto di piante transgeniche in grado di produrre prodotti chimici e farmaceutici. La cosiddetta *bio-pharma*[10] pone, in effetti, nuove ed inesplorate questioni anche in questo ambito (Caruso 2007) e le soluzioni proposte sono il confinamento delle colture in serre,

[10] Sono più di cento le applicazioni biopharmaceutiche sinora approvate dal Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti, dalla più comune insulina umana ad un ormone della crescita prodotto da una varietà di cartamo (*safflower*) che, in un macchinoso, quasi incredibile flusso commerciale, è destinato a nutrire le carpe, utilizzate come mangime terapeutico per il sistema immunitario dei gamberi da acquacoltura.

introducendo così una possibile via di mezzo tra l'implementazione *in vitro* e quella *in vivo* (Stewart *et al*. 2003).

In questo scenario, dunque, dal punto di vista scientifico il problema del flusso genico è potenzialmente trattabile – e andrebbe trattato - attraverso una molteplicità di approcci disciplinari complementari, ciascuno dotato di una propria prospettiva, un proprio linguaggio, una propria metodologia e proprie finalità: dalla biologia cellulare e delle popolazioni, all'epidemiologia, all'ecologia del suolo e del territorio, all'entomologia, alla climatologia e, naturalmente, alla genetica molecolare e alla biotecnologia. Tuttavia, come vedremo in dettaglio, sono gli strumenti epistemici dell'innovazione biotecnologica, fondati su un ideale di controllo sperimentale, riduzionistico, deterministico e meccanicistico dei viventi, a dominare il dibattito scientifico sulla questione, nella sua definizione e nella sua gestione. Tali strumenti sono plasmati da e plasmano la sfera decisionale, in un tipico esempio di co-produzione tra scienza e regolamentazione.

La possibile contaminazione transgenica assume, inoltre, dal punto di vista normativo due aspetti sostanzialmente distinti, fondati, come vedremo, sul principio della tracciabilità nel contesto europeo e su quello di equivalenza sostanziale, negli Stati Uniti ed in Canada. In entrambi i casi, l'intrinseca complessità di un fenomeno di interazione ecosistemica si scontra con il controllo esercitato tramite l'esercizio normativo umano, fondato su principi causali lineari.

Si tratta dunque di un tipico problema post-normale, nel quale la posta in gioco è alta, i valori sono in contrasto, l'incertezza e l'indeterminatezza, ovvero la coesistenza di prospettive mutuamente esclusive e non commensurabili, sono elevate. Tale questione si fonda su un immaginario del controllo, poiché insorge proprio nel tentativo di estendere al di fuori dei confini della ricerca sperimentale di laboratorio un modello di tecnoscienza riduzionistico, meccanicistico e deterministico, e di confinarne la complessità in un numero limitato e limitabile di variabili. Il caso delle biotecnologie agricole è particolarmente emblematico poiché le variabili in gioco non sono soltanto ridotte in senso teorico, ovvero mediante l'utilizzo di modelli di simulazione del flusso genico, necessariamente semplificati, ma anche e soprattutto attraverso un tentativo di effettiva, reale eliminazione del numero di parametri in gioco: si tratta in altre parole di ridurre la complessità trofica degli ecosistemi coinvolti sopprimendo gli organismi che possono

creare complicazioni. Il cosiddetto "troncamento delle variabili", termine utilizzato nella modellistica matematica, assume qui un significato, potremmo dire, sinistro.

Chiave di volta dell'immaginario e delle relative narrazioni del controllo biotecnologico in agricoltura è il concetto di *barriera*, il quale domina contemporaneamente il *framing* del problema e le corrispondenti narrazioni scientifico-disciplinari, dalla scala molecolare a quella geografica e territoriale, e quelle politico-normative, dai regolamenti e raccomandazioni europee alle sentenze nordamericane.

4.3 Barriere tecnoscientifiche: il caso Chapela e il framing dell'introgressione

Lo scambio genico interspecifico e tra specie affini è uno dei meccanismi fondamentali di evoluzione biologica. È dunque un fatto non controverso (Pirondini, Marmiroli 2008). L'implementazione delle biotecnologie agricole su larga scala implica dunque *necessariamente* una presa d'atto ed una specifica ed esplicita attenzione alla questione della diffusione nei sistemi socio-ambientali coinvolti, dei transgeni introdotti in laboratorio e concepiti per funzionare, ovvero per produrre gli effetti attesi, i potenziali benefici, solo e soltanto all'interno dei campi coltivati[11].

La situazione più comune, di difficile gestione dal punto di vista normativo e giudiziario, come vedremo nei prossimi paragrafi, è la diffusione di transgeni per ibridazione, attraverso la diffusione incontrollata di pollini e/o di semi ingegnerizzati. Se l'ibridazione persiste per più generazioni e se i transgeni sono in grado di fornire un vantaggio selettivo alle specie ibride rispetto a quelle convenzionali, siano esse coltivate o selvatiche, è possibile che avvenga ciò che in letteratura è noto come il fenomeno dell'introgressione, ovvero l'incorporazione stabile di geni nei nuovi genomi ospiti. L'introgressione è uno dei principali fattori di potenziale modificazione irreversibile su larga scala negli ecosistemi che ospitano le specie GM[12] e rappresenta pertanto uno degli esempi più controversi di potenziali rischi della coltivazione di piante transgeniche in

[11] Le coltivazioni assumono, in tale contesto, un ruolo intermedio tra il contesto controllato e reversibile del laboratorio e quello complesso e sistemico dei sistemi socio-ambientali.

[12] Insieme ai cosiddetti effetti sulle specie *non-target*, il più noto dei quali, oggetto a sua volta di lunga controversia, dalla letteratura specialistica ai mezzi di comunicazione di massa, è quello, emerso nel 1999, sui potenziali effetti nocivi del mais Bt sulla farfalla monarca (Losey 1999).

campo aperto: da un possibile declino della biodiversità alla base dell'equilibrio ecosistemico globale, alla diffusione incontrollata di infestanti resistenti ai comuni trattamenti erbicidi, note in letteratura come "Frankenweeds" o "Superweeds" (Stewart 2004).

Il caso più celebre e controverso di possibile introgressione emerge, alla fine del 2001, in un articolo pubblicato sulla rivista *Nature* da Ignacio Chapela, un ecologo microbico dell'Università di Berkeley, e da un suo studente David Quist (Quist e Chapela 2001). Nell'articolo si denuncia la presenza di transgeni insetticidi Bt all'interno del genoma di alcune specie di mais nativo nella regione di Oaxaca, in Messico, dove sin dal 1998 è in atto una moratoria sulle coltivazioni GM. Il significato di tale rilevamento è potenzialmente drammatico per l'industria *biotech* poiché dimostra che le barriere normative non sono sufficienti a prevenire la diffusione incontrollata di specie transgeniche in una delle culle di biodiversità del mais su scala globale. La pubblicazione, avvenuta a seguito di una *peer review standard*, suscita una rapida e intensa reazione, sulla rivista medesima, da parte di un folto gruppo di biologi molecolari e biotecnologi, indignati dalle evidenti ingenuità metodologiche e dalla conseguente inaccettabilità dei risultati (Metz e Fütterer 2002, Kaplinsky *et al*. 2002). Il lavoro è giudicato come "una testimonianza di incompetenza tecnica" e come "spazzatura indifendibile" (Metz e Parrott, citati in Lepkowski 2002a). Accanto alle critiche e alla lettera di risposta degli autori medesimi (Quist e Chapela 2002), nell'aprile del 2002, l'allora direttore di *Nature* Philip Campbell pubblica un editoriale senza precedenti, lasciando esplicitamente al lettore l'arduo compito di decidere sulla validità scientifica dell'articolo in discussione, sulla base delle obiezioni e contro-obiezioni pubblicate (Campbell 2002).

Nel giro di pochi mesi, il dibattito si fa molto acceso e si diffondono accuse di conflitti di interessi e di una polarizzazione ideologica del caso – ambientalismo da un lato, *lobby* tecnoscientifica industriale dall'altro - a carico di tutte le parti in causa, inclusa la rivista stessa che si trova a dover giustificare l'intero processo di pubblicazione[13]. Nelle sempre eloquenti parole di Sheila Jasanoff:

[13] Per una completa ricostruzione del caso si veda Lepkowski 2002a e 2002b, per un'interessante prospettiva sulla delegittimazione ideologica degli scienziati coinvolti si veda Monbiot 2002.

> …un articolo sulle colture GM era stato sottoposto ad un esame maggiore di quanto non fosse accaduto con le colture stesse, nel loro passaggio dal laboratorio alla coltivazione commerciale (Jasanoff 2008, p.138).

Data l'elevata posta in gioco, il caso Chapela rappresenta nel suo complesso un caso paradigmatico di controversia tecno-ambientale, ampiamente discusso ed analizzato nella letteratura STS: l'intreccio tra accademia, industria e comunicazione scientifica, i processi di legittimazione e delegittimazione della ricerca sperimentale, i tentativi di demarcazione tra i confini epistemici e normativi inevitabilmente sfumati dell'implementazione in campo aperto sono oggetto di attento esame speculativo (Lepkowski 2002a e 2002b, Jasanoff 2004, Sarewitz 2004).

Come accennato, vorremmo, in questa sede, riflettere in particolare sul *framing* epistemico che ha dominato l'intera vicenda, che ancora ne caratterizza gli sviluppi (Dalton 2008) e che è fondato su un immaginario del controllo tecnoscientifico ad alta potenza.

I semi di mais transgenico Bt sono ideati e sviluppati *in vitro*, ovvero nei laboratori di ricerca di biologia molecolare e genetica, e implementati *in vivo*. Sono concepiti come *goods,* nella doppia accezione di prodotti di mercato, vendibili e comprabili in funzione della convenienza strettamente economica delle loro prestazioni, e di progressi tecnologici in grado di portare benessere sociale ed ambientale. I potenziali benefici sono dunque ideati in laboratorio, insorgono da relazioni di causa-effetto lineare, e sono ottenuti attraverso procedure sperimentali reversibili, basate sull'ottimizzazione *in fieri* delle conseguenze positive e sulla minimizzazione degli effetti collaterali, prevedibili e previsti. I potenziali rischi si manifestano invece nell'implementazione in campo aperto, e si fondano su interazioni complesse, non reversibili, per lo più sconosciute e non emendabili. I primi sono definiti e gestiti dalle discipline fondate sull'approccio della biologia molecolare, i secondi sono oggetto d'indagine del settore disciplinare dell'ecologia.

Sin dalle prime critiche su *Nature*, l'argomento del contendere si riduce alle procedure di amplificazione e rilevazione dei *marker* genetici associati al transgene Bt e alla loro scarsa attendibilità scientifica. Lo *standard* da difendere sulla e dalla prestigiosa rivista è quello della biologia molecolare, intesa implicitamente come unica disciplina implicata e legittimamente implicabile nella ricerca. Al vaglio di una quantomai attenta comunità *biotech*, i due ecologi di Berkeley si rivelano inadeguati e David Campbell si

trova nel peculiare imbarazzo di dover intervenire in prima persona. In sordina, i pochi commenti scientifici a sostegno del lavoro, provenienti dalla comunità degli ecologi, pur confermando alcune ingenuità procedurali, mettono in evidenza l'estrema rilevanza delle questioni che nel suo complesso il lavoro solleva (Lepkoswki 2002a). Tuttavia, blindata sin dal principio nei controllabili e quantomai controllati confini procedurali riduzionistici del laboratorio biotecnologico, l'intera ricerca è già compromessa e la successiva polarizzazione ideologica del caso non fa che aumentare il rumore epistemico.

In un'estesa *review* sul ruolo della scienza nelle controversie ambientali, Daniel Sarewitz rievoca, a qualche anno di distanza, la vicenda Chapela per rintracciare nell'inconciliabilità intrinseca dei diversi approcci epistemici e disciplinari in gioco, ovvero nell'indeterminatezza intrinseca dell'implementazione *in vivo* (si veda Cap.1), il nucleo della discussione.

> … la struttura disciplinare e la disunità stessa della scienza era alla radice della controversia. Le due parti del dibattito rappresentavano due visioni della natura contrastanti – una incentrata sulla complessità, sull'interconnessione, e sulla mancanza di prevedibilità, l'altra incentrata sul controllo di specifici organismi per il beneficio umano (Sarewitz 2004 p391, traduzione mia).

Seppur e senz'altro alla radice della contesa, l'indeterminatezza intrinseca al caso Chapela non dura a lungo: come una funzione d'onda quantistica, il suo stato indeterminato "collassa" rapidamente e sin da subito in una singola prospettiva. In un corto circuito epistemico-normativo, legittimato dalla piattaforma editoriale della rivista specialistica, la questione socio-ambientale altamente complessa dell'introgressione in specie selvatiche, è in effetti automaticamente, e soprattutto non dichiaratamente, definita, e dunque gestita, attraverso un singolo *standard* scientifico disciplinare: quello della tecnoscienza *in vitro*. Tale operazione è resa possibile da una sostanziale e condivisa convergenza dell'intero processo di creazione e messa in opera delle coltivazioni transgeniche nella loro identità di *goods*, prodotti in laboratorio.

Non soltanto, dunque, come giustamente mette in evidenza Sarewitz, il tentativo di difesa dell'ideale di oggettività e di esaustività della scienza moderna insito nella demarcazione tra "scienza disinteressata" e "scienza polarizzazata ideologicamente", è

epistemicamente mal posto e destinato peggiorare la situazione[14]. Tale tentativo si regge su un ulteriore passaggio implicito di riduzione della complessità insita nel problema al singolo *framing* definitorio della biologia molecolare. Il controllo (moderno) di una tecnoscienza ad alta potenza può e deve essere gestito dalla tecnoscienza stessa, attraverso i medesimi strumenti epistemici ad alta potenza. Ecco riemergere sullo sfondo l'atleta in tacchi a spillo.

Un'ampia analisi della letteratura scientifica sul fenomeno dell'introgressione a partire proprio dal 2001, effettuata in collaborazione con il centro di ricerca IRIS e pubblicata nel 2008 sulla rivista *Biology Forum* (Guarnieri, Benessia, Barbiero e Camino 2008), conferma il dominio del *framing* definitorio biotecnologico e dell'immaginario del controllo ad esso associato.

In un volume finalizzato a "demistificare scientificamente" i rischi connessi alle biotecnologie agricole, il biotecnologo americano Neal Stewart dedica un capitolo alla questione. Il lavoro di Quist e Chapela è un esempio di scienza approssimativa, legittimata per un momento e per accidente dalla sua valenza politica.

> Il gruppo di ricerca di Chapela studiava ecologia e non biologia molecolare o biotecnologia di per sé, eppure i risultati pubblicati nel loro lavoro su *Nature* dipendevano interamente dall'esecuzione di sofisticate tecniche di biologia molecolare. […] Nessun biologo molecolare nell'area di Berkeley sembra essere stato coinvolto nello studio, la qual cosa trovo particolarmente curiosa (Stewart 2004 p.76, traduzione mia).

Sorge spontanea una domanda sull'assenza di collaborazione interdisciplinare nelle fasi sperimentali dell'implementazione sul campo: un coinvolgimento degli ecologi non è previsto dall'industria *biotech*. L'onere della prova scientifica spetta dunque implicitamente alla comunità sistemica.

Seppur infondato nel caso specifico, prosegue la narrazione, il fenomeno dell'introgressione, debitamente emendato dalle polarizzazioni ideologiche, non è trascurabile e va affrontato in termini di rischio effettivo. Ciò significa tradurre in forma

---

[14] Donde il titolo della preziosa *review* in questione*: "How science makes environmental controversies worse"* (Sarewitz 2004).

statistico-quantitativa, dunque controllabile scientificamente - e come vedremo normativamente - la mancanza di conoscenza insita nel problema. L'incertezza è così ridotta a valutazioni del rischio per diverse coltivazioni (Stewart 2003), l'indeterminatezza e l'ignoranza sono eliminate [15].

Il concetto di *barriera*, naturale e tecnologica, assume qui un ruolo fondante. Il fenomeno dell'introgressione è suddiviso in una serie numerabile e finita di *step* discreti, che possono essere isolati tra loro e analizzati separatamente. Alcune condizioni fondamentali perché lo scambio genico sia possibile sono definite nei termini di *barriere naturali*: nel caso dell'introgressione verticale - ovvero per via sessuale- le specie devono essere sessualmente compatibili (1), crescere in prossimità (2), avere tempi di fioritura almeno parzialmente coincidenti (3). Inoltre, perché si verifichi introgressione, la prima generazione di ibridi deve sopravvivere per almeno una generazione (4) ed essere sufficientemente fertile da produrre degli ibridi reincrociati (5). Infine il transgene deve fornire un vantaggio selettivo alle specie selvatiche affini (6) e le generazioni di reincorci ibridi devono progredire fino a che il transgene sia incorporato stabilmente nella specie selvatica affine (7). Un elenco di condizioni di causa-effetto lineare *minime note* diventa in questo scenario il *framing* di riferimento. Ciascuna barriera dipende da un numero limitato di variabili ed interazioni e ad ognuna è associata una determinata probabilità di essere valicata, in funzione di una serie finita di parametri dipendenti dal tipo di coltivazione. L'inquadramento delle barriere permette di applicare l'approccio del controllo e della manipolazione *ad hoc* tipico della *innovation science* (si veda Cap.1) prevedendo la messa in opera di specifiche contromisure, che, caso per caso, abbassino radicalmente le singole probabilità. Il meccanismo 'barriera-contromisura' riflette la modalità di ragionamento per causa-effetto lineare e per *trial-and-error* utilizzati nel caso dell'ideazione e realizzazione dei benefici. Inoltre, come vedremo tra breve, in un tipico esempio di co-produzione, tale narrazione tecnoscientifica del controllo è funzionale alla traduzione normativa in termini di regolamentazione sul confinamento territoriale, nonché all'elaborazione e all'applicazione di modelli di simulazione del flusso genico.

Il *framing* biotecnologico e la relative narrazioni prevedono infine la messa in opera di barriere tecnoscientifiche ad alta potenza, nel confine sicuro e controllato del

[15] Si pensi ad esempio allo studio delle reti trofiche e all'ecologia del suolo, ad oggi poco conosciute e poco studiate.

laboratorio: l'inserimento mirato – e non casuale come di norma accade - dei transgeni in *loci* che abbassano la possibilità di flusso, ad esempio nei cloroplasti, e l'implementazione dei cosiddetti e quantomai controversi metodi GURT (*Gene Use Restriction Technology*), ovvero delle tecniche di sterilizzazione programmata dei semi transgenici[16]. Sviluppate come barriere normative per proteggere il *copyright* delle invenzioni biotecnologiche e fortemente osteggiate dall'opinione pubblica come strumenti di biopirateria ovvero di appropriazione indebita di beni comuni (Shiva 1997), i metodi GURT sono dunque riproposti nel contesto dell'immaginario del controllo, come barriere tecnoscientifiche per la corsa in sicurezza della macchina *biotech* ad alta potenza.

4.4 Barriere normative: il confinamento e la coesistenza europea

In Europa, il flusso genico tra specie GM e specie convenzionali appare ufficialmente sulla scena politica e normativa nel 2003, come conseguenza dell'introduzione di una soglia di "etichettabilità e/o purezza", imposta dal Regolamento sulla tracciabilità e l'etichettatura (CE 1830/2003). In base a tale normativa, gli alimenti contenenti una percentuale superiore allo 0,9% di materiale GM devono essere etichettati come geneticamente modificati. L'etichettatura GM implica un prezzo inferiore nel mercato europeo, dunque un danno economico per l'eventuale contaminazione di materiale GM in campi coltivati in modo convenzionale o biologico[17]. In funzione di tale principio, in una Raccomandazione della Commissione Europea (2003/556/EC), successiva e conseguente al Regolamento, si introduce il concetto di "coesistenza" come segue:

> (1) Nessuna forma di agricoltura, sia essa convenzionale, biologica, o che utilizzi OGM, dovrebbe essere esclusa nella UE.

---

[16] Il più noto dei quali, brevettato nel 1998, eloquentemente rinominato col nome di *Terminator*, è stato ritirato dal commercio a seguito di accese polemiche (US Patent 5, 723, 765, 1998).

[17] Nel caso delle coltivazioni biologiche la questione è ancora più delicata perchè la soglia minima per mantenere l'etichettatura *bio* è zero. Ciò ha suscitato non poche polemiche rispetto alla definizione stessa di coesistenza nella raccomandazione del 2003, adattata alla coltura convenzionale e non a quella biologica (si veda 2003/556/EC, par.2.2.3, p.12).

> (2) La capacità di mantenere un sistema diversificato di produzione agricola è un prerequisito per fornire un elevato grado di scelta ai consumatori.
> (3) La "co-esistenza" si riferisce alla capacità dei contadini di attuare delle scelte pratiche tra la produzione agricola di tipo convenzionale, biologica e geneticamente modificata, in conformità con le obbligazioni legali sui criteri di etichettatura e/o purezza. (2003/556/EC, p. 2, traduzione mia)

Da fatto scientifico, la questione del flusso genico diventa così un fatto politico-normativo. Nel sito della Commissione Europea sullo sviluppo agricolo e rurale si legge:

> La possibilità di una presenza casuale di colture GM in colture non GM *non può essere scartata*, e potrebbe avere delle implicazioni commerciali per i contadini le cui colture ne sono affette. Di conseguenza, al fine di assicurare la coesistenza, devono essere adottate una serie di misure durante la coltivazione, il raccolto, il trasporto, lo stoccaggio ed il trattamento. La coesistenza dunque riguarda soltanto le implicazioni economiche della mescolanza di OGM, le misure per raggiungere *una segregazione sufficiente* nella produzione di GM e non-GM ed i costi di tali misure (http://ec.europa.eu/agriculture/coexistence/index_en.htm, traduzione mia, corsivo mio).

La barriera normativa istituita tramite la soglia di etichettabilità - e il conseguente principio di coesistenza - riducono la questione del flusso genico in termini di libertà di scelta di mercato, nella produzione e nel consumo agricolo-alimentare, attraverso il concetto di *segregazione sufficiente*. Tale tassello epistemico del controllo si fonda interamente sulla possibilità di definire e gestire il problema socio-ambientale complesso e controverso attraverso la narrazione sopra analizzata delle barriere naturali e tecnoscientifiche. Si estende in tal modo alla scala geografica il *framing* riduzionistico, meccanicistico e deterministico proprio della biologia molecolare, riducendo la complessità strutturale ed emergente dei sistemi coinvolti, e la mancanza di piena conoscenza intrinseca in tale complessità, ad una serie discreta e numerabile di parametri quantitativi e qualitativi, basati sull'idea di confinamento.

In tal senso, nella Raccomandazione della Commissione si articola una nuova narrazione del controllo, questa volta politico-economica, nella quale si passa senza

soluzione di continuità dalle tecniche di laboratorio alle dinamiche socio-ambientali del territorio europeo. Il documento inizia, in effetti, con una menzione esplicita alle barriere tecnoscientifiche al flusso genico *in vitro*– definite come "barriere genetiche all'incrocio esterno" (*genetic outcrossing barriers* 2003/556/EC, par. 2.2.7, p.14), per passare poi all'implementazione di barriere fisico – territoriali (par. 3.2.1, p.14), intese come appropriate contro-misure alle sopra citate barriere naturali *in vivo*: dalle distanze di isolamento tra campi GM e non-GM della stessa specie, alle cosiddette "zone cuscinetto" (*buffer zones*), alle trappole o barriere di polline (*pollen traps or barriers*), fondate su principi agronomici. Prosegue con la segregazione attiva *in fieri* dei semi e dei raccolti in ogni fase della produzione, la separazione dei macchinari, dei mezzi di trasporto e delle aree di stoccaggio (par. 3.2.2, e 3.3.3 p.15), e termina con la gestione controllata dell'informazione sul possibile flusso genico: dal monitoraggio costante, alla schedatura dei casi avvenuti, fino all'istituzione di specifici corsi di formazione e consulenze sull'argomento (par 3.4 -3.8 pp.16-17).

Il passaggio successivo nella traduzione in termini tecnoscientifici del controllo normativo avviene nel 2006, quando le 'tecnologie della hybris' della simulazione analitico-statistica sono introdotte a livello istituzionale, con la pubblicazione, da parte della Commissione, di uno studio di fattibilità, intrapreso proprio nel 2003, sulla questione della coesistenza in Europa (22102 EN, 2006). Nel rapporto, attraverso una serie di studi di caso, si prospetta l'introduzione di una nuova barriera normativa, una soglia massima di contaminazione GM nei semi, e si calcolano le conseguenze territoriali ed economiche di uno scenario di coesistenza perciò più complesso. Lo stile è quello di una *review* scientifica e gli strumenti utilizzati sono modelli di simulazione numerica e territoriale del flusso genico tra colture GM e non-GM e della risposta alla messa in opera delle barriere raccomandate nel 2003. In pochi anni, il controllo della 'mancanza di piena conoscenza' sulla questione del flusso genico è arginato nei confini del calcolo statistico numerico. Ancora una volta una tecnoscienza ad alta potenza, in tal caso di calcolo, è chiamata ad assicurare la sicura marcia dell'implementazione *in vivo*.

> Questo rapporto illustra la potenza dei nuovi modelli di flusso genico che realmente tengono conto dei pattern spaziali dei territori e delle pratiche agricole. È ora possibile stimare i livelli di presenza accidentale di

> produzione GM in non-GM attraverso una molteplicità di campi e sorgenti, lungo intervalli temporali estesi, proporre numerose misure di coesistenza e testare velocemente la loro fattibilità e le conseguenze a livello regionale. L'informazione ottenuta dai modelli di simulazione, quali le *tavole di decisione* presentate in tale rapporto, è uno strumento valido per coloro che sono chiamati a decidere in materia di strategie di coesistenza. I modelli di simulazione non sono sostituti per le sperimentazioni sul campo, ma un modo di superare le limitazioni (scale temporali, copertura spaziale, costi) intrinseche al lavoro sul campo (Conclusioni generali, 22102 EN, 2006, pp.15-16, traduzione mia).

Le 'tavole di decisione' diventano espressioni insieme logico-analitiche e simbolico-visive (si veda ad esempio fig 4.3) di un modello moderno di interazione tra scienza e politica, nel quale ancora una volta "la scienza dice il vero al potere" (Wildavsky 1979), laddove "la scienza" rappresentata da un misto di

> modelli di simulazione ed opinioni esperte (22102 EN, 2006, Conclusioni generali, p.15, traduzione mia)

coincide con il *framing* tecnoscientifico della ricerca ad alta potenza. L'ideale della certezza è in tal modo difeso e preservato.

Table 2: Decision table for determining isolation distances (m) necessary to keep adventitious GM presence rates due to cross-pollination below a defined threshold for a 15 ha GM maize20. The non-GM field is situated upwind of the GM one. See below.

Non-GM field area	Flowering time lag	Non-GM width	Cross pollination rates										
			0.9%	0.8%	0.7%	0.6%	0.5%	0.4%	0.3%	0.2%	0.1%	0.05%	0.01%
< 5 ha	0°day	0 m	0	0	0	0	0	20	20	50	50	100	500
		6 m						0	0	0	20		
		12 m											
		18 m											
	30°days	0 m	0	0	0	0	0	0	0	20	20	50	200
		6 m								0	0		
		12 m											
		18 m											
	60°days	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	100
		6 m									0	0	
		12 m											
		18 m											
	90°days	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
		6 m											0
		12 m											
		18 m											
5 ha < x < 10 ha	0°day	0 m	0	0	0	0	0	0	20	20	20	100	500
		6 m							0	0	20	50	
		12 m									0		
		18 m											
	30°days	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	100
		6 m									0	0	150
		12 m										0	
		18 m											
	60°days	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	100
		6 m										0	50
		12 m											
		18 m											
	90°days	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
		6 m											0
		12 m											
		18 m											
> 10 ha	0°day	0 m	0	0	0	0	0	0	0	20	20	50	200
		6 m								0	0	20	
		12 m											
		18 m											
	30°days	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	150
		6 m									0	0	
		12 m											
		18 m											100
	60°days	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
		6 m											
		12 m											
		18 m											20
	90°days	0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
		6 m											0
		12 m											
		18 m											

NB: Flowering time lags are expressed in growing degree-days (° days). ° days are calculated by taking the sum of the averages of the daily high and low temperature each day compared to a baseline (6°C for maize in France). For instance, in the studied cases, a day during flowering period represents on average 15 growing degree days. Values on coloured background are isolation distances in meters.

4.3

4.4 Barriere giudiziarie: Monsanto Canada Inc. vs. Schmeiser

Nel contesto nordamericano degli Stati Uniti e del Canada, dove non vige l'obbligo di etichettatura, la questione del flusso genico è dominata, dal punto di vista normativo, dalla possibile violazione della proprietà intellettuale associata ai brevetti sugli OGM. Caso emblematico, nel quale la narrazione e l'immaginario del controllo si articolano in termini non solo epistemici e normativi, ma, come vedremo, anche giudiziari, è quello del contadino canadese Percy Schmeiser denunciato dalla Monsanto nel 1999 per violazione dei diritti di proprietà intellettuale, dopo che nel suo campo si rileva la presenza della colza transgenica *Round Up Ready*, prodotta dalla Monsanto.

Nel 1993, la multinazionale americana sviluppa e poi brevetta un gene il quale, una volta inserito nelle cellule di un seme di colza, è in grado di conferire alla pianta una resistenza specifica alla molecola di glifosato, principio attivo brevettato dalla stessa Monsanto nel 1973, alla base del diserbante *Roundup*, anch'esso proprietà dalla multinazionale. La colza transgenica, la quale sopravvive al diserbante, semplificando così il trattamento degli infestanti nelle coltivazioni, suscita grande interesse presso le aziende agricole canadesi, attirate da un minor utilizzo di pesticidi. Nel 1998, anno del primo avvertimento della Monsanto a Schmeiser, il 40% delle coltivazioni di colza nello stato canadese del Saskatchewan è transgenico.

Dalla ricostruzione giudiziaria, si evince che il campo di Schmeiser è stato contaminato accidentalmente in uno dei confini di scolo e che il contadino ha consapevolmente conservato i semi delle piante transgeniche e li ha riutilizzati per il raccolto successivo, donde il proliferare di colza Monsanto nel suo campo in breve tempo. Dopo anni di alterne vicende legali, nel 2004, la Corte Suprema Canadese condanna l'accusato per violazione dei diritti di proprietà intellettuale, ma lo esime dal pagare i profitti del raccolto di colza transgenica, stabilito che non ne ha tratto vantaggio economico alcuno (Monsanto Canada Inc. v. Schmeiser 2004, 1 S.C.R. 902, 2004 SCC 34).

In un rovesciamento di prospettiva rispetto al caso europeo, la contaminazione transgenica diventa un possibile vantaggio economico per i coltivatori convenzionali, nei termini di minor uso di pesticidi, e un danno per violazione dei diritti di proprietà intellettuale, per i produttori di OGM. La questione è naturalmente altamente complessa e controversa: il rischio per i coltivatori convenzionali è quello di dover sostenere le spese

legali ed eventualmente di dover pagare i danni alla multinazionale, qualora le loro coltivazioni siano raggiunte e contaminate dai semi transgenici. In questo scenario, una narrazione del controllo è articolata attraverso tre diverse prospettive, protagoniste dell'intera vicenda legale attorno al caso Schmeiser: quella del contadino, quella della multinazionale e quella della corte.

Il brevetto della Monsanto riguarda il *gene* e non il seme, né tantomeno la pianta, la quale, in quanto organismo pluricellulare complesso, non è brevettabile nello stato canadese. Le argomentazioni di Schmeiser si fondano proprio su tale principio. Una volta cresciute accidentalmente nel campo del contadino, le piante non brevettate né brevettabili sono di sua esclusiva proprietà e così i semi da esse prodotti: egli ne dispone dunque liberamente. La posizione dell'accusato – e delle associazioni ambientaliste americane e non - implica che l'onere del controllo del flusso genico spetti dunque, di fatto, alla Monsanto, analogamente peraltro a quanto accade in Europa.

Il contratto di utilizzo della biotecnologia Monsanto (*Technology Use Agreement, TUA*) prevede invece il contrario. Il contadino acquirente si impegna infatti ad utilizzare i semi transgenici per un solo raccolto e a ricomprarli l'anno successivo con un nuovo contratto. Nel contempo, il compratore si impegna a non cederli a terzi – il che comporterebbe un flusso genico intenzionale – e a non disperderli nell'ambiente - ovvero a favorire un flusso genico accidentale. Altra condizione è quella di permettere l'ispezione dei campi e delle aree di stoccaggio per i tre anni successivi all'utilizzo. Infine, il contadino si impegna ad utilizzare solo ed esclusivamente il diserbante Monsanto.

Si legge nel TUA della colza transgenica *Roundup Ready*:

> Nell'eventualità di un qualunque utilizzo del seme di colza *Roundup Ready* non specificamente autorizzato dal presente contratto, il Coltivatore (*Grower*) concorda che ciò comporta un rischio sostanziale che la Monsanto *perda il controllo* sul seme di colza di *Roundup Ready* e che potrebbe non essere possibile stabilire accuratamente l'ammontare dei danni per la Monsanto (TUA Monsanto 2001, p.1, traduzione mia, corsivo mio).

Seguono una serie di conseguenze legali con relativo rimborso dei danni. Nella prospettiva della Monsanto, l'onere del controllo del flusso genico spetta dunque al compratore, il quale è fortemente incoraggiato a contenerlo il più possibile per non

incorrere in denunce di cessione illegale da parte della multinazionale. Il controllo assume inoltre un'accezione intimidatoria da parte della Monsanto stessa: il compratore è soggetto ad ispezioni dirette ed indirette nella propria proprietà per tre anni consecutivi, successivi al raccolto. In un articolo del 1999 del *Washington Post* si legge:

> Oltre a mandare i detective della Pinkerton[18] nei campi dei contadini, la compagnia finanzia una linea verde gratuita per favorire la delazione da parte dei contadini che abbiano informazioni su eventuali illeciti dei vicini e ha inserito nella radio locale degli annunci con i nomi dei coltivatori colti sul fatto a piantare illegalmente i geni[19] della compagnia. I critici dicono che queste tattiche stanno logorando il tessuto sociale che tiene insieme la comunità degli agricoltori (Weiss 1999, p.1, traduzione mia).

Pur escludendo ogni possibile considerazione di ordine etico e politico, il mantenimento del controllo sui semi e sulle piante trasngeniche impone dunque, nei fatti, alla Monsanto un ingente dispendio di tempo e risorse, del tutto assenti in altre multinazionali *biotech*, le quali scelgono di non porre restrizioni sull'utilizzo dei semi transgenici, concentrando i guadagni sulla vendita dei diserbanti associati alla resistenza indotta nelle piante. È il caso ad esempio della multinazionale tedesca AgrEvo, oggi assorbita dalla Aventis, produttrice anch'essa di colza transgenica (Weiss 1999). Elemento non irrilevante nella scelta del controllo contrattuale ed intimidatorio da parte della Monsanto, è la scadenza del brevetto sul principio attivo del diserbante *Roundup*, ovvero il glifosato, avvenuta nel settembre del 2000. Al controllo del seme è associato, con la clausola di utilizzo esclusivo del *Roundup*, un controllo sui profitti del diserbante. Al di là delle specifiche motivazioni, ci preme sottolineare che il controllo legale e poliziesco del flusso genico è destinato al fallimento, poiché presume un metodo di gestione dell'incertezza di tipo lineare per un fenomeno socio-ambientale altamente complesso.

---

[18] La *Pinkerton National Detective Agency* è una fra le più grandi agenzie investigative private americane.

[19] *Gene* nel testo originale: è interessante il *lapsus* tra "geni" e "semi", che indica un immaginario riduzionista nel quale i termini si equivalgono.

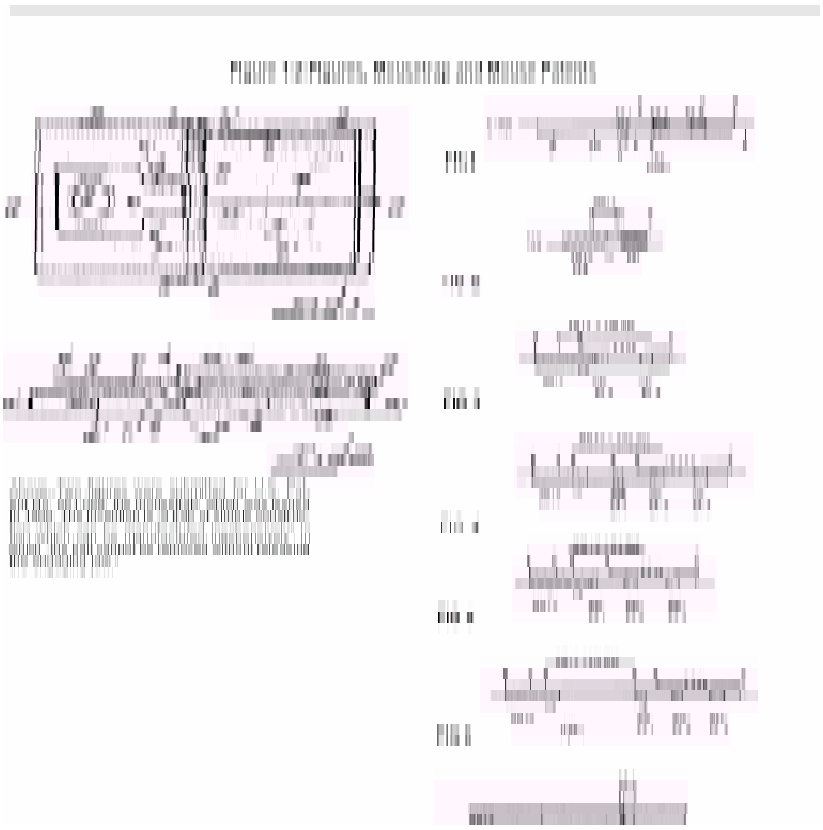
Una terza narrazione del controllo è articolata dalla Corte Suprema Canadese. Nella sua difesa, Schmeiser si appella come abbiamo visto al fatto che né i semi né le piante sono brevettabili, rifacendosi alla celebre sentenza risalente al 2002 con la quale la corte medesima sancisce la non brevettabilità degli organismi complessi, rifiutando la richiesta di brevetto dell'*Oncomouse* di Harvard, un topo geneticamente modificato per sviluppare una predisposizione al carcinoma mammario. Il caso del topo di Harvard fa scalpore perché il brevetto è già stato concesso sia negli Stati Uniti che in Europa, sulla base di un'estensione, al caso degli organismi complessi, della brevettabilità già accordata per la modificazione genetica di organismi semplici, risalente al caso del microrganismo unicellulare brevettato da Chakrabarty nel 1980 (*Diamond vs. Chakrabarty* 447 U.S. 303)[20]. La sentenza canadese

[20] Le vicende del brevetto *Oncomouse* meriterebbero una trattazione a sé, in quanto caso esemplare di traduzione normativa di un immaginario del controllo, articolato attraverso le narrazioni del riduzionismo, del meccanicismo e del determinismo della scienza moderna (si veda a tal proposito Tallacchini 2003). Particolarmente rilevante nel nostro contesto è l'immagine proposta all'ufficio brevetti americano in allegato alla richiesta di brevetto (OTA-1989, BA-370, U.S. Government Printing Office).

si basa sul principio secondo il quale un organismo complesso non è riducibile ad un codice di informazione genetica, né ad un composto chimico molto complicato, ma è qualitativamente distinto: il modello riduzionistico e meccanicistico di equivalenza sostanziale tra vivente e non vivente, alla base delle decisioni americana ed europea, non viene dunque applicato.

Nel caso Schmeiser, la Corte Suprema, a maggioranza, rifiuta la posizione dell'accusato, e nel contempo specifica che il caso *non* concerne la brevettabilità degli organismi complessi. L'argomentazione si fonda sull'accezione, a lungo discussa, del termine "utilizzo" associato al possesso di una tecnologia brevettata: il contadino è accusato di violazione del brevetto per aver utilizzato, ovvero conservato e ripiantato i

---



In essa, sul lato sinistro, è riprodotta la rappresentazione della trappola per topi a scatto allegata al brevetto relativo, risalente al 1900 (concepita in Inghilterra da Hiram Maxim, l'inventore della pistola che abbiamo incontrato nel capitolo terzo, ma brevettata negli Stati Uniti da John Mast of Lititz). Sul lato destro è raffigurato l'*Oncomouse*™, tradotto nei termini visivi della sequenza genica modificata. Si crea così una perfetta analogia visiva tra la meccanica della trappola, e la meccanica della modificazione genetica, nella quale l'organismo complesso è identificato con i propri geni.

semi transgenici, pur non avendone tratto vantaggio alcuno. La dialettica tra ricerca in campo aperto e ricerca in laboratorio è ancora una volta a fondamento della questione: Schmeiser ha utilizzato le piante ed i semi, e non direttamente, ovvero in laboratorio, le cellule dei semi di colza per isolare i geni e riprodurli. Chiave di volta dell'intero ragionamento è dunque l'analogia della relazione tra i semi e i geni, interpretata dalla corte come una relazione tra parte e tutto di tipo meccanico:

> …i geni brevettati sono presenti complessivamente nella pianta geneticamente modificata e le cellule brevettate compongono la sua intera struttura fisica. In tal senso, le cellule sono *in qualche modo analoghe* ai pezzi del Lego. Se una violazione del brevetto per utilizzo fosse sostenuta per la costruzione di un struttura con pezzi di Lego brevettati, non costituirebbe un impedimento alla violazione la scoperta che solo i pezzi sono brevettati e non l'intera struttura. Se mai, il fatto che la struttura di Lego non possa esistere indipendentemente dai pezzi brevettati rafforzerebbe l'asserzione, sottolineando l'importanza nell'invenzione brevettata, di tutto il prodotto, l'oggetto, o il processo (Monsanto Canada Inc. v. Schmeiser 2004, 1 S.C.R. 902, 2004 SCC 34, par. 42 pp.26-27, traduzione mia).

L'immaginario riduzionistico e meccanicistico del vivente come somma di parti non viventi, ricusato nel caso del topo geneticamente modificato, riemerge in modo quasi paradossale proprio nel momento stesso nel quale la Corte afferma di non voler ritornare sulla decisione del 2002. Non solo, ma il precedente legale al quale fa riferimento la sentenza per associare il possesso delle piante, rivendicato da parte di Schmeiser, con l'utilizzo illecito del gene brevettato, è una decisione del 1879, nell'apogeo dell'era della meccanica (*Adair v. Young* 1879, 12 Ch. D. 13 (C.A.), nella quale il possesso fu identificato con l'utilizzo, anche se soltanto potenziale. Nel caso in questione il capitano di una nave provvista di pompe brevettate per le quali non aveva pagato i diritti d'uso, fu accusato di violazione del brevetto, malgrado il fatto che non avesse mai utilizzato le pompe medesime, né avesse il potere di rimuoverle, perché la corte giudicò che il capitano avrebbe utilizzato le pompe "qualora ne fosse emersa la necessità" (Monsanto Canada Inc. v. Schmeiser 2004, 1 S.C.R. 902, 2004 SCC 34, p.31 traduzione mia).

Le pompe sulla nave sono l'espressione di un immaginario meccanico ancora antecedente persino all'estensione alla chimica del principio della brevettabilità, risalente ai primi anni del ventesimo secolo[21].

> Il nostro compito, tuttavia è di interpretare ed applicare il *Patent Act* nella sua forma attuale, in accordo con i suoi principi. Secondo l'attuale *Act*, un'invenzione nell'ambito dell'agricoltura merita la stessa protezione di un'invenzione nell'ambito della scienza meccanica (Monsanto Canada Inc. v. Schmeiser 2004, 1 S.C.R. 902, 2004 SCC 34, par. 94, p.45, traduzione mia).

Come nell'ambito della scienza meccanica, giunge ad affermare la corte,

> Potrebbe ben essere che i contadini imputati possano respingere la presunzione d'uso mostrando che non hanno mai avuto intenzione di coltivare le piante contenenti i geni e le cellule brevettate. Potrebbero forse provare che la presenza continuativa del gene brevettato sul loro terreno era accidentale e non desiderata. *La conoscenza della violazione del brevetto non è una mai componente necessaria della violazione* (Monsanto Canada Inc. v. Schmeiser 2004, 1 S.C.R. 902, 2004 SCC 34, par. 86, p.43, traduzione mia, corsivo mio).

La presenza accidentale e non desiderata in un terreno coltivato, ovvero la possibilità che le barriere naturali alla diffusione di pollini e semi siano valicate non per intervento umano, non esime gli imputati dalla responsabilità della violazione: si giunge così ad una vera e propria 'naturalizzazione' del brevetto biotecnologico.

Lo scopo primario della corte è quello di preservare ed applicare i principi di brevettabilità "per quello che sono", ovvero di tutelare le barriere normative alla proprietà intellettuale, concepite e sviluppate nell'era della manipolazione macroscopica e

[21] In un riferimento implicito, chissà se e quanto consapevole, la vicenda della nave richiama la storia del concetto stesso di brevettabilità, nato nella Serenissima Repubblica Marinara di Venezia del XV secolo.

meccanica, evolute nell'era della scienza di laboratorio sino ad includere la chimica, ma senz'altro poco adatte alla tecnoscienza ad alta potenza, sperimentata direttamente sui sistemi socio-ambientali del nostro (unico) pianeta.

CAPITOLO QUINTO

Urgenza

5.1 Dal campo aperto ai sistemi socio-ambientali: la terapia tecnoscientifica globale

Abbiamo sin qui delineato uno spazio tridimensionale di immaginari *standard*, connessi ad un tipo ricerca tecnoscientifica che raggiunge nuovi confini, crea nuove opportunità, promette benefici ed è in grado di controllare i rischi che genera. Come abbiamo visto, tali immaginari si ergono a difesa dell'ideale moderno di conoscenza scientifica attraverso una serie di strategie epistemiche e normative. Con lo *standard* dell'urgenza, introduciamo una dimensione temporale nel nostro spazio tridimensionale, e prendiamo in considerazione il ruolo della tecnoscienza di punta, immersa negli immaginari della meraviglia, della potenza e del controllo, per definire, gestire e risolvere i problemi socio-ambientali complessi e controversi che affliggono il pianeta su scala globale. L'immaginario dell'urgenza si fonda, in effetti, sulla necessità di utilizzare gli strumenti tecnoscientifici più avanzati, ad alta potenza, per ridurre il più possibile i tempi di risposta e soluzione alle necessità impellenti ed improrogabili di un pianeta "in crisi". Le virgolette appena utilizzate indicano e circoscrivono un elemento definitorio fondante dell'immaginario in questione: la 'crisi' o, in alcune versioni, la 'malattia' planetaria è assunta come assioma di partenza, come un principio acausale.

Nel settembre del 2005, esce in Italia un numero monografico de "Le Scienze", versione nostrana del celebre mensile americano di divulgazione scientifica *Scientific American*, sullo sviluppo sostenibile. L'immagine di copertina, riportata in figura 5.1 (da Le Scienze 2005, N. 447) mostra un pianeta in uno scenario ibrido tra la terapia intensiva e il restauro di alta precisione, grazie ad una squadra di capaci, anonimi e asettici tecnoscienziati in camice bianco.

5.1

La prospettiva spaziale esterna al pianeta richiama l'ideale di oggettività, la scala paradossalmente sfalsata, la potenza, la suddivisione in tasselli separabili e separati, il controllo meccanicistico e riduzionistico: lo scienziato non è parte in causa nelle umane vicende e si occupa del pianeta nel suo insieme smontandone i pezzi e ristrutturandoli. È il continente africano ad essere smantellato e in un dettaglio interessante (fig 5.2) si scorge il tassello del Golfo Persico, quantomai "in crisi", in fase di restauro.

5.2

In tale scenario, presente non soltanto nella letteratura divulgativa e specialistica scientifica, ma anche come vedremo, nei mezzi di comunicazione di massa, la tecnoscienza ad alta potenza è in grado non solo di gestire i rischi che genera, ma anche e soprattutto, di rimettere in salute il pianeta.

La complessità intrinseca dei problemi socio-ambientali da affrontare è gestita in base ad un principio di urgenza. Il modello moderno si fonda, come abbiamo visto, sul nesso tra il "vero" della scienza e il "giusto" della politica, dove il vero implica certezza e oggettività. Nell'immaginario del controllo, è emersa una strategia di difesa di tale relazione, fondata sul trasformare la mancanza intrinseca di conoscenza, insita nella complessità dei problemi da affrontare, in "certezza statistica", ovvero in un tipo di incertezza gestibile in modo analitico-quantitativo, attraverso le narrazioni del riduzionismo, del meccanicismo e del determinismo. Tale certezza statistica è, come abbiamo articolato nel primo capitolo, il fondamento del modello precauzionale.

Qui, la certezza moderna è recuperata ancora una volta nella definizione iniziale dei problemi, ovvero nel *framing* delle questioni socio-ambientali pressanti. L'immaginario dell'urgenza si articola in forma analitico-quantitativa attraverso l'utilizzo dei cosiddetti *fact sheet*, elenchi di dati rilevanti, i quali assolvono implicitamente il compito di descrivere in modo certo, oggettivo ed esaustivo, lo stato dei fatti sulla base dei quali decidere. La gravità e l'urgenza, le quali implicano una priorità etica e temporale - si tratta di decidere in fretta e con soluzioni forti - sono definite, espresse e tradotte in termini monocausali e sono epistemicamente blindate da qualunque considerazione o pubblico dibattito di tipo sistemico[22]. Si pensi, ad esempio, alle statistiche sulla mortalità infantile, associata ad una causa singola, tipicamente fame o malattia, su base annua, quotidiana o addirittura sulla scala dei minuti. All'inquadramento quantitativo monocausale dell'urgenza segue l'applicazione di soluzioni ad alta potenza, a loro volta uniche,

[22] Come abbiamo visto, la tecnologia dell'umiltà di Sheila Jasanoff, analizzata nel primo capitolo e definita come "vulnerabilità", affronta tale modalità di riduzione monocausale.

attraverso il cosiddetto *silver bullet approach*, nel quale la "pallottola d'argento" è tipicamente fornita da una tecnoscienza di punta[23].

In questo contesto, il dibattito sulla mancanza di conoscenza insita nell'implementazione di una soluzione tecnoscientifica ad alta potenza è una perdita di tempo, dunque eticamente scorretto. Gravità ed urgenza richiedono azione e non riflessione. Il modello precauzionale è in quest'ottica, come vedremo, interpretato come un lusso dei paesi occidentali, poco adatto se non dannoso quando applicato alle emergenze del Sud 'in via di sviluppo'.

Esamineremo alcune articolazioni dell'immaginario dell'urgenza attraverso due studi di caso, relativi rispettivamente al problema della denutrizione cronica su scala globale, la fame nel mondo, e a quello della pandemia malarica, entrambi inseriti nel programma delle Nazioni Unite sugli Obiettivi di Sviluppo del Millennio, sottoscritto da 191 stati nel settembre del 2000.

5.2 Biotecnologie e bioetiche: l'urgenza alimentare globale

Accanto all'immaginario e alle relative narrazioni del controllo esaminate nel capitolo precedente, le biotecnologie agricole sono caratterizzate da un immaginario di potenza, associato alla capacità di aumentare le rese, aumentare il potere nutritivo dei raccolti, diminuire gli sprechi, diminuire la necessità di pesticidi e l'utilizzo di energia fossile. I benefici della potenza, a loro volta, sono invocati per far fronte all'immaginario dell'urgenza alimentare nei paesi in via di sviluppo. La narrazione dell'emergenza agricola globale, con particolare enfasi ai paesi del Sud del mondo, nei quali la produzione agricola locale gioca ancora un ruolo fondamentale è introdotta attraverso un ben nutrito elenco di 'dati rilevanti'. Si legge nella sezione *fact sheet* sulla "responsabilità rispetto alla sostenibilità agricola" della multinazionale *biotech* Monsanto (http://www.monsanto.com/responsibility/sustainable-ag/factsheet.asp) :

---

[23] La metafora della pallottola d'argento ha il significato nella tradizione anglosassone dell'unica arma in grado di distruggere la potenza del male, sia esso incarnato dal lupo mannaro, dal vampiro o dalla strega malvagia.

> Si prevede che la popolazione mondiale aumenterà dai circa 6,6 miliardi di oggi a 9.3 miliardi nel 2050. (U.S. Bureau of the Census projections).
>
> Nella Giornata Mondiale dell'Acqua a Marzo del 2008, più di un miliardo di persone nel mondo non avevano accesso all'acqua potabile, e due miliardi avevano un minimo o nullo accesso alle strutture igieniche di base. (UN World Water Development Report).
>
> L'agricoltura globale utilizza il 70 percento dell'acqua potabile, e nel mondo in via di sviluppo, si raggiunge una percentuale prossima al 95 percento (UN Food & Agriculture Organization).
>
> Un ottavo della popolazione mondiale soffre di denutrizione cronica e la percentuale è maggiore di venti anni fa (UN Food & Agriculture Organization).
>
> Gli esperti oggi prevedono che il nostro pianeta dovrà raddoppiare la fornitura agricola entro in 2050 per nutrire la popolazione in crescita. Secondo alcune stime, ciò significa produrre più cibo nei prossimi 50 anni rispetto a quanto è mai stato prodotto negli ultimi 10.000 anni (UN Food & Agriculture Organization).

La crescita demografica, la carenza di cibo e di acqua e la necessità di aumentare drasticamente la resa agricola in tempi brevi sono le urgenze che complessivamente determinano la necessità di utilizzare una tecnologia agricola ad alta potenza, l'unica in grado di sostenere la sfida planetaria. L'inquadramento dell'urgenza alimentare è fondato dunque sulla determinazione di una soluzione unica, fornita dalla tecnoscienza di punta. La narrazione dell'emergenza alimentare prevede inoltre di soppesare gli eventuali e non provati rischi connessi all'utilizzo delle biotecnologie, rispetto non tanto e non solo ai benefici per i paesi del Nord 'sviluppato', quanto piuttosto rispetto alle urgenze dei paesi del Sud 'in via di sviluppo'.

Il dibattito sul controllo del flusso genico e sulla mancanza di piena conoscenza ad esso associata, analizzato nel capitolo precedente, viene così reinterpretato, nel contesto dell'immaginario *standard* dell'urgenza, come improprio, quando non irrilevante

(Guarnieri *et al*. 2008). È il caso ad esempio della possibile contaminazione genica in una delle riserve di biodiversità più estese del pianeta, nelle Ande centrali, dove è stata rilevata la presenza di flusso genico ed il rischio dunque di introgressione di una specie transgenica di patata resistente ai nematodi. In un articolo pubblicato su *Nature* nel 2004 (Celis *et al*. 2004), un gruppo di ricercatori rileva la contaminazione genica nell'area citata ed ammette di non poter escludere la possibilità di introgressione. Gli autori propongono quindi una variante transgenica sterile, in grado di non propagarsi, fintanto che non si siano sviluppate maggiori conoscenze sul fenomeno dell'introgressione. L'assunto, più volte ribadito nel corso dell'articolo specialistico, è la necessità di continuare ad implementare la ricerca biotecnologica più avanzata in paesi afflitti da urgenze alimentari, soppesando gli eventuali rischi per la biodiversità, derivanti dall'introgressione di specie transgeniche, con i ben più gravi ed effettivi problemi di povertà e denutrizione dei paesi in considerazione. Laddove la Monsanto si appella alle Nazioni Unite per legittimare lo "stato dei fatti", il gruppo di ricercatori britannici invoca invece l'autorità del *Nuffield Council on Biotethics*, comitato bioetico inglese, riferimento in Europa.

Si legge nell'*incipit* dell'articolo:

> Il *Nuffield Council on Bioethics* suggerisce che l'introgressione di materiale genetico in specie imparentate nei centri di biodiversità agricola è una giustificazione insufficiente per bandire l'utilizzo di agricoltura geneticamente modificata nel mondo in via di sviluppo. Si considera che una rinuncia ai possibili benefici in nome di un approccio precauzionale implichi il ragionamento errato che *non fare nulla* sia in sé privo di rischi per i poveri (Celis *et al*. 2004, p.222, traduzione mia, corsivo mio).

L'immaginario e la narrazione dell'urgenza si articolano qui in modo evidente.

Nei paesi del Nord 'sviluppato', la crisi dell'ideale di certezza ed esaustività del modello moderno, insita ed esplicita nella mancanza di piena conoscenza associata al fenomeno complesso del flusso genico, è gestita, come abbiamo visto, attraverso la messa in opera di un immaginario del controllo di tipo epistemico, normativo e giudiziario. Nei casi che coinvolgono i paesi del Sud 'in via di sviluppo', al controllo analitico-quantitativo si sostituisce immaginario dell'urgenza, basato sull'ingresso della dimensione normativa, capace di fornire certezze etiche in grado di colmare le incertezze epistemiche.

Infine, l'approccio della soluzione unica ad alta potenza, insito nell'immaginario dell'urgenza, è qui esplicitato nell'associare la mancata implementazione della biotecnologia agricola con il *non fare nulla*, escludendo così implicitamente le molteplici soluzioni possibili, a bassa potenza, basate su conoscenze e su una gestione agricola locali.

In effetti, il testo del 2004 del *Nuffield Council of Bioethics* al quale gli autori fanno riferimento recita:

> È più facile rinunciare ai possibili benefici per presunti danni, se lo *status quo* è già di gran lunga soddisfacente. Per i paesi sviluppati, i benefici offerti dalle colture GM possono essere stati in effetti finora relativamente modesti. Tuttavia, nei paesi in via di sviluppo, il grado di povertà e, spesso, lo stato di salute e di sostenibilità agricola insoddisfacente sono la norma. In tal caso la fattibilità di *vie alternative per migliorare in tali paesi la situazione* deve fungere da fattore di paragone (Nuffield Council of Biotethics, 2004 p. 58, § 4.38, traduzione mia).

I principi del controllo normativo ed il relativo dibattito sui rischi in corso nei paesi sviluppati non possono essere estesi ai paesi in via di sviluppo, in stato di emergenza alimentare. L'incertezza epistemica della tecnoscienza ad alta potenza va pesata sulla certezza etica dell'urgenza. Pochi paragrafi dopo si ritrova la citazione degli scienziati britannici:

> Sostenere l'interpretazione più restrittiva del principio di precauzione evoca il ragionamento erroneo basato sull'idea che *l'opzione del non far nulla sia in sé stessa priva di rischi*. Eppure, come abbiamo affermato nel precedente rapporto del 1999, la sicurezza alimentare e le condizioni ambientali *stanno di fatto peggiorando in molti paesi in via di sviluppo* (*Nuffield Council on Bioetchis* 2004, p. 58, § 4.40, traduzione mia, corsivo mio).

Qui l'immaginario dell'urgenza è articolato attraverso l'esplicitazione dello stato di 'malattia' del pianeta, o meglio, di una parte di esso. In assenza di soluzioni ad alta potenza, ovvero in assenza di cure da parte del Nord sviluppato, la malattia, implicitamente contratta per cause ignote da un'estesa zona del pianeta, non può che peggiorare, per una

sorta di legge entropica inarrestabile. L'immagine de *Le Scienze* in figura 5.1 pare adattarsi non solo al continente africano, ma anche a quello sud americano delle Ande centrali.

Un'ulteriore articolazione del principio di urgenza nel contesto delle biotecnologie è quella proposta dalla scienziata Suman Sahai, a capo dell'organizzazione non governativa per la tutela delle comunità agricole locali indiane *Gene Campain*. In un articolo del 1997, pubblicato sulla rivista *Biotechnology and development monitor*, all'epoca dei primi dibattiti bioetici sulla manipolazione del vivente, Sahai articola l'immaginario dell'urgenza in relazione non tanto alla questione del controllo del rischio, ovvero in difesa di un'incertezza epistemica, quanto in funzione di un'opposizione tra due universi etico normativi: da un lato, la polarità tra il materialismo scientifico occidentale e la relativa opposizione delle religioni monoteiste, culturalmente connotata, dunque non esportabile dall'Occidente al politeismo indù del suo paese, d'altro lato, l'etica della povertà e della fame, ovvero, nel nostro contesto, l'immaginario dell'urgenza.

> Il paesi in via di sviluppo non dovrebbero soltanto seguire i dilemmi morali del Nord, ma bilanciare l'etica della biotecnologia con l'etica della povertà.
>
> I paesi in via di sviluppo dovrebbero raccogliere i frutti della potenza della scienza e della tecnologia per migliorare le condizioni di vita delle persone. Fintanto che c'è sofferenza acuta, fame e morte per inedia, alleviare questo dovrebbe essere la nostra spinta etica principale (Sahai 1997, p.24, traduzione mia).

Si delinea così una bioetica di lusso, nel contesto della quale si può disquisire liberamente sui principi morali che sottendono la sacralità della vita, e una bioetica dell'emergenza, nella quale il principio fondante è la sopravvivenza. Resta implicito un modello di ricerca ed implementazione scientifica ancora una volta neutrale, separabile e separato dalla sfera dei valori, dunque di matrice moderna, e un immaginario monocausale, nel quale l'unica cura per una malattia degenerativa grave di alcune aree del pianeta è la tecnoscienza ad alta potenza. Nel passaggio dal laboratorio al campo aperto, la retorica salvifica della scienza moderna, sostenuta e preservata attraverso gli immaginari della meraviglia, della potenza e del controllo nel contesto ormai saturo di benefici dell'Occidente, è dunque esportata ai problemi socio-ambientali complessi e controversi

che caratterizzano il Sud del mondo, dove può essere riciclata *ex novo*, sulla base di un ben preciso immaginario dell'urgenza.

5.3 Urgenza sanitaria: la malaria, il DDT e silver bullet approach

Un altro esempio di narrazione dell'urgenza, articolata in funzione dell'immaginario che abbiamo sin qui delineato, è relativa alla pandemia malarica in corso nei paesi del Sud del mondo, per lo più in Africa e in India. Le statistiche dell'OMS riportano anche in questo caso una *facts sheet* ufficiale, secondo la quale, con almeno 250 milioni di casi accertati e almeno un milione di vittime l'anno, il 90 per cento delle quali sotto i cinque anni, per lo più concentrati nell'Africa sub sahariana e in India, la malaria assume l'aspetto di una delle malattie più diffuse e più virulente sul pianeta (WHO 2008). La trasmissione più comune avviene attraverso il morso di zanzare *Anophele* femmina, le quali inoculano il protozoo responsabile, un parassita in grado di insediarsi nelle cellule epatiche, per poi moltiplicarsi e diffondersi nei globuli rossi. Il plasmodio più letale e drammaticamente diffuso nel continente africano subtropicale è il *Plasmodium falciparum*.

Dopo fasi alterne, con un picco durante la Seconda Guerra Mondiale, ed un relativo successo nel ridurne la diffusione negli anni cinquanta e sessanta, la malattia ha subito negli ultimi decenni una recrudescenza grave, sia per estensione, sia per tasso di mortalità da infezione. La malaria è un tipico esempio di emergenza sistemica, ovvero determinata da una serie complessa di fattori socio-ambientali, tra loro interagenti su scala locale e globale. Connessa naturalmente al proliferare delle zanzare anofele, è endemica nei climi tropicali, ed è favorita dal ristagno dell'acqua. La crescita del mercato internazionale, con conseguente aumento di agricoltura e allevamento intensivi, e dunque un aumento del trasporto di acqua, le guerre endemiche locali e globali, con il conseguente insediamento di campi profughi, e più in generale l'impoverimento ed il peggioramento delle condizioni igienico sanitarie e dell'accesso a strutture di cura, precarie o assenti, hanno generato, a partire dagli anni novanta un significativo aggravamento della malattia nelle zone tropicali più provate dal punto di vista socio-economico.

Nel settembre del 2006, l'Organizzazione Mondiale della Sanità, in un comunicato ufficiale, ripropone l'utilizzo del DDT sulla pareti domestiche interne, il cosiddetto *Indoor Residual Spraying* (IRS), come strumento di controllo del vettore della malaria - la zanzara

- nei paesi più colpiti dalla malattia, in particolare l'Africa subtropicale (WHO 2006). Si riapre così una lunga controversia su uno dei composti chimici più potenti del secolo, che vede da un lato le preoccupazioni per gli effetti ecosistemici nocivi a lungo termine dell'inquinante, e dall'altro l'immediato sollievo insito nell'utilizzo dell'insetticida nel fiaccare la malaria, eliminando il vettore.

Esempio chiave di narrazione non solo di urgenza, ma anche di potenza e di controllo, la storia del DDT ha inizio durante la Seconda Guerra Mondiale, quando il chimico svizzero Paul Muller, Premio Nobel nel 1948, proprio per l'invenzione del pesticida, scopre le straordinarie proprietà insetticide di un composto di sintesi relativamente facile ed economico da realizzare, il dicloro-difenil-tricloroetano, poi battezzato per evidente comodità come DDT. L'alta potenza ed il basso costo ne fanno in breve tempo l'insetticida più utilizzato negli Stati Uniti e in Europa: per proteggere le truppe americane dislocate in zone malariche durante la guerra, per uso agricolo subito dopo. In entrambi i contesti, il prodotto di sintesi funziona meravigliosamente e l'OMS ne approva ed incoraggia la diffusione nella più grande campagna antimalarica del secolo, negli anni cinquanta. I risultati si vedono, malgrado alcune difficoltà non indifferenti, prima fra tutte, lo sviluppo, in pochi anni, di specie di zanzare resistenti al prodotto[24].

Il secondo capitolo della narrazione sul DDT ha inizio nel luglio del 1962, quando il settimanale americano *The New Yorker* pubblica ad episodi il testo di una biologa americana, Rachel Carson, sugli effetti ecosistemici devastanti dei pesticidi, con particolare enfasi sul DDT, vera e propria *star* del momento. Durante e poco dopo il termine della serie settimanale, con la pubblicazione ampliata in un volume dal titolo di *Silent spring*, ovvero "Primavera silenziosa", le parole di Carson suscitano un dibattito nazionale sempre più acceso. Con uno stile asciutto, ma energicamente suggestivo e ricco di metafore, l'Autrice è in grado di creare in pochi anni un immaginario dell'emergenza

[24] Il fenomeno della resistenza è uno degli ostacoli maggiori sia al controllo del vettore sia al controllo del plasmodio. Si fonda sull'estrema velocità di adattamento selettivo degli insetti ai pesticidi utilizzati e dei parassiti alle terapie antibiotiche. In poche generazioni le mutazioni genetiche resistenti agli attacchi esterni prevalgono e sostituiscono le precedenti. La modalità più comune di attenuare il fenomeno è la combinazione e l'alternanza di diversi prodotti e componenti: la cosiddetta "gestione integrata del vettore" o *integrated vector management* (IVR) nel primo caso, e le cosiddette "terapie combinate" o *combination therapies* nel secondo.

silenziosa, a fondamento del movimento ambientalista americano. Nel primo capitolo, in forma di fiaba, si descrive l'idillio di una cittadina di campagna americana, nella quale improvvisamente uno "strano flagello" si diffonde.

> Un misterioso maleficio si è insediato nella comunità. […] I pochi uccelli che si potevano ancora incontrare erano moribondi; in preda a violenti tremori non potevano più volare. Era una primavera senza voci (Carson 1962, p.2, traduzione mia).

I dati scientifici non mancano[25], ma è lo stile evocativo e quantomai drammatico del *best seller*, e il conseguente proliferare di aneddoti ed episodi locali, i quali emergono come bolle nei mezzi di comunicazione di massa, a portare il governo americano, nel 1972, a bandire l'utilizzo agricolo del DDT (O' Saughnessy 2008)[26].

Tra i più celebri è l'episodio noto come *Operation cat drop*, recuperato sul finire degli anni sessanta ma avvenuto nel fulgore della campagna antimalarica dell'OMS, all'inizio degli anni cinquanta. Descritta in varia letteratura, compresa quella di grande diffusione, con alcuni articoli comparsi sul *New York Times* (White 1955, The Associated Press 1969), la vicenda esprime in forma di fiaba la miopia paradossale dell'OMS nella gestione della malaria con il DDT. Una versione ripubblicata nel 2000 recita:

> PARACADUTATI GATTI IN BORNEO! UN AMMONIMENTO.
> All'inizio degli anni '50, la popolazione dei Dayak in Borneo fu colpita da un attacco di malaria. L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) trovò una soluzione: spruzzare una grande quantità di DDT per uccidere le

[25] Letale per il sistema nervoso degli insetti, il composto organico è in grado di depositarsi negli organismi complessi attraverso la catena alimentare, di accumularsi in quantità attraverso un fenomeno noto come 'bio-amplificazione', e di rimanervi per lungo tempo, interferendo con il sistema endocrino e riproduttivo e favorendo alcuni tipi di cancro. Nella Convenzione di Stoccolma, ratificata nel 2001 da 149 paesi ed entrata in vigore nel 2004, il DDT è stato inserito nella lista dei dodici inquinanti organici persistenti (*Persistant Organic Pollutants* POP) da eliminare. L'utilizzo del pesticida resta confinato al controllo vettoriale antimalarico, fintanto che non si sviluppino metodi di controllo integrato adeguati.

[26] Fra gli anni settanta e gli anni ottanta il bando si estende a tutti i paesi europei: iniziano Norvegia e Svezia nel 1970 e termina il Regno Unito nel 1984. In Italia è introdotto nel 1972.

> zanzare che portavano la malaria. Le zanzare morirono; la malaria declinò; fin qui tutto bene. Ma ci furono degli effetti collaterali imprevisti. Fra questi, iniziarono a cadere i tetti delle case in testa agli abitanti. Sembra che il DDT avesse anche ucciso la vespa infestante che sino a quel momento aveva tenuto a bada i bruchi mangia-paglia. Peggio ancora, il DDT aveva avvelenato gli insetti di cui si nutrivano i gechi, dei quali a loro volta si nutrivano i gatti. I gatti inziarono a morire, i ratti a prosperare e la popolazione fu minacciata dal tifo e dalla peste. Per far fronte a tali problemi, che peraltro aveva creato da sé, l'OMS fu costretta a paracadutare 14 000 gatti vivi nel Borneo. L'Operazione Lancio del Gatto, ora quasi dimenticata dall'OMS, è un'illustrazione pittoresca dell'interconnessione della vita e del fatto che la radice dei problemi spesso è insita nelle soluzioni proposte (citato in Wynberg e Jardine 2000, traduzione mia).

Si crea così una polarizzazione dell'opinione pubblica: rispetto all'operato dell'OMS da un lato, e rispetto al nascente movimento ambientalista dall'altro, ritenuto responsabile, sin dalle origini del bando, del proliferare della malaria nei paesi in via di sviluppo. Più in generale, la diffusione ad ampio spettro di diversi immaginari sui pesticidi si inserisce nella più ampia cornice, descritta nel primo capitolo, della crisi in atto del modello moderno di ricerca scientifica, il quale mal si adatta ad una tecnoscienza ad alta potenza, quale il DDT, implementata direttamente sui sistemi socio-ambientali su scala locale e globale.

Torniamo ora al comunicato del 2006. In un articolo pubblicato sul *New York Times* pochi giorni dopo la decisione dell'OMS, si legge:

> Il DDT è stato stigmatizzato in modo particolare sin dalla pubblicazione di "Primavera Silenziosa" di Rachel Carson, che ha favorito la nascita del movimento ambientalista in America, documentando il modo in cui il DDT entra nella catena alimentare, causando il cancro e danni genetici e minacciando di sterminare alcune specie di uccelli, incluse le aquile dalla testa bianca (Dugger 2006, traduzione mia).

L'immaginario dell'emergenza ambientale evocato sapientemente da Rachel Carson, pur confermato da molteplici studi scientifici, diventa qui uno "stigma", proprio in virtù della sua potenza retorica. Elemento fortemente evocativo della narrazione dell'autrice, è

l'effetto nefasto dell'insetticida sulla specie cosiddetta *bald eagle*, letteralmente "aquila calva", nota come aquila dalla testa bianca, simbolo degli Stati Uniti d'America. L'inquinante altera il sistema endocrino e ormonale delle femmine di aquila e le quali si trovano così a produrre uova troppo fragili per reggere il peso della cova, pregiudicando così la sopravvivenza della specie.

Poche righe dopo lo stigma diventa un falso scientifico nelle parole di un senatore repubblicano dell'Oklaoma, opportunamente accreditato dalla giornalista del titolo di *medical doctor*, citato dall'agenzia di stampa dell'OMS medesima.

> L'agenzia di stampa dell'OMS ha citato il Senatore Tom Coburn, Repubblicano dell'Oklaoma. "Finalmente, con la sicura *leadership* dell'OMS sulla questione, possiamo mettere da parte la scienza spazzatura e i miti che hanno fornito sostegno e conforto al vero nemico – le zanzare.", ha detto il senatore, che è medico (Dugger 2006, traduzione mia).

Si articola così l'immaginario dell'urgenza, il quale prevede l'inquadramento di un problema socio-ambientale complesso e controverso, la malaria, attraverso un approccio monocausale, ovvero l'identificazione di un nemico: la zanzara. Il *framing* monocausale implica una soluzione unica ad alta potenza, la cosiddetta "pallottola d'argento": il DDT. Infine, l'urgenza della questione necessita una "*leadership* sicura", in grado di chiudere ogni forma di dibattito sull'incertezza degli effetti sistemici e a lungo termine, e di legittimare così la chiusura autoritaria, ancora una volta, di un lusso democratico dei paesi sviluppati: il confronto aperto ed esteso sul piano della complessità epistemica e normativa.

CONCLUSIONI

Dico sempre ai miei studenti, pensate, create come se ci fosse tutto il tempo del mondo (Silvio Funtowicz 2009).

Nella ricerca svolta, abbiamo definito, strutturato ed analizzato uno spazio quadridimensionale di immaginari s*tandard*, attraverso i quali si preserva, dal punto di vista epistemico e normativo, il modello moderno di scienza mertoniana, funzionale se applicato alla scienza di laboratorio a bassa potenza, ma decisamente inadeguato nel caso della ricerca e dell'implementazione tecnoscientifica contemporanea, ad alta potenza, dunque intrinsecamente complessa e post-normale.

Lo spazio è definito da quattro assi di riferimento: meraviglia, potenza, controllo ed urgenza. In una possibile analogia con lo spazio quadridimensionale della fisica relativistica, i primi tre assi sono associati alle dimensioni spaziali: rappresentano le coordinate fondamentali dell'immaginario moderno e sono in corrispondenza e a difesa dei tre pilastri sui quali esso è fondato: l'oggettività, la certezza e l'esaustività. Il quarto asse, l'urgenza, introduce una dimensione temporale, la quale va, retrospettivamente, ad influenzare le prime tre.

Vediamo ora di entrare nel dettaglio di tale analogia.

Nell'immaginario della meraviglia, si tratta di esplorare sempre nuovi territori, dalla scala macroscopica dell'esplorazione spaziale a quella microscopica della biologia cellulare e della scienza dei materiali, e di mostrare la meraviglia intrinseca della natura ad un pubblico esteso. Attraverso ciò che abbiamo definito come "marketing epistemico" si propone un tipo di ricerca tecnoscientifica neutrale e certa, esterna alle umane vicende. Elaborata nello spazio profondo e alieno del sistema solare o in quello remoto e microscopico di un controllato laboratorio, la ricerca produce dunque un tipo di conoscenza utile e benefica alla specie umana.

Dall'esplicitazione di un valore positivo intrinseco, connesso ad un ideale di curiosità pura, la meraviglia, si passa, nell'immaginario della potenza, alla capacità non solo di esplorare e mostrare nuove frontiere spaziali, ma anche, contemporaneamente, di spostare

indefinitamente i confini del dominio umano sui fenomeni naturali. Non si tratta solo di conoscere, ma anche di agire, per produrre sempre nuovi benefici. La nanotecnologia è un esempio di tecnoscienza che non solo si sviluppa, ma è, sin dal principio, definita, in funzione di un immaginario e di una narrazione di potenza. Dalla rappresentazione visiva come strumento di marketing epistemico si passa qui ad un utilizzo del linguaggio visivo e performativo come strumento dimostrativo. In tale scenario, la certezza e l'oggettività sono letteralmente 'messe in scena' nell'arena epistemica del laboratorio ed in quella normativa della richiesta o conferma di un finanziamento.

Nella definizione del terzo asse di riferimento spaziale, il controllo, la tecnoscienza esce ufficialmente dal laboratorio e si misura con i sistemi socio-ambientali del pianeta. La complessità e la dimensione dell'ignoto, insite nel passaggio all'implementazione in campo aperto, sono ridotte in forma quantitativa, lineare e ricorsiva attraverso il concetto di barriera. Il *framing* biotecnologico permette di estendere alla sperimentazione *in vivo* la triade epistemica fondante della scienza *in vitro*: il riduzionismo, il meccanicismo e il determinismo. Nell'approccio del *trial-and-error*, tipico della procedura sperimentale di laboratorio, fondata sulla ripetitibilità, la gestione degli eventi imprevisti e fuori norma avviene *a posteriori* e prevede la progressiva messa in opera, caso per caso, di barriere sempre più efficienti a contenere l'ignoto. Il dominio epistemico della narrazione biotecnologica permette a sua volta, in un tipico esempio di co-produzione, la costruzione di barriere normative e giuridiche, destinate a contenere i rischi e i costi e a massimizzare i benefici [27]. Dagli spazi figurativi e performativi della meraviglia e della potenza, si passa dunque qui ad uno spazio plastico e parcellizzabile a piacere, nel quale ogni tassello, ovvero ogni caso specifico, è analizzabile separatamente ed è individualmente controllabile dal punto di vista insieme epistemico e normativo.

Il quarto asse di riferimento corrisponde, come abbiamo accennato, all'introduzione di una dimensione temporale. L'assunto a fondamento di tale immaginario è una rappresentazione ancora una volta certa, oggettiva ed esaustiva di un insieme di dati di fatto, i quali complessivamente delineano uno stato degenerativo grave del pianeta, in particolare di quell'insieme di paesi definiti come 'in via di sviluppo', dove sviluppo è inteso come terapia, soggetti alle patologie più gravi. L'inquadramento, o *framing*, delle

[27] Naturalmente, la definizione stessa dei rischi, dei costi e dei benefici è a sua volta co-prodotta all'interno del medesimo immaginario.

emergenze in atto si basa su un approccio monocausale e prevede la messa in opera di soluzioni tecnoscientifiche uniche, necessariamente ad alta potenza. In questo caso, la mancanza di piena conoscenza insita nell'implementazione diretta ed irreversibile di una tecnoscienza di punta, sia essa la biotecnologia o il DDT, diventa secondaria, perché soppesata in relazione all'entità ed all'urgenza dei problemi da affrontare. La dimensione assiologica è dunque, in questo caso, invocata come strumento per imporre in modo retrospettivo, chiudendo ogni dibattito politico e scientifico, gli ideali di certezza ed oggettività epistemica in crisi. Analogamente a quanto accade nel modello precauzionale, fondato, come abbiamo visto, sull'euristica della paura, nell'immaginario dell'urgenza la dimensione temporale è invocata per gestire l'ignoto. Laddove la precauzione implica l'attesa - di una maggiore conoscenza, di una migliore capacità di calcolo - l'urgenza necessita un'azione immediata. In entrambi i casi, la gestione dell'ignoranza è fondata su assunti psicologici e non cognitivi e la complessità intrinseca è ridotta nella forma quantitativa del rischio e dell'analisi costi-benefici. La distinzione, operata all'interno dell'immaginario dell'urgenza, tra di un'etica precauzionale, intesa come lusso epistemico e normativo dei soli paesi del Nord del mondo, ed un'etica della sopravvivenza, da applicare ai paesi del Sud, è costruita sulla base di tali assunti comuni.

L'asse temporale dell'urgenza è, come abbiamo accennato, strettamente intrecciato alle dimensioni spaziali della meraviglia, della potenza e del controllo. In effetti, l'utopia di una soluzione tecnoscientifica unica ed immediata si fonda necessariamente sulla creazione, diffusione e fruizione estesa di un immaginario moderno ben funzionante. Nel contempo, l'urgenza è invocata per risolvere le situazioni complesse e controverse nelle quali necessariamente il modello moderno è in crisi.

La metodologia utilizzata per definire, delineare e strutturare lo spazio degli immaginari *standard* si è fondata sull'identificazione di una serie di studi di caso, in corrispondenza dei singoli assi di riferimento. La complessità dell'interazione tra tecnoscienza, società e ambiente, è tale che, in effetti, gli esempi forniti potrebbero essere articolati in funzione non soltanto dell'immaginario che contribuiscono a definire, ma anche di ciascuno degli altri. I casi presi in considerazione costituiscono dunque una costellazione di punti nello spazio complessivo, proiettabili e quindi declinabili, in funzione di ciascun asse di riferimento. Così, ad esempio, come abbiamo solo in parte accennato, le biotecnologie sono di fatto immerse in un immaginario di potenza –

econonomico-produttiva, nutrizionale ed ecologica- e le nanotecnologie sono oggetto di ben specifici immaginari del controllo e della meraviglia - si pensi ad esempio alla galleria fotografica di Lucia Covi, epigona di Felice Frankel presentata al Festival della Scienza di Genova nel 2006 (Benessia 2008 (b)). Nel contempo, raggiunto l'apogeo della potenza nella seconda metà del ventesimo secolo, l'esplorazione spaziale e la chimica di sintesi sono oggi sostenute rispettivamente attraverso gli immaginari della meraviglia da un lato, e dell'urgenza e del controllo dall'altro.

Dal lavoro complessivo di definizione ed esplicitazione del contenuto normativo implicito negli immaginari *standard* della ricerca tecnoscientifica contemporanea, emerge uno scenario nel quale è dunque ancora il modello moderno nel suo complesso, e la grande narrazione ad esso correlata, ad informare e determinare i processi cognitivi e normativi, pubblici ed istituzionali.

Tuttavia, come abbiamo più volte riscontrato, l'alta potenza tecnoscientifica si esplica nell'implementazione diretta ed irreversibile sui sistemi socio-ambientali del pianeta, su scala locale e globale. Questa condizione, unica nella storia dell'umanità, determina una transizione ad un livello di complessità emergente, intrinseca ed ineliminabile. Tale complessità implica, a sua volta, la necessità, primariamente epistemica, oltre che politica e normativa, di modificare radicalmente il ruolo della conoscenza scientifica e della conoscenza esperta più in generale, estendendo la partecipazione nei processi decisionali in materia di scienza e tecnologia alle conoscenze ed alle consapevolezze individuali, provenienti dalla società civile. Ciò significa, come abbiamo visto, operare una transizione verso un modello di interazione tra scienza e politica "a partecipazione estesa", delineato da Funtowicz e Ravetz e ripreso da Jasanoff nelle sue "tecnologie dell'umiltà" (Funtowicz e Ravetz 1993, Jasanoff 2003). In tale contesto, il processo di analisi proposto in questa ricerca si configura dunque come uno strumento di *empowerment* e di democratizzazione, non solo della conoscenza, ma anche e soprattutto dell'immaginazione e della creatività collettiva. Il passo successivo alla decostruzione degli immaginari impliciti della modernità qui proposta, è l'elaborazione di nuove modalità di intendere e creare degli immaginari *partecipativi*, ovvero in grado di favorire l'espressione cognitiva ed assiologia di tutte le parti in causa nei processi decisionali.

Questo lavoro è oggetto di una ricerca in corso, della quale, per concludere, accenniamo i lineamenti generali. Non si tratta, naturalmente, di rimpiazzare gli *standard* moderni individuati ed esplicitati con nuovi *standard* precauzionali o post-normali, ma, di aprire la scatola chiusa, insieme epistemica e normativa, della creazione e condivisione di immaginari collettivi. Un buon punto di partenza sembra essere il recupero della dimensione del presente, del tutto estromessa nell'immaginario moderno e nelle sue articolazioni. La retorica implicita nei concetti di urgenza e di precauzione, così come nella nozione di "sostenibilità", oggi quantomai inserita nell'immaginario collettivo dominante, si fonda, in effetti, sul conferire una priorità ancora una volta contemporaneamente epistemica e normativa alla dimensione del futuro, sempre più incombente, da dirigere e controllare, sia esso salvifico o infausto. Valorizzare il presente implica dunque, in questo contesto, passare dall'esercizio cognitivo tecnoscientifico e politico, tipicamente moderno, della prevenzione dei "*bads"* e della costruzione dei "*goods*", ad un tipo di conoscenza radicato nel e al servizio del presente. Ciò significa spostare l'accento dalla previsione all'esperienza.

Dalla fruizione rapida, passiva e decontestualizzata di immagini e immaginari tecnoscientifici "esperti", utilizzati come strumenti di prova, standardizzati ed estetizzati attraverso ciò che abbiamo definito come *marketing* epistemico, ci si mette nella condizione di creare e condividere immagini ed immaginari specifici ed individuali come strumenti proiettivi di dialogo[28]. Si tratta, dunque, di recuperare il valore cognitivo di un'esperienza non estetizzata ma *estetica*, nel senso etimologico originario, laddove *aisthesis* è intesa come 'sensazione' e 'sentimento', ovvero di un'esperienza essenzialmente intuitiva, non razionale, connessa con la dimensione del 'sacro' nell'accezione di Gregory Bateson (Bateson 1979)[29]. Si auspica, infine, di valorizzare l'unicità creativa ed espressiva intrinseca in ogni soggetto coinvolto: ciò che Jasanoff definisce come il potenziale democratico della società civile (Jasanoff 2008) e ciò che l'artista Moni Ovadia articola in forma poetica come *fango* espressivo (Ferri 2008), la

[28] È il caso di alcune esperienze di fotografia partecipativa (Clover 2006), mutuate dall'antropologia visiva del fotografo e artista John Collier Jr. (Collier 1967), ma ad oggi confinate nell'ambito ricerca artistica da un lato e della sociologia dall'altro.

[29] Scrive Bateson, nel metalogo finale di Mente e Natura: " Essere consci della natura del bello e del sacro è la follia del riduzionismo" (Bateson 1979).

traccia indelebile - e aggiungiamo qui, non solo preziosa ma indispensabile - della verità storica ed esistenziale di ogni singolo essere umano.

BIBLIOGRAFIA

Aujoulat N. 2005. *Lascaux: movement, space and time*. New York: Harry N. Abrams Inc.

Baird D., Shew, A. 2004. *Probing the History of Scanning Tunneling Microscopy*, in Baird D., Schummer, J., & Nordmann, A. (eds.), *Discovering the Nanoscale*. pp. 145-156. Amsterdam: IOS Press.

BardeenJ., Brattain W. e Shockley W. 1956. Nobel Lectures. In "Nobel Lectures: Physics 1942-1962". Amsterdam: Elsevier Publishing Company.

Bateson G. 1979. *Mind and nature: a necessary unity*. New York: E.P. Duttton.

Beck U. 1992. *Risk society: towards a new modernity*. London: Sage.

Benessia A. 2009 (a). *From certainty to complexity: science and technology in a democratic society*, in "Science Society and Sustainability: Education and Empowerment for an Uncertain World", (Eds) Gray D., Colucci-Gray L., Camino E., New York: Routledge.

Benessia A. 2009 (b). *Visual language in science: from experimental evidence to open dialogue*, in "Science Society and Sustainability: Education and Empowerment for an Uncertain World", Gray D., Colucci-Gray L., Camino E. (Eds), New York: Routledge.

Benessia A. 2008 (a). *L'immaginario della precauzione: il linguaggio visivo dalla certezza alla complessità*, in "Principio di Precauzione tra filosofia, biodiritto e biopolitica", Roma: Edizioni Studium.

Benessia A. 2008 (b). *Gli spazi dell'immaginario: linguaggio visivo e coinvolgimento pubblico*, Atti del convegno "Il potere delle immagini: tecnologia, spazi urbani e luoghi

politici", Università degli studi di Catania, Centro Studi di Teoria e Critica della Regolazione Sociale (TCRS - http://www.lex.unict.it/tcrs/).

Benessia A., Salio G. 2008. *Dalla scienza della certezza alle scienze della complessità*, in "Il dialogo tra le culture: diversità e conflitti come risorse di pace", Roma: Donzelli.

Benessia A., Angelotti M., Guarnieri V. 2008. *Scienza e conoscenza per un futuro sostenibile*. Atti del Workshop IRIS 2007, http://www.iris-sostenibilita.net/iris/temi04-seminari04report-wsirisnov2007.asp

Berlan J.P (Ed.) 2001. *La guerre au vivant: organismes génétiquement modifiés et autres mystifications scientifiques*. Marseille: Édition Agone.

Berger J. 1972. *Ways of seeing*. London: Peguin Books.

Binnig G. 1986. *Nobel Lecture*, http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1986/binnig-lecture.html

Binnig G., Rohrer H., Gerber Ch. e Weibel E. 1982. *Surface Studies by Scanning Tunneling Microscopy*. Physical Review Letters 49, 1, pp. 57-60.

Borges J.L. 1946. *Del rigor en la ciencia*, Los Anales de Buenos Aires, 1, 3, p. 53.

Borges J. L. 1949. *El Aleph*. Buenos Aires: Editorial Losada, Colección Prosistas de España y America.

Browne M. W. 1990. *2 Researchers Spell 'I.B.M.' Atom by Atom*, The New York Times, April 5.

Campbell P. 2002. *Editorial note*. Nature 416, p.601.

Capra F. 2007. *The science of Leonardo: inside the mind of the great genius of the renaissance*. New York: Doubleday, a division Random House.

Carson R. 1962. *Silent spring*. Boston: Houghton Mifflin.

Cartwright N. 1999. *The dappled world: a study of the boundaries of science*. Cambridge UK: Cambridge University Press.

Caruso D. 2008. *Synthetic biology: an overview and recommendations for anticipating and addressing emerging risks*. Science Progress, http://www.scienceprogress.org

Caruso D. 2007. *How to confine the plants of the future?* The New York Times. April 8.

Celis C., Scurrah M., Cowgill S., Chumbiauca S., Green J., Franco J., Main G., Kiezebrink D., Visser1 R. G. F. e Atkinson H. J. 2004. *Environmental biosafety and transgenic potato in a centre of diversity for this crop*. Nature 432. pp.222-225.

Clover D. E. 2006. *Out of the dark room: participatory photography as a critical, imaginative, and public aesthetic practice of transformative education*. Journal of transformative education 4, p. 275.

Collier J. Jr. , Collier M. 1967. *Visual anthropology: photography as a research method*. Albuquerque: University of New Mexico Press.

Colwell R. 2002. quoted in http://www.reason.com/news/show/34784.html.

Commission of the European Communities 2000. *Communication from the Commission on the Precautionary Principle*. Brussel 2.2.2000, COM(2000).

Commission of the European Communities 2003. dated, *Commission Recommendation on guidelines for the development of national strategies and best practices to ensure the*

coexistence of genetically modified crops with conventional and organic farming. Brussel 23.7.2003 (2003/556/EC).

Commission of the European Communities, JRC, European Science and Technology Observatory 2006. *New case studies on the coexistence of GM and non-GM crops in European agriculture*. EUR 22102 EN.

Covi L. 2006. *Blow Up: immagini del nanomondo*, Bologna: Damiani Editore.

Dalton R. 2008. *Modified genes spread to local maize*. Nature 456, p.149.

Daston L. e Galison P. 2007. *Objectivity*. New York: Zone Books.

Drexler E. D. 1981. *Protein Design as a Pthway to molecular manifacturing*. PNAS Chemistry Section 78.9 pp.5272-5278.

Drexler E. D. 1986. *Engines of Creation*, New York: Doubleday.

Dugger C. W. 2006. *WHO supports wider use of DDT vs. malaria*, The New York Times, September 16.

Dupré J. 1993. *The disorder of things: metaphysical foundations of the disunity of science*. Cambridge MA: Harvard University Press.

Dupuy J.P. 2004. *Complexity and Uncertainty a Prudential Approach to Nanotechnology*, in European Commission, *A Preliminary Risk Analysis on the Basis of a Workshop Organized by the Health and Consumer Protection*, Directorate General of the European Commission.

Eigler D.M. e Schweizer E.K. 1990. *Positioning Single Atoms With a Scanning Tunneling Microscope*. Nature 344, 524, pp.524-526.

Ellis J. 1975. *The social history of the machine gun*, Baltimore: The John Hopkins University Press.

European Environmental Agency 2001. *Late lessons from early warnings*: the precautionary principle 1896-2000. (http://www.eea.eu.int)

Ezrahi Y. 1990. *The descent of icarus: science and the transformation of contemporary democracy*. Cambridge MA: Cambridge University Press.

Fairhead J., Leach M. 2003. *Science society and power: environmental knowledge and policy in West Africa and the Caribbean*. Cambridge MA: Cambridge University Press.

Feenstra R.M., Stroscio, J.A., Tersoff, J., Fein 1987. A.P. *Atom-Selective Imaging of the GaAs (110) Surface*. Physical Review Letters 58, 12, pp.1192-1195.

Feynman R. P.1960. *There is plenty of room at the bottom*. Engineering and Science *23.5* pp.22-26.

Ferri F. 2008. *Tracce, soglie, silenzi: dizionario minimo di confine tra scienza e conoscenza*. In Scienza e conoscenza come beni comuni per un futuro sostenibile. Atti del Workshop IRIS 2007, http://www.iris-sostenibilita.net/iris/temi04-seminari04report-wsirisnov2007.asp

Fox Talbot W. E. 1844-1846. *The pencil of Nature*. London: Longman, Brown, Green and Longmans.

Frankel F. 2008. Intervista in ScienceBlogs, www.scienceblogs.com

Frankel F. 2004. *L'incanto della scienza*. Torino: Edizioni Codice.

Frankel F. 2002. *Envisioning Science: the design and craft of the science image*. Cambridge Massachusetts: MIT Press.

Funtowicz S., Ravetz J. 1990. *Uncertainty and quality in science for policy*. Dordrecht NL: Kluver Academics Publishers.

Funtowicz S., Ravetz J. 1993. *Science for the post-normal age*. Futures 31 (7): 735-755.

Funtowicz S. - Ravetz J. 1994. *Emergent Complex Systems*. Futures 26 (6): 568-582.

Funtowicz S. - Ravetz J. 1999. *Post normal science: an insight now maturing*. Futures 31 (7): 641-646.

Funtowicz S. 2006. *Why knowledge assessment*. In *Interfaces between science and society*. Sheffield: Greenleaf.

Funtowicz S. 2007. *Modelli di scienza e politica*. In *Biotecnocrazia: informazione scientifica, agricoltura, decisione politica*. Milano: Jaca Book.

Funtowicz S. 2009. *Workshop IRIS 2009*, *comunicazione orale*.

Francescon S. 2006. *The impact of GMOs on Poor Countries: A threat to the Achievement of the Millennium Development Goals?* Riv. Biol./Biol. Forum 99: 381-394.

Galilei G. 1623. *Il Saggiatore*, Wikisource, http://it.wikisource.org/wiki/Il_Saggiatore

Gallopin G.C.- Funtowicz S.- O 'Connor M. - Ravetz J. 2001. *Science for the 21st century: from social contract to the scientific core*. International Journal of Social Science 168: 219-229.

Gallopin G. 2004. *Sustainable development: epistemological challenger to science and technology*, ECLAC, Santiago del Chile.

Gibbons M.H., Nowotny C., Limoges C., Schwatzman S., Scott P., Trow M. 1994. *The new production of knowledge: the dynamics of science and research in contemporary society*. London: Sage.

Greene B. 1999. *The elegant universe*: *Superstrings, Hidden Dimensions, and the Quest for the Ultimate Theory* New York: W.W. Norton & C.

Guanieri V., Benessia A., Camino E., Barbiero G. 2008. *The myth of natural barriers: Is transgene introgression by genetically modified crops an environmental risk?*. Biology Forum 101, pp. 195-214.

Hacking I. 1986. *Culpable ignorance of interference effects*, in "Values at Risk", D. MacLean, (Ed.). NJ: Rowman & Allanheld, Totowa, pp.136–154.

Harris R. 2005. *Improve Your Image,* in "American Scientist" 93, pp. 215-216.

Hartlaub P. 2005. *Bring back the monkey suit. It doesn't take a rocket scientist to make space entertaining*, San Francisco Chronicle, January 19.

Heinlein R. 1942. *Waldo*, Astounding science fiction magazine. New York: J.W. Campbell.

Henning J. 2005. *Changes in the Design of Scanning Tunneling Microscopic Images from 1980 to 1990*. 8:2.

Hoffmann R. 2007. *Blow-up: Images from the nanoworld challenge viewer's thinking*, American Scientist, 95, January-February, pp.20-23.

Holling C.S. 1998. *Two cultures of ecology*. Conserv. Ecol. 2(2), http://www.consecol.org/vol2/iss2/art4 .

Hooke R. 1662. *Micographia*. Reprint London: Science Heritage, 1987.

Kaplinsky N., Braun D., Lish D., Hay A., Hake S., Freeling M. 2002. *Maize transgene results in Mexico are artefacts*. Nature 416, p.601.

Kauffman S. 1993. *The Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution*. New York: Oxford University Press.

Kemp M. 2004. *Leonardo: Leonardo seen from inside out*. Oxford: Oxford University Press.

Keller E. 2002. *Making sense of life: explaining biological development with models, metaphors, and machines*. Boston Massachusetts: Harvard University Press.

Kitcher P. 2001. *Science, truth and democracy*. New York: Oxford University Press.

Losey J.E. , Rayor L.S., Carter M.E., 1999. *Transgenic pollen harms monarch larvae*. Nature 399, p. 214.

Jasanoff S. 1995. *Science at the bar*. Cambridge Massachusetts: Harvard University Press.

Jasanoff S. 1990. *The fifth branch: science advisers and policymakers*, Cambridge Massachusetts: Harvard University Press.

Jasanoff S. 2001. *Image and Imagination: The formation of global environmental conciousness*, in "Changing the atmosphere", A. C. Miller e P. N. Edwards (Ed.), Boston MA: MIT Press.

Jasanoff S. 2003. *Technologies of humility: citizen participation in governing science*. *Minerva* 41 (3): 223-244.

Jasanoff S. 2005. *Designs on nature*. Princeton, California: Princeton University Press.

Jasanoff S. 2008. *Fabbriche della natura*: biotecnologie e democrazia. Milano: Il Saggiatore.

Jonas H. 1985. *The imperative of responsibility*. In *Search of ethics for the technological age*. Chicago: University of Chicago Press.

Kemp M., 2003. *Taking it on trust: Seeing and believing the aerial photographs of Iraq*, Nature, 424, p. 618.

Kubrick S. 1968. *2001: A space Odyssey*, USA/Gran Bretagna, prod. Metro Goldwyn Mayer

Kubrick S. 1975. *Barry Lyndon*, Gran Bretagna, prod.Warner Bros

Latour B. 2005. *From Realpolitik to Dingpolitik or how to make things public*, in "How to make things public: Atmospheres of democracy". Cambridge Massachussets: MIT Press.

Leptowski W. 2002a. *Biotech ok corral*. Sci. Policy Perspect. 13, http://cspo.org/ourlibrary/documents/060902.html

Leptowski W. 2002b. *Maize, genes and peer review*. Sci. Policy Perspect. 14, http://cspo.org/ourlibrary/perspectives/lepkowski_oct02.htm

Liberatore A., Funtowicz S. 2003. '*Democratising' expertise, 'expertising' democracy: what does this mean, and why bother*. Science and public policy 30 (3) pp. 146-150.

Gould F., Magori K., Huang Y. 2006. *Genetic strategies for controlling mosquito-borne diseases*. American Scientist, 94, p.238.

McCary P.W. 2005. *Will small be beautiful? Making policies for our nanotech future*, History of Technology, 21, 2, pp.177-203.

Merton L.K. 1968. *Science and democratic social structure in Social theory and social structure*. New York: Free Press.

Metz M., Fütterer J. 2002. *Suspect evidence of transgenic contamination*. Nature 416, pp. 600-601.

Monbiot G. 2002. *The fake persuaders: corporations are inventing people to rubbish their opponents on the Internet*. The Guardian, May 14, p.15.

Monsanto Canada Inc. v. Schmeiser 2004. *1 S.C.R. 902, 2004 SCC 34*.

Naess A. 2002. *Life 's Philiopohy*: *Reason and Feeling in a deeper world*. Athens and London: The University of Georgia Press.

Nordman A. 2004. *New spaces for old cosmologies*. IEEE Technology and society magazine, Winter, pp. 48-54.

Nuffield Bioethics Committee 1999. *Genetically Modified Crops: the Ethical and Social Issues*. London: Nuffield Bioethics Committee.

Nuffield Bioethics Committee 2004. *TheUse of Genetically Modified Crops in Developing Countries*. London: Nuffield Bioethics Committee.

O' Saughnessy P. T. 2008. *Parachuting cats and crushed eggs: the controversy over DDT to control malaria*. American Journal of Pubblic Health, 98,11, pp. 1940-1948.

Pearson H. 2005. Image Manipulation: *CSI Cell Biology*. Nature 434, 952-953.

Peplow M. 2005. Amateurs beat space agencies to Titan pictures: Online community processed raw images at record speed.
www.nature.com/news/2005/050117/full/050117-7.html

Perrow C. 1984. *Normal accidents: living with high risks technologies*. New York: Basic Books.

Pielke R. 2005. *Scienza e politica*: *la lotta per il consenso*, Roma: Laterza Editori.

Pirondini A., Marmiroli N. 2008. *Environmental risks Assessment in GMO analysis*. Biology Forum 101, pp. 215-246.

Pitt J. 2005. *When an image is not an image?* Techné: Research in Philosophy an technology. 8, p.3.

Popper K. 1963. *Conjectures and Refutations*, London: Routledge.

Quist D., Chapela I. H. 2001. *Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico*. Nature, 414, pp. 541-543.

Quist D., Chapela I. H. 2002. *Quist and Chapela reply*. Nature 416, p. 602.

Ravetz J. 2006. *The no nonsense guide to science*, Oxford: The new internationalist.

Ravetz, J. 2004. The Post-normal Science of Precaution. Futures 36(3): 347-357.

Ravtez J. 2003. *Models as metaphors*. In *public participation in sustainability science*: *a handbook*. Ed. By Kasemir B, Jäger J., Jaeger C.C., Gardner M.T. Cambridge: Cambridge University Press.

Rossner M. e Yamada K.M. 2004. *What's in a picture, the temptation of image manipulation*, The Journal of Cell Biology 166, 1, pp. 11-15.

Sahai S. 1997. *The bogus debate on bioethics*. Biotechnology and Development Monitor, 30, p. 24.

Sarewitz D. 2004. *How science makes environmental controversies worse. Environmental science and policy* 7, pp. 385-403.

Shrader-Frechette K.S. 1996. *Methodological rules for four classes of scientific uncertainty*. In *Scientific Uncertainty and Environmental Problem Solving*. Oxford: Blackwell.

Singer P. 2002. *One world: the ethics of globalization*. New Haven, Connecticut: Yale University Press.

Shiva V. 1997. *Biopiracy. The plunder of nature and knowledge*. Cambridge MA: South End Press.

Sontag S. 1977. *On Photography*. New York: Anchor Books Doubleday.

Smith, R. and Wynne B. (Eds.) 1989. *Expert evidence: interpreting science in the law*. London: Routledge.

Stewart N. C. Jr. 2004. *Genetically modified planet: environmental impacts of genetically modified plants*. Oxford: Oxford University Press.

Stewart N.C. Jr., Halfhill D.M., Warwick S.I. 2003. *Transgene introgression from genetically modified crops to their wild relatives*. Nature 4, pp. 806-817.

Tallacchini M.C. 2003. *La trappola e il topo: la brevettabilità della materia vivente*. In "Le tecniche della biologia e gli arnesi del diritto", Santosuosso A. (et.al.) Pavia: Ibis, pp. 203-223.

Tallacchini M.C. 2005. *Before and beyond the precautionary principle: epistemology of uncertainty in science and law*. Toxicology and applied pharmacology 207, pp.645-651.

Tourney C. 2007. *The man who understood the Feynman machine*, Nature Nanotechnology, 2, 1, pp. 9-10.

Watson J.D., Crick F.H.C. 1953. *A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid*. Nature 171, pp.737-738.

Weiss R. 1999.'*Gene police' raise farmers fear*, The Washington Post, February 3rd.

White H. E 1931. *Pictorial Representations of the Dirac Electron Cloud for Hydrogen-Like Atoms*. Physics Review 38, pp. 513-520.

White P. 1955. *The fur is flying*. The New York Times, May 22, p56.

WHO 2008. *World malaria report*, WHO/HTM/GMP/2008.1.

WHO 2007. *The use of DDT in malaria vector control*, Position Statement Series.

WHO 2006. *Indoor residual spraying: use of indoor residual spraying for scaling and elimination. Global Malaria Programme*, Position Statement Series 1112, Geneva, World Health Organization.

Wildavsky A. 1979. *Speaking truth to power*. Boston: Little Brown and Co.

Wynberg R. e Jardine C. 2000. *Biotechnology and Biodiversity: Key Policy Issues for South Africa*. www.biowatch.org.

Wynne B., Felt U. Callon M., Gonçalves M.E., Jasanoff S., Jepsen M., Joly P.B., Konopasek Z, May S., Naeubauer C., Arie R., Siune K., Stirlig A., Tallacchini M.C. 2007. *Taking knowledge society seriously*. European Commission: EUR 22700 EN.

Ziman J. 2000. *Real science*, New York: Cambridge University Press.