

La desertificazione, i costi dell'inazione e la valutazione delle opzioni di adattamento al cambiamento climatico

Gretel Gambarelli¹, Carlo Giupponi², Alessandra Gorla³

1 - World Bank, Environment Department, Climate Change Unit,
Washington D.C.

2 - Università degli Studi di Milano, Fondazione Eni Enrico Mattei,
Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici

3 - Fondazione Eni Enrico Mattei,
Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici

Prima versione: Agosto 2007. Rivisto: Novembre 2007

Questo rapporto nasce dalla collaborazione fra APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici) e il CMCC (Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici) ed è stato realizzato all'interno del percorso organizzativo per la Conferenza Nazionale sui Cambiamenti Climatici (CNCC), promossa dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e organizzata da APAT il 12-13 Settembre 2007 a Roma. I principali risultati sono stati presentati nel workshop preparatorio alla CNCC "La desertificazione, i costi dell'inazione e la valutazione delle opzioni di adattamento al cambiamento climatico". Alghero, 21-22 giugno 2007.

Commenti e suggerimenti sono benvenuti all'indirizzo economics@apat.it entro la fine di gennaio.

Nota introduttiva

Questo rapporto nasce da un lavoro di collaborazione fra APAT (Agenzia per la Protezione dell’Ambiente e per i Servizi Tecnici) e il CMCC (Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici) realizzato all’interno del percorso organizzativo per la Conferenza Nazionale sui Cambiamenti Climatici (CNCC), promossa dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e organizzata da APAT il 12-13 Settembre 2007.

APAT ha ritenuto importante realizzare uno studio sulla valutazione economica degli impatti dei cambiamenti climatici e delle relative misure di adattamento in Italia, al fine di fornire una prima analisi e alcuni strumenti metodologici su questa tematica.

I risultati dello studio sono stati raccolti in vari rapporti scientifici di sintesi sulla valutazione degli impatti dei cambiamenti climatici e presentati sia nei workshop preparatori alla Conferenza Nazionale che nella seconda giornata della plenaria della CNCC:

- Le Zone Alpine Italiane: Implicazioni economiche del cambiamento climatico e strategie di adattamento. Saint-Vincent, 2-3 luglio 2007
- La dimensione socio-economica, i costi dell’inazione e le strategie di adattamento ai cambiamenti climatici sul sistema italiano idrogeologico. Napoli, 9-10 luglio 2007
- La desertificazione, i costi dell’inazione e la valutazione delle opzioni di adattamento al cambiamento climatico. Alghero, 21-22 giugno 2007
- Impatti del cambiamento climatico sulle zone costiere: Quantificazione economica di impatti e di misure di adattamento – sintesi di risultati e indicazioni metodologiche per la ricerca futura, con una appendice su “Valutazione degli impatti del cambiamento climatico in aree costiere italiane: tre casi studio a confronto”. Palermo, 27-28 giugno 2007
- Gli impatti degli eventi estremi idrogeologici sulla vita umana: aspetti metodologici per la valutazione dei costi e delle politiche di intervento. Roma, 25 giugno 2007
- Gli impatti macroeconomici del cambiamento climatico sui vari settori economici e sul commercio internazionale con un modello di equilibrio generale. Roma, 13 settembre 2007 Plenaria CNCC

Durante la Conferenza Nazionale, l’APAT è stata individuata come organismo di supporto tecnico-scientifico necessario allo sviluppo di strategie e piani di adattamento ai diversi livelli territoriali, con funzioni di centro di competenza sugli impatti e sull’ adattamento ai cambiamenti climatici.

E’ per queste ragioni che APAT e CMCC, coerentemente con le proprie funzioni istituzionali e proseguendo il lavoro avviato con la preparazione della Conferenza sui Cambiamenti Climatici 2007, hanno deciso di collocare on line lo studio sulla valutazione economica degli impatti dei Cambiamenti Climatici, con lo scopo di favorire la conoscenza di documenti già disponibili, sollecitare la trasmissione di contributi e infine raccogliere i suggerimenti e commenti da parte della comunità scientifica di riferimento, da integrare nella versione che sarà prossimamente pubblicata.

Si prega di inviare eventuali commenti e suggerimenti all’indirizzo electronics@apat.it entro la fine di gennaio.

Indice

<i>Introduzione: la desertificazione e la sua complessa relazione con i cambiamenti climatici</i>	4
<i>I. Impatti dei cambiamenti climatici sulla desertificazione in Italia e implicazioni socio-economiche</i>	8
A. La desertificazione in Italia: situazione attuale ed impatti attesi dai cambiamenti climatici	8
B. Dimensione economica e sociale della desertificazione	10
<i>II. Costi di inazione e delle opzioni di adattamento alla desertificazione</i>	11
A. Stime economiche nella letteratura internazionale	12
B. Possibili approcci valutativi nel caso italiano	14
<i>III. Gap conoscitivi e nuove direzioni per la ricerca</i>	16
<i>Bibliografia</i>	18
<i>IV. Appendice Metodologica</i>	26
A. Disegno di un modello concettuale per un approccio integrato alla lotta contro la desertificazione	27
B. Costi di inazione e di adattamento alla desertificazione: concetti e definizioni teoriche	28
<i>B.1 Costi d'inazione</i>	29
<i>B.2 Costi di adattamento</i>	30
C. Metodologie per la valutazione economica dei costi di inazione e di adattamento alla desertificazione	31
<i>C.1 Stima dei costi dell'inazione</i>	31
<i>C.2 Metodi per la valutazione economica dell'adattamento</i>	33
D. Variabili cruciali per la valutazione economica dei costi della desertificazione	39

Introduzione: la desertificazione e la sua complessa relazione con i cambiamenti climatici

La desertificazione consiste in un processo di “degrado delle terre nelle zone aride, semi-aride e sub-umide secche provocato da diversi fattori, tra i quali le variazioni climatiche e le attività umane”. Laddove le zone aride, semi-aride e sub-umide secche sono rappresentate da quelle aree, “escluse le artiche ed antartiche, nelle quali il rapporto tra le precipitazioni annuali e l’evapotraspirazione potenziale si situa nell’intervallo tra 0,05 e 0,65”¹.

Il concetto fondamentale che sta alla base della desertificazione è quindi rappresentato dal degrado delle terre. A riguardo è opportuno riferirsi alla definizione UNCCD² dove si parla di “diminuzione o scomparsa della produttività biologica o economica e della complessità delle terre coltivate non irrigate, delle terre coltivate irrigate, dei percorsi, dei pascoli, delle foreste o delle superfici boschive in seguito all’utilizzazione delle terre o di uno o più fenomeni, segnatamente di fenomeni dovuti all’attività dell’uomo e ai suoi modi di insediamento, tra i quali:

- i) l’erosione del suolo provocata dal vento e dall’acqua;
- ii) il deterioramento delle proprietà fisiche, chimiche, biologiche o economiche dei suoli;
- iii) la scomparsa a lungo termine della vegetazione naturale.”

Nel contesto dei cambiamenti globali, il problema della desertificazione si presenta come un fenomeno determinato sia da componenti naturali (il clima e il connesso ciclo dell’acqua), sia antropiche, ovvero l’uso delle risorse ed in particolare le modalità con le quali l’uso e la gestione della risorsa suolo interagiscono con il ciclo dell’acqua. Fra queste due determinanti del fenomeno, in passato una maggiore enfasi veniva generalmente posta sull’azione dell’uomo, tant’è che prima della definizione data dall’UNCCD il fenomeno veniva ricondotto sostanzialmente a cause di natura antropica (Rubio, 1995). Nel terzo rapporto IPCC (2001), l’analisi della letteratura scientifica disponibile non riusciva ancora a fare chiarezza sulla coesistenza di questi due fattori determinanti. Fra le principali cause della desertificazione, il rapporto sottolineava il ruolo di pratiche agricole e pascolamento non sostenibili, e della deforestazione. Rispetto ai cambiamenti climatici, si metteva in luce come la desertificazione comporti degli impatti sul clima, attraverso l’aumento della temperatura in superficie conseguente a cambiamenti nella vegetazione, o a causa degli effetti del cambiamento nel potere di assorbimento del carbonio o delle emissioni di metano nelle aree desertificate. Quindi, si vedeva la desertificazione più come uno dei fattori che contribuiscono ai cambiamenti climatici, che come uno dei loro effetti.

Il quarto e recentissimo rapporto IPCC (4AR) indica finalmente che ‘il cambiamento climatico e la pressione antropica legata all’utilizzo della terra probabilmente comportano impatti sinergici sugli ecosistemi e sulle specie delle aree desertiche che potrebbero essere compensati almeno in parte da benefici in termini di produttività della vegetazione e sequestro del carbonio dovuti all’aumento della CO₂ in atmosfera. L’effetto netto di questi trend con un’elevata probabilità varierà fra regioni’.

Data questa sinergia di fattori climatici ed antropici, nel caso della desertificazione è quindi difficile scindere in precise sequenze causali le determinanti del processo stesso (*driving*

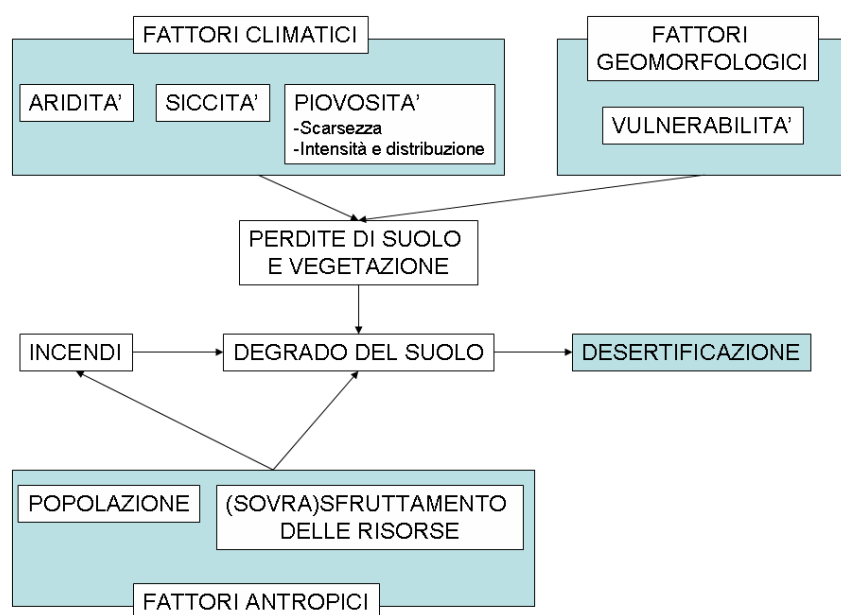
¹Le principali definizioni si ricavano dalla Convenzione sulla Lotta alla Desertificazione (UNCCD, 1994), traduzione di Ceccarelli et al. (2006). Le stesse definizioni sono poi state riprese integralmente anche nei documenti ufficiali sul tema dei cambiamenti climatici, in particolare anche dall’IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).

² Traduzione Manuale Apat 41, 2006

forces), come invece risulta più facile nell'analisi di altri impatti del cambiamento climatico, ove si può spesso identificare una relazione univoca fra attività antropiche => emissioni di gas serra => variazioni climatiche => impatti.

La co-azione di determinanti antropiche e naturali, cui i cambiamenti climatici contribuiscono in modo diretto, ma anche e soprattutto indiretto appare evidente, in primo luogo attraverso il bilancio dell'acqua e le sue interazioni con il comparto suolo (siccità, erosione, ecc.). La desertificazione infatti è strettamente connessa a caratteristiche climatiche quali l'aridità, la siccità e l'erosività delle precipitazioni. Dunque, una variazione di questi fattori in un certo contesto territoriale a seguito di cambiamenti climatici implica inevitabilmente variazioni dell'intensità con cui i fenomeni di desertificazione si manifestano e, nello schema riportato in figura 1, consiste sostanzialmente nella comparsa di una nuova componente, ovvero una forza determinante esterna che altera lo stato delle variabili climatiche. Tale alterazione determina quindi una serie di effetti di perturbazione del sistema a cascata, che interagendo con le condizioni di vulnerabilità causa un aggravarsi del degrado del suolo ed eventualmente dei processi di desertificazione.

Figura 1: Natura del fenomeno della desertificazione (adattato da EC, 1997).



I temi della desertificazione, e più in generale, del degrado delle terre, e dei cambiamenti climatici sono generalmente trattati da due filoni di ricerca distinti e, di questi, il secondo è sicuramente molto più vasto e consolidato. Visti i legami fra le due tematiche, è evidente l'interesse e la necessità di integrare e mutuare i diversi approcci proposti, per poter affrontare in modo efficace il tema degli impatti e delle strategie di adattamento, e in particolare quello della loro valutazione. Rispetto alla valutazione economica, l'accento di entrambe le letterature è sulla valutazione d'impatto, o costo d'inazione, mentre la valutazione di misure di contrasto al fenomeno riceve meno attenzione. Per quanto riguarda i costi d'inazione, la difficoltà maggiore consiste quindi nella riconciliazione dei due filoni di ricerca, che, come si dimostrerà nel presente lavoro, è però tutt'altro che semplice e risolto sia dal punto di vista metodologico che da quello applicativo. Rispetto alla valutazione delle misure di lotta, gli ostacoli derivano, oltre che dalla mancanza di letteratura, anche da alcuni caratteri distintivi del fenomeno della desertificazione rispetto ad altri impatti dei cambiamenti climatici, ossia:

- o l'intrinseca differenza esistente fra adattamento ai cambiamenti climatici e strategie di intervento contro la desertificazione;

- il significato stesso dei termini adattamento e mitigazione nel contesto delle desertificazione;
- la natura dei processi di adattamento, nei diversi casi.

Il primo carattere distintivo è costituito dal fatto che le politiche di lotta a questo fenomeno possono solo parzialmente rientrare in quelle di adattamento ai cambiamenti climatici. Infatti, come già detto, la desertificazione è il risultato di diversi e specifici fattori di pressione, che includono ma non si esauriscono nei cambiamenti climatici.

Una seconda peculiarità è dovuta al fatto che, nella letteratura sulla desertificazione, i termini adattamento e mitigazione spesso si confondono, in quanto gli interventi proposti hanno spesso un ruolo misto. Si ricorda a questo proposito che nella letteratura sui cambiamenti climatici, per *mitigazione* si intende un intervento antropico per ridurre le fonti o incrementare i processi di rimozione di gas serra, mentre con *adattamento* si indica un adeguamento nei sistemi naturali o antropici ai cambiamenti ambientali per limitarne i danni o sfruttarne le opportunità³. Risulta però spesso difficile distinguere chiaramente fra strategie di mitigazione e di adattamento specifiche per la desertificazione; non a caso, si preferisce in genere utilizzare il termine più generale di “*lotta alla desertificazione*”. Altrimenti si dovrebbe sostanzialmente distinguere fra strategie di mitigazione dei cambiamenti climatici e strategie di adattamento alla desertificazione, ma gli interventi che si andrebbero poi a proporre avrebbero comunque un ruolo misto. Le misure di lotta, infatti, generalmente si concentrano sui rapporti suolo-vegetazione e sul ciclo idrologico, e quindi su specifiche politiche ambientali che includono la razionalizzazione dell’uso della risorsa idrica, misure agro-forestali e di difesa del suolo (si veda ad esempio il Programma di Azione Nazionale per la Lotta alla Siccità ed alla Desertificazione nel riquadro 1).

È evidente che alcune di queste misure, come il recupero del valore produttivo del suolo attraverso la riforestazione, costituiscono, al tempo stesso, misure di mitigazione al cambiamento globale, in termini riduzione delle emissioni, ma anche di adattamento agli impatti dei cambiamenti climatici e contrasto alla desertificazione tramite la protezione del suolo e il mantenimento della sua produttività biologica ed economica.

Il terzo ed ultimo fattore peculiare della desertificazione rispetto ad altri impatti dei cambiamenti climatici è la natura dei processi di adattamento. L’adattamento agli impatti del cambiamento climatico è un processo complesso, che implica degli aggiustamenti nello spazio e nel tempo in risposta a variazioni climatiche attese o già in corso. L’adattamento coinvolge sia i sistemi naturali che socio-economici, ed in entrambi i casi può essere ‘autonomo’ (cioè attuato spontaneamente in risposta ai cambiamenti, per lo più dagli ecosistemi nei sistemi naturali e dai privati nei sistemi socio-economici) o ‘pianificato’ (o di anticipazione, per lo più attuato a livello pubblico)⁴.

³ Di utilità per il presente lavoro sono anche una serie di altre definizioni fornite dall’IPCC. La *capacità adattativa* di un sistema, che corrisponde alla sua abilità di adattarsi al cambiamento e che nei sistemi naturali dipende sostanzialmente dalla sensibilità del sistema stesso e dalla sua capacità di resistenza e resilienza (vedi v.d. Leeuw, 1995 per lo specifico della desertificazione). Per *sensibilità* si intende il grado con il quale il sistema risente negativamente o positivamente agli “stimoli” di origine climatica. Parallelamente, per *vulnerabilità* l’IPCC intende il grado con cui il sistema è suscettibile, o non in grado di far fronte, agli effetti, in questo caso solo negativi, dei cambiamenti climatici (includendone le componenti di variabilità e eventi estremi). Quindi, la vulnerabilità risulta essere non solo funzione del carattere, della magnitudine e del tasso di variazione del clima, ma anche della capacità adattativa del sistema stesso.

⁴ Per un’esauriente trattazione delle definizioni e della dimensione economica dell’adattamento si veda: EEA Technical Report (2007) ‘*Costs of Adaptation to climate change: a review of assessment studies with a focus on the methodologies used*’, preparato da F. Bosello, O. Kuik, R. Tol, P. Watkiss.

RIQUADRO 1

Il Programma di Azione Nazionale per la Lotta alla Siccità ed alla Desertificazione

Il Programma di Azione Nazionale per la Lotta alla Siccità ed alla Desertificazione (PAN), Istituito con Delibera CIPE n. 229 del 21 dicembre 1999, prevede un insieme coerente di interventi nei seguenti settori prioritari:

- protezione del suolo
- gestione sostenibile delle risorse idriche
- riduzione dell'impatto delle attività produttive
- riequilibrio del territorio (es. recupero dei suoli degradati, interventi di bonifica e rinaturalizzazione, ecc.).

In particolare il PAN prevede interventi nelle aree agricole a produzione intensiva e marginali, nelle aree a rischio di erosione accelerata, nelle zone degradate da contaminazione, inquinamento, incendi, nelle aree incolte ed abbandonate; una maggiore efficienza della rete di distribuzione dell'acqua ed un controllo ed una razionalizzazione degli usi dell'acqua, in attuazione ed attraverso gli strumenti previsti dalle nuove direttive (adozione dei piani di tutela delle acque e degli strumenti per la pianificazione del bilancio idrico)⁵; l'adozione di sistemi agricoli maggiormente compatibili con l'ambiente, e che prevedano una maggiore razionalizzazione dell'uso dell'acqua (l'agricoltura risulta essere responsabile fino al 90% del consumo di acqua nei momenti di punta stagionali); il recupero del valore produttivo, paesaggistico e naturalistico di zone compromesse dalle attività antropiche, attraverso opere di bonifica o l'attuazione di politiche di sistema che coinvolgono aree limitrofe marginali.

Nel caso della maggioranza degli impatti dei cambiamenti climatici, queste due forme di adattamento coesistono. Va notato però che è insito nella definizione stessa di desertificazione il concetto di superamento della soglia di resistenza del sistema e quindi il generarsi di una situazione di degrado non reversibile attraverso processi di adattamento autonomo. Tale superamento della soglia critica comporta necessariamente la perdita di un determinato insieme di funzioni, ovvero di "servizi ambientali" del sistema suolo. Nella misura in cui ci si ponga come obiettivo la salvaguardia di tali funzioni, è necessario quindi ricorrere a *politiche pianificate di adattamento*.

Ferrara e Farrugia (2007) presentano quattro categorie di strategie pianificate di adattamento ai cambiamenti climatici, che hanno sicuramente un interesse anche nel contesto desertificazione: difesa passiva, difesa attiva, difesa assicurativa e abbandono. L'Agencia Europea per l'Ambiente (EEA, 2007) va maggiormente nel dettaglio, proponendo una serie più articolata che prevede: condivisione del danno (assicurazione), affrontare i danni inevitabili, prevenire gli effetti con interventi strutturali e tecnologici, prevenire gli effetti con interventi legislativi o istituzionali, evitare il rischio (es. rilocalizzando), favorire la ricerca scientifica per identificare nuove soluzioni, investire nell'educazione e diffondere comportamenti virtuosi. In generale, un mix di misure sarà più efficiente rispetto ad una singola misura, e questo vale anche nel caso specifico della desertificazione.

⁵ Spesso in Italia, a scala locale e di bacino, la disponibilità della risorsa idrica è solo stimabile, poiché mancano le più elementari misure delle portate e si registrano gravi carenze anche nella strumentazione tecnica a disposizione degli organismi competenti; nel Mezzogiorno poi è diffusa la pratica dei prelievi abusivi, che sembrano addirittura superare quelli legittimi

I. Impatti dei cambiamenti climatici sulla desertificazione in Italia e implicazioni socio-economiche

In Italia nelle Linee-Guida del Programma di Azione Nazionale di lotta alla siccità e desertificazione⁶ si indica che “*le cause della desertificazione sono principalmente attribuibili ad attività antropiche e solo in minima parte a fenomeni di origine naturale. Il territorio nazionale è vulnerabile a prolungati periodi di siccità, alla forte variabilità degli eventi piovosi e alle piogge di elevata intensità. Suoli poveri ed erodibili oppure compattati, dissesti idrogeologici, processi di impermeabilizzazione, salinizzazione e contaminazione espongono il territorio a fenomeni di degrado e di desertificazione difficilmente percepibili nell’insieme delle condizioni italiane, ma che in alcune realtà locali creano gravi problemi ambientali con preoccupanti riflessi sociali ed economici*”. Di seguito si analizzeranno più in dettaglio la portata del fenomeno in Italia e gli impatti attesi dai cambiamenti climatici. Quindi, si discuteranno brevemente le implicazioni socio-economiche della desertificazione e alcune problematiche relative alla loro valutazione.

A. La desertificazione in Italia: situazione attuale ed impatti attesi dai cambiamenti climatici

Secondo i dati dell’Atlante Nazionale delle aree a rischio desertificazione (in corso di stampa), a livello nazionale le aree a rischio di desertificazione interessano oltre un quinto della superficie e arrivano ad oltre il 40% dei territori del sud Italia. L’Atlante identifica vari sistemi di degradazione che concorrono al fenomeno e in particolare: erosione idrica, deposizione, urbanizzazione, salinizzazione, e aridità e fra questi il più rilevante territorialmente è quello relativo all’erosione. Le aree sensibili ammonterebbero complessivamente al 9,1%, in particolare in Sardegna e Sicilia, oltre che alla Puglia e la Calabria, ma significative estensioni con suoli vulnerabili, sono presenti anche in Campania, Toscana e Lazio.

Di fronte a questo quadro sulla situazione italiana, fatte salve le considerazioni già fatte sulla complessità delle cause del fenomeno desertificazione, è interessante leggere le più recenti stime sull’evoluzione del clima a livello globale e regionale, e sugli impatti attesi nell’Europa del sud, prodotte in letteratura, in particolare quelle contenute nel 4AR dell’IPCC⁷. Tale rapporto non si occupa espressamente di desertificazione, ma riporta stime o, al minimo, direzioni d’impatto in una serie di settori, collegati in maniera chiara al fenomeno della desertificazione. Sono di particolare interesse per noi le stime relative al settore acqua, agricoltura, foreste e biodiversità (la figura 2 offre una rappresentazione di come questi settori siano collegati al fenomeno della desertificazione). Relativamente all’area del Sud Europa e del Mediterraneo, la tabella 1 riassume le direzioni d’impatto in questi settori, mentre la tabella 2 riporta le stime disponibili da varie fonti.

Passando a direzioni d’impatto che interessano ancor più da vicino la desertificazione nell’Europa meridionale, ci si attende:

- una riduzione dei cicli di crescita delle piante e quindi della produzione primaria (Ogaya et al. 2003; Llorens et al. 2004);
- una riduzione del turnover e della disponibilità di nutrienti nel terreno (Sardans and Peñuelas 2004, 2005);

⁶ Comitato Nazionale per la Lotta per la Desertificazione (CNLD), 22 luglio 1999, pubb. Ministero Ambiente e Territorio

⁷ Durante la stesura di quest’articolo sono stati già pubblicati il Technical Summary del 4AR, ed il rapporto del WGI

- modificazioni nell'areale di alcune piante (Quintana et al. 2004; Lloret et al. 2004);
- cambiamenti nella fenologia (Llorens and Peñuelas, 2005) e nelle interazioni fra le specie (Maestre and Cortina, 2004; Lloret et al., 2005);
- un aumento del rischio d'incendio, una maggiore durata della stagione secca, un'aumentata frequenza e severità degli incendi (Santos et al. 2002; Pausas 2004; Moreno 2005; Pereira et al. 2005; Moriondo et al. 2006);
- un aumento dell'erosione del suolo a causa dell'aumento dell'intensità degli eventi piovosi (Giorgi et al. 2004 e De Luis et al. 2003), una ridotta capacità di ricolonizzazione della vegetazione in seguito ad incendi (Delitti et al. 2005), una maggiore predominanza degli arbusti rispetto agli alberi (Mouillot et al. 2002).

Tabella 1: Alcuni impatti attesi dai cambiamenti climatici nell'area mediterranea durante il secolo XXI, sotto l'ipotesi che non ci sia adattamento⁸

Settore / Sistema	Impatto	Area Mediterranea
Risorse idriche	Inondazioni	↓
	Disponibilità d'acqua	↓↓↓
	Stress idrico	↓↓↓
Foreste, arbusti e zone erbacee	Foreste Produzione Primaria Netta (PPN)	Da ↑ a ↓
	Spostamento delle specie arboree verso nord / aree interne	Da ↑ a ↓
	Stabilità dei sistemi forestali	↓↓↓
	Arbusti (PPN)	↓↓↓
	Disturbi Naturali (e.g., incendi, pesti, vento)	↓↓↓
	Aree erbacee (PPN)	↓↓↓
Biodiversità	Piante	↓↓↓
	Biodiversità d'acqua dolce	↓↓↓
Agricoltura	Area coltivabile	↓↓
	Area agricola	↓↓
	Coltivazioni estive (mais, girasole)	↓↓↓
	Coltivazioni invernali (frumento)	↓↓
	Domanda d'irrigazione	↓↓↓
	Coltivazioni per la produzione di energia (<i>biofuel</i>)	↓↓
	Allevamenti bestiame	↓↓

Fonte: adattato da 4AR IPCC (2007).

⁸ La portata dell'impatto stimato è indicata dal numero di frecce (da una a tre). Impatti positivi: freccia verso l'alto; impatti negativi: freccia verso il basso; un cambiamento nella direzione dell'impatto durante il secolo corrente è indicato con "Da... a..".

Tabella 2: Stime d'impatto collegate a desertificazione in Europa Meridionale.

Tipo di impatto	Orizzonte temporale	Stima d'impatto	Fonte
Runoff	2020	Da 0% a - 23%	Arnell, 2004
	2050	Da -20% a -30%	Arnell, 2004
	2070	Da -6% a -36%	Alcamo et al, 2006
Flusso minimo d'acqua superficiale nei mesi estivi	2070	Fino a -80% in alcuni fiumi	Santos et al, 2002
Siccità	2070	Aumento rischio di siccità: da un evento ogni 100 anni ad un evento ogni 50 anni o meno	Santos et al, 2002
Raccolti	2050	Legumi: da -30% a +5% Girasole: da -12% a +3% Tuberi: da -14% a +7%	Giannokopoulos et al. 2005
Domanda d'acqua da parte di determinate specie coltivate	2050	Mais: da +2% a + 4% Patate: da +6% a +10%	Giannokopoulos et al. 2005 e Audsley et al. 2006

Queste proiezioni d'impatto riferite all'area che comprende il territorio italiano diventano ancora più preoccupanti se combinate con le stime riportate in precedenza sull'estensione di aree aride, semi aride e sub-umide che si starebbero trasformando in aree degradate. Quindi, si può concludere che gli impatti attesi dai cambiamenti climatici contribuiranno ad un esacerbarsi delle criticità già evidenti in questi anni (Giupponi e Shechter 2003).

B. Dimensione economica e sociale della desertificazione

I principali effetti della desertificazione riconosciuti in letteratura si traducono in una diminuzione della fertilità del suolo, della sua capacità di ritenzione idrica, e della produttività della vegetazione, con una conseguente riduzione dei raccolti in agricoltura, dei rendimenti del bestiame, della biomassa boschiva e della biodiversità della vegetazione. Tali effetti, portando a pratiche di uso della terra sempre meno sostenibili, possono a loro volta esacerbare ulteriormente il processo di desertificazione.

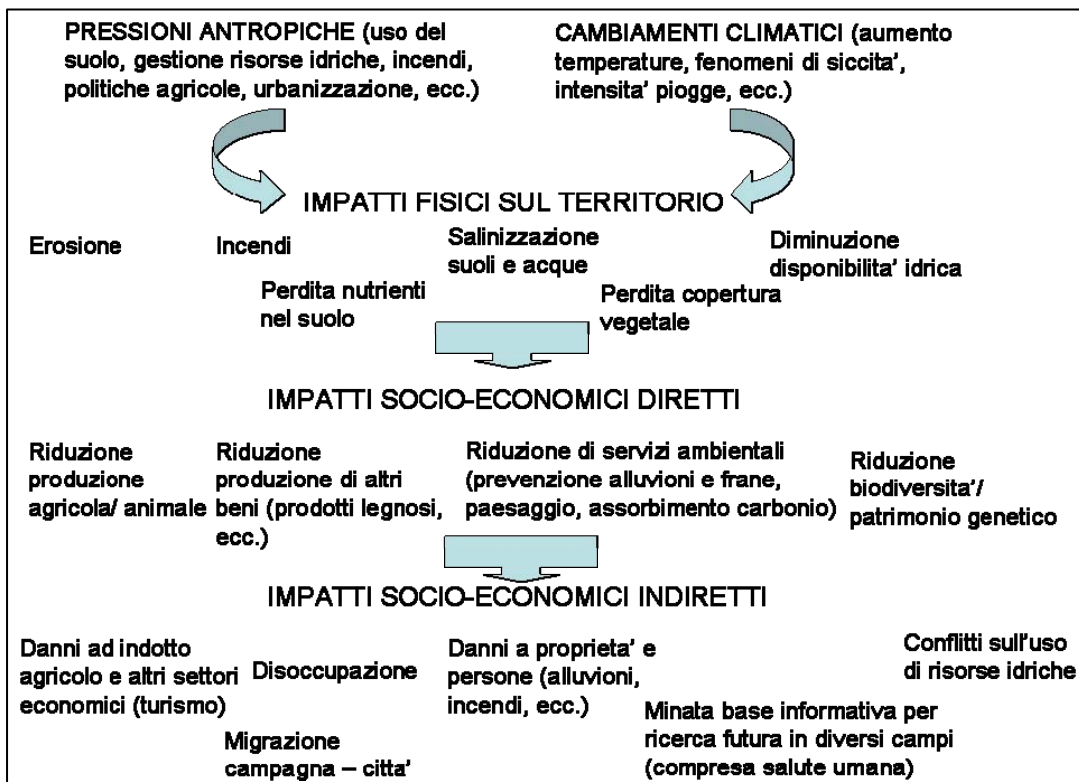
Oltre agli impatti diretti appena menzionati, i processi di desertificazione possono portare a tutta una serie di impatti socio-economici indiretti, che ovviamente dipenderanno dalle caratteristiche locali. La figura 2 rappresenta molti fra i possibili effetti della desertificazione, distinguendo fra impatti "fisici", socio-economici diretti e socio-economici indiretti. Dalla figura sono facilmente intuibili alcuni importanti aspetti:

- alcuni impatti sono molto più facilmente quantificabili di altri: ad esempio, dare un valore alla perdita di produttività in agricoltura in seguito al degrado del suolo è relativamente più facile rispetto a quantificare l'effetto sulla perdita di biodiversità;
- alcuni impatti indiretti sono il risultato di un insieme complesso di "forze di pressione" che, sommate alla desertificazione, portano ad un determinato risultato: ad esempio, conflitti sociali per l'uso dell'acqua sono sicuramente il risultato della scarsità d'acqua, esacerbata dalla desertificazione, ma anche di cattive pratiche di gestione (mancato utilizzo di sistemi irrigui efficienti, coltivazione di specie che necessitano di un elevato apporto di acqua, perdite nelle condutture, prelievi abusivi, ecc.);
- alcuni impatti hanno effetti non solo all'interno dell'area circoscritta interessata dalla desertificazione, ma arrivano ad interessare aree limitrofe (come nel caso della

- migrazione di persone dalla campagna alla città) o addirittura ad avere effetti “globali” (come nel caso della perdita di biodiversità);
- alcuni impatti della desertificazione (perdita della copertura vegetale, anche in seguito ad incendi) hanno effetto anche sul sequestro di carbonio e quindi sul lato della “mitigazione” dei cambiamenti climatici. Se a livello locale l’effetto negativo sulla mitigazione è sicuramente trascurabile, a livello globale il problema assume una certa rilevanza.

I punti elencati dovrebbero dare un’idea piuttosto chiara delle sfide che una valutazione d’impatto comporta nel caso della desertificazione. Infatti, oltre al problema rappresentato dal concorso di fattori antropici e climatici nel determinare il fenomeno, di cui si è già parlato, per valutarne le conseguenze si aprono tutta una serie di problematiche concettuali e metodologiche. Un’ovvia implicazione è che qualunque modello che cerchi di quantificare gli impatti della desertificazione ben difficilmente potrà comprendere adeguatamente tutti gli aspetti del fenomeno e pertanto i risultati tenderanno a sottostimare l’impatto reale.

Figura 2: Possibili impatti della desertificazione



II. Costi di inazione e delle opzioni di adattamento alla desertificazione

Come accennato nell’introduzione, nella letteratura internazionale esistono due distinti filoni di ricerca che si occupano, il primo, di valutazione economica degli impatti dei cambiamenti climatici, il secondo, di valutazione economica del degrado del suolo. La descrizione dei metodi e degli aspetti salienti delle due letterature è riportata in Appendice C. Non esistono, a conoscenza degli autori, studi che si pongono l’obiettivo di approfondire o combinare gli

approcci tipici delle due letterature, evidenziando un importante *gap* conoscitivo, come sarà meglio trattato nel prossimo capitolo. Di seguito si illustra l'evidenza disponibile a livello internazionale sulle stime dei costi di inazione e delle opzioni di adattamento alla desertificazione, che provengono dalla letteratura sulla valutazione economica del degrado del suolo. Si passa quindi alla considerazione delle possibilità di valutazione degli impatti in Italia.

A. Stime economiche nella letteratura internazionale

Pochi studi in realtà si sono posti l'obiettivo di stimare a livello di paese o regione i costi della desertificazione, e gli autori non sono a conoscenza di alcuno studio riferito in particolare all'Italia. Nel recente convegno UNCCD tenutosi a Roma nel mese di dicembre 2006 è stata sottolineata la mancanza di studi economici sui costi della desertificazione, motivata, come si è già accennato nel capitolo 1, dalla difficoltà di sviluppare una metodologia integrata per l'analisi dei costi diretti ed indiretti del fenomeno a scala nazionale o globale. Tuttavia alcuni lavori hanno tentato di offrire delle stime dei costi utilizzando degli approcci metodologici per le stime di impatto diretto che almeno in parte riescono ad affrontare il tema.

Questi studi stimano per lo più la perdita di produttività in seguito ad erosione del suolo, o danni a proprietà e persone a causa di incendi, ecc., tralasciando la gran parte degli impatti indiretti della desertificazione precedentemente descritti. Inoltre, come già menzionato, nessuno degli approcci utilizzati per la stima dei costi della desertificazione considera l'effetto dei cambiamenti climatici. Nonostante le limitazioni, si deve però riconoscere che le stime di danno diretto costituiscono un'importante informazione riguardo al limite inferiore del danno totale. Tale soglia è cruciale per dare un ordine di grandezza agli investimenti minimi che sarebbe economicamente efficiente sostenere per la lotta alla desertificazione.

Il primo passo per una valutazione dei costi di inazione relativi alla perdita di produttività è la stima fisica del danno, prima fra tutte la perdita di suolo fertile, che viene generalmente espressa in unità di superficie o in tonnellate di suolo perse. Una fonte del 1992 delle Nazioni Unite riportava ad esempio che ogni anno la Turchia, la Tunisia ed il Marocco avrebbero perso rispettivamente 54.237, 18.000 e 2.200 ha di terra coltivata a causa dell'erosione del suolo (UNEP, 1992). Uno studio più recente (Matallo 2006), basato sull'utilizzo della Universal Soil Loss Equation (USLE) descritta in Appendice e riferito a 11 Paesi dell'America Latina, stimava la perdita di suolo fertile nell'ordine di grandezza di decine di miliardi di tonnellate all'anno, con stime per Paese che variano dai 5 milioni di tonnellate della Costa Rica ai 20 miliardi dell'Argentina (Tabella 3). Questo lavoro stimava, oltre alla perdita di suolo fertile, anche la perdita di acqua indotta dalla desertificazione.

Passando alle valutazioni economiche, l'unica stima disponibile a livello globale sui costi della desertificazione si basa sull'approccio geografico-spaziale descritto in Appendice C, ovvero sulla suddivisione delle aree aride del mondo in aree agricole irrigate, non-irrigate, e terreni da pascolo (Dregne and Chou, 1992). A questa caratterizzazione spaziale, basata su dati UNESCO per ogni paese, è stata quindi applicata una stima economica del costo della desertificazione per ettaro, in relazione alle diverse tipologie di terra o attività produttive, basato su numerosi studi alla micro-scala condotti in Australia e negli Stati Uniti, per arrivare ad una stima di costo globale per le aree vulnerabili. Ogni anno il degrado di terra da pascolo veniva stimato da questo studio nell'intorno di 7 US\$ per ettaro, per terreno non-irrigato nella misura di 38 US\$ per ettaro, per terreno irrigato nella misura di 250 US\$ per ettaro, con una perdita di produttività globale molto elevata. Lo studio stimava che il costo annuale della desertificazione a livello mondiale nel 1990 fosse pari a 42 miliardi di US\$ (di cui 11 imputabili alla perdita di terreno irrigato, 8 di terreno non-irrigato, e 23 di terreno a pascolo).

Rispetto alle stime economiche a livello nazionale, un quotidiano spagnolo dell'ottobre 1994 indicava ad esempio che l'erosione del suolo causata da incendi di foreste e piogge torrenziali sarebbe costato ogni anno più di 55.000 milioni di pesetas, pari a 360 milioni di US\$ nel 1994 (López-Bermúdez, 1995). Lo studio di Matallo (2006), citato in precedenza, stimava un impatto economico della desertificazione che in aggregato ammonterebbe a circa 36 miliardi di US\$

all'anno negli 11 Paesi indicati. Lo studio si spinge fino ad includere nel costo totale anche la perdita di biodiversità, e valutando anche questo impatto, i costi di inazione arriverebbero a 54 miliardi di US\$.

Altri studi misurano le perdite economiche causate dal degrado del suolo in termini di PIL agricolo. Molti di questi studi sono basati su modelli di equilibrio economico generale e si riferiscono a paesi in via di sviluppo (Diao and Sarpong 2007, Young 1999, Bojo 1996, Convey and Tutu 1992, Drechsel and Glielie 1999, and ISSER/DFID/World Bank 2005). Le stime indicano generalmente una perdita annua di PIL agricolo compresa fra 2% e 10%, con una mediana intorno al 5%. Di nuovo, queste stime considerano, fra i numerosi impatti possibili del degrado del suolo, solamente la perdita di produttività agricola e gli effetti che tale diminuzione di produzione avrebbe sul resto dell'economia nazionale. Inoltre, è importante ribadire che nessuno di questi studi include gli effetti del cambiamento climatico.

Tabella 3: Costi dell'inazione alla desertificazione in 11 Paesi dell'America Latina, H.Matallo, 2006

Paese	Aree soggette a desertificazione (ettari)	Costo della perdita del suolo (10 US\$/t)	Costo delle perdite di acqua (0,5 US\$/m³)	Costi totali
Argentina	195.426.700	19.542.670.000	195.426.700	19.738.096.700
Brasil	66.554.300	6.655.430.000	66.554.300	6.721.984.300
Colombia	19.351.000	1.935.100.000	19.351.000	1.954.451.000
Costa Rica	51.654	5.165.400	51.654	5.217.054
Ecuador	7.060.437	706.043.700	7.060.437	713.104.137
El Salvador	363.000	36.300.000	363.000	36.663.000
México	58.689.150	5.868.915.000	58.689.150	5.927.604.150
Panamá	1.876.920	187.692.000	187.692	187.879.692
Paraguay	1.000.000	100.000.000	1.000.000	11.000.000
Republica Dominicana	3,290,817	329.081.700	3.290.817	332.372.517
Venezuela	9.883.100	988.310.000	9.883.100	108.693.100
Totale	357.247.078	35.724.707.800	357.247.078	36.081.954.878

Rispetto alla valutazione economica di misure di lotta alla desertificazione, la letteratura internazionale è ancora più scarsa, al limite dell'inesistenza. Stime non troppo recenti per la Spagna e la Tunisia (GreenPeace Int., 1997) indicano che la Tunisia da sola spenderebbe 100 milioni di US\$ all'anno per combattere la desertificazione, mentre i costi sostenuti dalla Spagna ammonterebbero a 200 milioni di US\$ all'anno⁹. I pochi articoli scientifici che considerano misure di lotta alla desertificazione guardano generalmente al problema dal punto di vista dei benefici, ma non dei costi. Ad esempio, Diao e Sarpong (2007) stimano i benefici lordi di pratiche di gestione sostenibile dei suoli in termini sia di danno evitato tramite controllo dell'erosione, sia di aumento di produttività in seguito a pratiche di miglioramento della qualità del suolo. D'altra parte, gli autori ammettono che un grosso limite del loro lavoro è costituito dalla mancata considerazione dei costi di tali pratiche di gestione sostenibile del suolo, a causa della difficoltà di reperimento di dati.

E' importante precisare che il calcolo dei costi è un aspetto importante nella valutazione dell'adattamento, ma costituisce solo una delle componenti da considerare per la scelta delle misure più appropriate. Di volta in volta, a seconda del contesto specifico e delle possibilità

⁹ La fonte citata nel Rapporto di GreenPeace International è giornalistica: El Mundo, 13 October 1993; La Vanguardia, 7 January, 1994

applicative, potrà interessare valutare costi, benefici, efficacia, costo-efficacia, o utilità sociale in senso lato delle misure di adattamento. Diversi metodi per la valutazione delle politiche di adattamento (Analisi Costi-Benefici, Costi-Efficacia, e Multicriteriale) sono descritte in Appendice C, congiuntamente a qualche esempio applicativo.

B. Possibili approcci valutativi nel caso italiano

Passando a considerare le possibilità di valutazione degli impatti e dell'adattamento in Italia, si possono individuare diverse scale geografiche di riferimento.

- ⇒ Alla *scala di riconoscimento*, un approccio di tipo geografico-spaziale potrebbe essere sviluppato, per il calcolo del costo di inazione alla desertificazione, in modo da essere più idoneo, rispetto agli approcci finora utilizzati in altri Paesi, alla considerazione dei diversi sistemi di degradazione che portano alla desertificazione sul territorio nazionale. Per poter operare si dovrebbero innanzitutto identificare i sistemi di degradazione rispetto ai quali eseguire la valutazione, avendo come riferimento quelli considerati nell'Atlante Nazionale, e cioè: a) erosione idrica; b) deposizione; c) urbanizzazione; d) salinizzazione; e) aridità. Sempre con riferimento a quanto riportato nell'Atlante, si potrebbero quindi utilizzare le analisi di tipo fisico prodotte da studi recenti (ad esempio nel caso dell'erosione idrica: valutazioni della massa del suolo, dei fenomeni di erosione, degli indici di vegetazione, di suscettività agli incendi, di pressioni legate all'uso agro-silvo-pastorale, di misure agro-ambientali o di protezione del suolo) per effettuare valutazioni di scenario ed analizzare gli effetti di diverse politiche di lotta alla desertificazione. Viste le grandi differenze topografiche, climatiche e socio-economiche esistenti all'interno del Paese, sarebbe fondamentale sfruttare il più possibile le conoscenze specifiche sui sistemi territoriali, naturali e antropici disponibili a livello nazionale.
- ⇒ Alla *scala di semi-dettaglio*, sarebbe sicuramente auspicabile eseguire degli studi a livello regionale, adottando una metodologia comune, ma adattata di volta in volta alle specifiche fonti di pressione. L'analisi si dovrebbe concentrare sulle aree di maggiore interesse identificate alla scala di riconoscimento e partire dalla base conoscitiva fornita dai numerosi studi già realizzati sugli aspetti fisici del fenomeno e sulla vulnerabilità. Sarebbe opportuno, per quanto fattibile, comprendere nella valutazione economica la considerazione degli impatti socio-economici indiretti, legati ai servizi ambientali forniti dalle aree vulnerabili. Inoltre, ci si potrebbe porre l'obiettivo di estendere l'analisi degli impatti del degrado del suolo alla considerazione degli effetti attesi dei cambiamenti climatici sulla desertificazione e sui conseguenti aumenti dei costi, attraverso l'integrazione dei modelli di desertificazione con i modelli economici di impatto dei cambiamenti climatici più idonei. Sono già disponibili ad esempio stime economiche sugli effetti di stagioni estive particolarmente calde sulla numerosità degli incendi in Italia, che costituiscono una delle cause principali di degrado del suolo¹⁰. Il riquadro 2 fornisce, a titolo esemplificativo, una proposta di analisi per la Regione Sardegna.
- ⇒ Alla *scala di dettaglio* si potrebbe poi procedere entrando nello specifico della valutazione delle misure di costi di inazione e di misure di difesa del suolo più idonee a livello locale. Ad esempio, dove la desertificazione è dovuta primariamente a pratiche agricole non sostenibili e carenza idrica, le analisi economiche dovrebbero concentrarsi sui costi d'impatto dello "status quo" e sulla valutazione di possibili misure di lotta al degrado del suolo, razionalizzazione e risparmio d'acqua ecc, come più ampiamente sviluppato nell'appendice metodologica A. A questo fine, sarebbe molto importante contribuire alla raccolta e pubblicazione di informazioni sui costi di possibili interventi

¹⁰ Galeotti, M., Goria, A., Spantidaki, E., Mombrini, P. (2004)., Weather Impacts on Natural, Social and Economic Systems (WISE) - Part I: Sectoral Analysis of Climate Impacts in Italy , FEEM WP 31.04

(ad esempio costi per ettaro di terreno) e sull'efficacia di diverse misure di lotta alla desertificazione (tramite la definizione e l'aggregazione di adeguati indici, come presentato nel Riquadro 1 in Appendice, nonché un'attenta opera di monitoraggio).

RIQUADRO 2

Proposta di valutazione economica degli impatti degli incendi sul degrado del suolo in Sardegna, inclusi gli effetti dei cambiamenti climatici

In Sardegna gli incendi costituiscono la causa più importante dell'erosione del suolo e i cambiamenti climatici concorreranno ad aumentare il numero di incendi. Di conseguenza, in Sardegna si potrebbe arrivare ad una stima approssimativa del costo dell'erosione del suolo legata agli incendi e anche stimare di quanto i cambiamenti climatici concorrerebbero ad aumentare questo costo. Questa analisi darebbe un'informazione preziosa per il finanziamento di adeguate misure di prevenzione e lotta agli incendi, che si possono considerare, almeno in parte, costi di adattamento ai cambiamenti climatici.

Un tale studio potrebbe beneficiare dei risultati di una serie di progetti finalizzati negli ultimi anni, tra cui il progetto EC *WISE* sugli impatti socio-economici degli eventi climatici estremi (Galeotti et al., 1999). Nell'ambito di questo progetto, è stata studiata l'influenza delle stagioni estive particolarmente calde sulla numerosità degli incendi in Italia, e sui costi di adattamento in termini di anticipo ed estensione del periodo operativo per la campagna anti-incendio nella stessa Regione. Lo studio utilizza un modello lineare basato sull'analisi di serie storiche per gli incendi e per le variabili climatiche degli ultimi tre decenni. Le stime suggeriscono che un aumento di 1 grado C nelle temperature estive regionali provocherebbe in media 21 incendi in più all'anno per regione. L'aumento di un punto percentuale nel *dryness index*¹¹ regionale nel periodo estivo implicherebbe invece ben 59 incendi in più per regione. Nell'estate del 1985, estate particolarmente calda, una media per regione di ben 328 incendi sarebbe spiegata dal *dryness index*. Specularmente, l'aumento di un punto percentuale nelle precipitazioni estive implicherebbe una diminuzione del 4.9% nel numero di incendi.

Rispetto ai costi degli incendi, durante gli anni particolarmente caldi e secchi i costi sostenuti per riparare i danni sono stati molto più alti rispetto agli anni con temperature più normali. Questi costi di recupero potrebbero essere considerati una stima approssimativa dei costi di inazione, o meglio una stima di danno residuale a fronte di adattamento insufficiente. Si tratta comunque di stime in difetto in quanto considerano solo quella parte di danno risanabile con interventi riparativi, ma escludono tutti quegli impatti, compreso il degrado del suolo e la perdita parziale di flora e fauna, che non sono normalmente oggetto di recupero. A titolo esemplificativo, nel 1985 si sono spesi 103,5 miliardi di vecchie Lire ai prezzi correnti¹², rispetto all'anno precedente (un anno "normale") in cui si spesero 28.2 miliardi. Nel 1994, anno caratterizzato da temperature ben al di sopra della media, la spesa fu di 85,9 miliardi di Lire, un aumento del 26,3% rispetto ai costi sostenuti nell'anno precedente.

Rispetto all'individuazione e valutazione di appropriate misure di adattamento in Italia, come già detto, difficilmente esistono misure esclusive di adattamento ai cambiamenti climatici o lotta alla desertificazione, poiché gli interventi proposti di volta in volta producono anche altri effetti, generalmente positivi, sul ciclo dell'acqua, sulla conservazione del suolo in generale, ecc. Di conseguenza è evidente la necessità di fare in modo che le politiche da adottare vengano definite in un'ottica di *sinergie multi-obiettivo*. Non a caso si parla generalmente in modo combinato di lotta alla desertificazione e alla siccità, ma sinergie devono essere trovate anche con le altre politiche territoriali, in primo luogo la Politica Agricola Comunitaria (PAC). In questo senso sarebbe anche importante sviluppare ulteriormente dei *codici di buone pratiche*, così come fare degli elenchi di quelle che devono essere considerate cattive pratiche. Infatti, in passato la PAC ha spinto verso una maggiore intensificazione e sfruttamento di aree marginali, che, pur limitando la "desertificazione sociale" (contrasto all'emigrazione da aree marginali), ha di fatto prodotto in alcuni casi effetti negativi sul degrado del suolo¹³.

¹¹ Il *dryness index* misura il rapporto tra temperatura e precipitazioni

¹² Prezzi correnti nel 1999, anno di pubblicazione dello studio

¹³ Povellato, A., and D. Ferraretto, 2005. *Desertification policies in Italy: new pressures an land and 'desertification' as a rural-urban migran*. In: G. Wilson and M. Juntti (eds.), *Unraveling Desertification -*

III. Gap conoscitivi e nuove direzioni per la ricerca

Le metodologie fino ad oggi adottate per la stima dei costi di inazione rispetto alla desertificazione presentano numerose lacune. I due approcci principali, presentati in Appendice C., condividono infatti i seguenti limiti:

- il periodo temporale di riferimento utilizzato per le stime prodotte da questi modelli in generale non riflette adeguatamente né la variabilità (stagionale e interannuale) delle piogge, che caratterizza le zone vulnerabili alla desertificazione, né l'aumento nella frequenza di eventi estremi, quali eventi siccitosi, prospettati dagli ultimi scenari sul cambiamenti del clima. L'attenzione agli aspetti climatici ed agli scenari climatologici futuri in questi modelli è marginale, e suggerisce la forte necessità di integrare parte delle conoscenze e della modellistica sviluppate nell'ambito della letteratura sul cambiamento climatico con la modellistica agro-ecologica e geografico-spaziale utilizzata in questo ambito specifico;
- i dati ottenuti da studi micro sulla desertificazione sono spesso stati considerati rappresentativi per l'intero territorio nazionale, e di conseguenza estrapolati e utilizzati come base per i modelli applicati su scala geografica nazionale. In un Paese come l'Italia, caratterizzato da un'estrema varietà territoriale, tali estrapolazioni potrebbero essere causa di errori grossolani e andrebbero di conseguenza ben ponderate;
- i costi della desertificazione associati alla diminuzione nella produttività della terra calcolati secondo questi approcci non considerano esplicitamente la componente di adattamento, rappresentata dal modo in cui le popolazioni si possono adattare al degrado della terra, utilizzando per esempio delle tecnologie più efficienti per l'irrigazione, o modificando lo stesso utilizzo della terra;
- entrambi i metodi non tengono conto degli impatti indiretti della desertificazione e del degrado della terra, già analizzati nei capitoli precedenti, portando quindi ad una sottostima del valore sociale del danno causato dalla desertificazione.

Da questa analisi emergono alcune importanti possibilità di ricerca futura:

1. Lo sviluppo di un approccio integrato al problema complesso della lotta alla desertificazione, legato a fattori di pressione rapportabili sia al cambiamento climatico che ad attività antropiche. A tal fine, gli approcci esistenti per la valutazione economica del degrado del suolo potrebbero essere affinati attraverso un'integrazione con i metodi di analisi utilizzati per la stima dei costi di inazione al cambiamento climatico, ad esempio mutuando dai secondi gli scenari climatici (inclusi eventi estremi), sociali ed economici, nella direzione di un approccio dinamico integrato. In questa direzione, ma con riferimento alla siccità, è stato recentemente svolto uno studio della Banca Mondiale (2006a) descritto nel Riquadro 3.
2. La risoluzione delle principali carenze metodologiche in termini di *integrated impact assessment* per la stima dei costi di inazione nel caso della desertificazione, ovvero:
 - la valutazione degli impatti socio-economici indiretti;
 - la valutazione dei servizi ambientali offerti dagli ecosistemi vulnerabili (esternalità);
 - la gestione dell'incertezza.

A tal fine, metodi di valutazione dell'economia ambientale, già ampiamente utilizzati nell'ambito degli studi di impatto dei cambiamenti climatici (ad es. il metodo *benefit transfer* illustrato in Appendice D), potrebbero essere più diffusamente applicati al contesto

della desertificazione.

RIQUADRO 3

Un approccio integrato allo studio del rischio di siccità in India

La Banca Mondiale ha recentemente sviluppato un modello sulla probabilità del rischio di siccità applicato al contesto rurale dell'Andhra Pradesh, in India. Lo studio intende da un lato sviluppare un solido framework di analisi per simulare gli impatti di lungo periodo della siccità a livello micro e macro, dall'altro sviluppare un'analisi quantitativa del rischio degli impatti in funzione di diversi scenari, per disegnare delle strategie preventive di adattamento. Il modello si compone di quattro moduli, rispettivamente su: il rischio climatico, la vulnerabilità dei suoli e delle produzioni, un modulo sui costi diretti ed un modulo sui costi indiretti (quest'ultimo costituito da un modello *input-output* e da un modello macroeconomico), che portano ad una stima monetaria dell'impatto di eventi siccitosi.

Più in dettaglio, il modello permette di calcolare il rischio di eventi siccitosi in termini probabilistici e di studiare l'impatto di strategie di gestione del rischio e di diversi scenari climatici sulla produttività e sul rendimento del raccolto in 8 distretti vulnerabili alla siccità nell'area oggetto di studio. Il modello è stato calibrato sfruttando le conoscenze locali nelle pratiche di gestione della terra e nella fenologia dei raccolti, integrando una dimensione partecipata (*bottom up*) nell'analisi.

Con riferimento *alla situazione italiana* sarebbe in particolare opportuno:

- identificare il contesto istituzionale e le competenze specifiche per la lotta alla desertificazione;
- definire un *menu* di strategie di riferimento con pacchetti di misure rispetto a specifici insiemi di obiettivi, e di fenomeni, fornendo quindi soluzioni per un approccio integrato e mirato alla lotta alla desertificazione;
- integrare gli studi sulla vulnerabilità del territorio in senso fisico con un concetto di vulnerabilità che comprenda anche la sfera sociale ed economica;
- integrare gli studi sulla vulnerabilità con gli scenari esistenti sui possibili effetti dei cambiamenti climatici nelle diverse regioni del Paese;
- effettuare un *downscaling* a scala locale degli scenari e integrarne gli effetti in termini di variazione di pressioni sulle determinanti della desertificazione alla scala micro;
- contribuire alla raccolta di dati sui costi ed efficacia di diverse misure di lotta alla desertificazione, che sono difficilmente reperibili in letteratura;
- sviluppare casi di studio locali sulle possibili strategie di adattamento confrontando diverse tecniche di Analisi Costi-Benefici, Costi-Efficacia, e Multicriteriale;
- realizzare studi pilota di applicazione delle misure, con lo scopo di introdurre nella gestione del problema desertificazione un approccio di tipo adattativo, ovvero considerando di volta in volta opzioni alternative, verificandone i risultati e migliorando via via l'efficacia per successive approssimazioni.

Bibliografia

- Adams, R.M., McCarl, B.A., Segerson, K., Rosenzweig, C., Bryant, K.J., Dixon, B.L., Conner, R., Evenson, R.E., and Ojima, D. (1999). Economic Effects of Climate Change on US Agriculture. In: Mendelsohn, R., and Neumann, J.E. (eds.), *The Impact of Climate Change on the United States Economy*. Cambridge MA: Cambridge University Press. pp. 18-54.
- Albaladejo, J., 1995. *Soil rehabilitation and desertification control: case study in Murcia*. In: Desertification in a European context: physical and socio-economic aspects. Proceedings of the European School of Climatology and Natural Hazards Course, El Campello, Pueblo Acantilado, Alicante, Spain, 6-13 October 1993. 213-224.
- Arrow, K.J., Cline, W.R., Maeler, K.-G., Munasinghe, M., Squitieri, R., and Stiglitz, J.E. (1996). Intertemporal Equity, Discounting, and Economic Efficiency', in *Climate Change 1995: Economic and Social Dimensions -- Contribution of Working Group III to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Bruce, J.P., Lee, H., and Haites, E.F. (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, pp. 125-144.
- Aru, A. (1984). Aspects of desertification in Sardinia. In: R. Fantechi and N.S. Margaritis. (Eds.), *Desertification in Europe*.
- Azar, C. (1999). Weight Factors in Cost-Benefit Analysis of Climate Change, *Environmental and Resource Economics*, 13, 249-268.
- Azar, C. and Sterner, T. (1996). Discounting and Distributional Considerations in the Context of Global Warming, *Ecological Economics*, 19, 169-184.
- Basso, F., E. Bove, S. Dumontet, A. Ferrara, M. Pisante, G. Quaranta, and M. Taberner, 2000. *Evaluating environmental sensitivity at the basin scale through the use of geographic information systems and remotely sensed data: an example covering the Agri basin (Southern Italy)*. CATENA. 40(1):19-35.
- Bathurst, J. C., J. Sheffield, X. Leng, and G. Quaranta, 2003. *Decision support system for desertification mitigation in the Agri basin, southern Italy*. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C. 28(14-15):579-587.
- Beg, N., O. Davidson, Y. Afrane-Okesse, L. Tyani, F. Denton, Y. Sokona, J. P. Thomas, E. L. La Rovere, J. K. Parikh, K. Parikh, and A. Atiq Rahman, 2002. *Linkages between climate change and sustainable development*. Climate Policy. 2(2-3):129-144.
- Belliveau S., Bradshaw B., Smit B. and B. Sawyer (2006), *Farm-Level Adaptation to Multiple Risks: Climate Change and other Concerns*. Occasional Paper No. 27, University of Guelph, Guelph
- Belton, V., Stewart, T. J. (2002). *Multiple criteria decision analysis: an integrated approach*. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Berrens, R.P., Bohara, A.K., Jenkins-Smith, H.C., Silva, C.L. and Weimer, D.L. (2004). Information and Effort in Contingent Valuation Surveys: Application to Global Climate Change using National Internet Samples, *Journal of Environmental Economics and Management*, 47, 331-363.
- Bojo, J. (1996). The costs of land degradation in Sub-Saharan Africa., *Ecological Economics*, 16: 161-173
- Bosello, F. (2005). *Adaptation, Mitigation and R&D to Combat Global Climate Change*:

- Conflicting Strategies? Insights from an Empirical Integrated Assessment Exercise*, PhD Dissertation Thesis, University of Venice
- Bosello, F., C. Giupponi, and A. Povellato, 2007. *A review of recent studies on cost effectiveness of GHG mitigation measures in the European agro-forestry sector*. FEEM Working Paper. 14-2007:19.
- Bosello, F., Lazzarin, M., Roson, R., and Tol, R.S.J. (2004b). *Economy-Wide Estimates of the Implications of Climate Change: Sea Level Rise*. Research Unit Sustainability and Global Change **FNU-38**, Hamburg University and Centre for Marine and Atmospheric Science, Hamburg.
- Bouwer, L. M. and Aerts, J.C.J.H. (2006). Financing Climate Change Adaptation, *Disasters*, 30(1): 49–63.
- Bradford, D.F. (2001). Time, Money and Tradeoffs, *Nature*, 410, 649-650.
- Broome, J. (1992). *Counting the Cost of Global Warming*, White Horse Press, Cambridge.
- Carnemolla, S., A. Drago, M. Perciabosco, and F. Spinnato, *Metodologia per la redazione di una carta in scala 1:250000 sulle aree vulnerabili al rischio di desertificazione in Sicilia*.
- Ceccarelli, T., F. Giordano, A. Luise, L. Perini, and L. Salvati, 2006. *La vulnerabilità alla desertificazione in Italia: raccolta, analisi, confronto e verifica delle procedure cartografiche di mappatura e degli indicatori a scala nazionale e locale*. APAT, CRA-UCEA, Roma.
- Ceronsky, M., D. Anthoff, C. Hepburn and R.S.J. Tol (2005). *Checking the price tag on catastrophe: The social cost of carbon under non-linear climate response*, Research unit Sustainability and Global Change, Hamburg University and Centre for Marine and Atmospheric Science, Hamburg.
- Comitato Nazionale per la Lotta alla Desertificazione in Italia (1999), *Linee Guida del Piano d’Azione Nazionale per la Lotta alla Desertificazione*
- Comitato Scientifico del WWF Italia (2007), *Per un Piano di adattamento al cambiamento climatico in Italia*
- Comitato, n. p. l. l. a. d., 1999a. *Comunicazione nazionale per la lotta alla siccità e alla desertificazione*. Ministero dell'ambiente, Roma, 115 pp.
- Convey, F.J. and Tutu, K.A. (1992). Evaluating the costs of environmental degradation in Ghana. Prepared for the Environmental Protection Council.
- Costantini, E. A. C., M. Bocci, G. L’Abate, A. Fais, G. Leone, G. Loj, S. Magini, R. Napoli, P. Nino, and U. F., 2004. *Mapping the state and risk of desertification in Italy by means of remote sensing, soil gis and the EPIC model. methodology validation in the Sardinia island, Italy*. In: International Symposium: Evaluation and Monitoring of Desertification. Synthetic Activities for the Contribution to UNCCD, Tsukuba, Ibaraki, Japan, February 2 2004.
- Cropper, M.L., Aydede, S.K., and Portney, P.R. (1992). Rates of Time Preference for Saving Lives, *American Economic Review*, 82, (2), 469-472.
- Darwin, R.F., and Tol, R.S.J., (2001). Estimates of the Economic Effects of Sea Level Rise, *Environmental and Resource Economics* 19, 113-129.
- Dasgupta, P. and Maskin, E. (2005). Uncertainty and Hyperbolic Discounting, *American Economic Review*, 95, (4), 1290-1299.

- Davidson, M.D. (2006). A Social Discount Rate For Climate Damage to Future Generations Based on Regulatory Law, *Climatic Change*, 76, 55-72.
- Diao, X., Sarpong D. B., 2007: Cost Implications of Agricultural Land Degradation in Ghana. An Economywide, Multimarket Model Assessment. IFPRI Discussion Paper 00698.
- Dore M., and Burton I. (2000). The Costs of Adaptation to Climate Change in Canada: A Stratified Estimate by Sectors and Regions, Canadian Climate Change Action. Fund
- Drechsel, P. and Gyiele, L.A. (1999). The Economic Assessment of Soil Nutrient Depletion. Analytical Issues Framework Development, *Issues in Sustainable Land Management*, No. 7, IBSRAM, Bangkok
- Engelen, G., 2003. *Development of a decision support system for the integrated assessment of policies related to desertification and land degradation in the Mediterranean*. In: C. Giupponi and M. Schechter (eds.), *Climate change in the Mediterranean. Socio-economic perspectives of impacts, vulnerability and adaptation*. E. Elgar, Cheltenham, Uk. 159-195.
- Enne, G., and A. Luise, 2006. *La lotta alla desertificazione in Italia: stato dell'arte e linee guida per la redazione di proposte progettuali di azioni locali*. APAT, Roma.
- Eriksen, Siri, (2001). Policy linkages between climate change and desertification. *Arid Lands Newsletter*,(49)
- European, Commission (1997). *Report of the International conference on Mediterranean desertification: Research results and policy implication*. EC, Brussels (B).
- European Environmental Agency, EEA (1999). Environmental indicators: Typology and overview, EEA Technical Report No 25/1999, Copenhagen.
- European Environmental Agency, EEA (2001). *Reporting on environmental measures. Are we being effective?* EEA Environmental Issues Report No 25/2001, Copenhagen
- European Environmental Agency, EEA Technical Internal Report (2006) 'Climate Change: the Cost of Inaction. A review of assessment studies with a focus on the methodologies used', prepared by B. Buchner, M. Catenacci, A.Goria, O. Kuik, R.Tol
- European Environmental Agency, EEA Technical Internal Report (2007) 'Costs of Adaptation to climate change: a review of assessment studies with a focus on the methodologies used', prepared by F. Bosello, O. Kuik, R. Tol, P. Watkiss
- Evans, D.J. and Sezer, H. (2004). Social Discount Rates for Six Major Countries, *Applied Economics Letters*, 11, 557-560.
- Fankhauser, S. (1995). *Valuing Climate Change - The Economics of the Greenhouse*, 1 edn, EarthScan, London.
- Fankhauser, S., Tol, R.S.J., and Pearce, D.W. (1997). The Aggregation of Climate Change Damages: A Welfare Theoretic Approach, *Environmental and Resource Economics*, 10, 249-266.
- Fankhauser, S., Tol, R.S.J., and Pearce, D.W. (1998). Extensions and Alternatives to Climate Change Impact Valuation: On the Critique of IPCC Working Group III's Impact Estimates, *Environment and Development Economics*, 3, 59-81.
- Fankhauser, S. (2006). The Economics of Adaptation. Background Document for the Stern Review.
- FAO, 2006. *Report on the International Workshop on the cost of inaction and opportunities for*

- investment in arid, semi-arid and dry sub-humid areas*. Rome.
- Ferrara V., A. Farrugia (2007). *Clima: istruzioni per l'uso. I fenomeni, gli effetti, le strategie*. Edizioni Ambiente 296 pp.
- Fischer, G., Shah, M., Tubiello, F.N., and van Velthuizen, H.,(2005). *Socio-economic and climate change impacts on agriculture: an integrated assessment, 1990-2080*.
- Galeotti, M., Gorla, A., Spantidaki, E, (1999), *EC WISE Project Report*
- Galeotti, M., Gorla, A., Spantidaki, E., Mombrini, P. (2004)., *Weather Impacts on Natural, Social and Economic Systems (WISE) - Part I: Sectoral Analysis of Climate Impacts in Italy* , FEEM WP 31.04
- Gambarelli G., Gorla A. (2003), *Valutazione economica degli impatti attesi dei cambiamenti climatici e dell'adattamento: il caso italiano*, co-author with Gretel Gambarelli, in *La risposta al cambiamento climatico in Italia*, Ed.ENEA, Pubb. Ministero dell' Ambiente e del Territorio
- Gerlagh, R. and Keyzer, M.A. (2001). Sustainability and the Intergenerational Distribution of Natural Resource Entitlements, *Journal of Public Economics*, 79, 315-341.
- Glantz, M. H., A. Z. Rubinstein, and I. Zonn, 1993. *Tragedy in the Aral Sea Basin - Looking Back to Plan Ahead*. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions*. 3(2):174-198.
- Gollier, C. (2002a). Discounting an Uncertain Future, *Journal of Public Economics*, 85, 149-166.
- Gollier, C. (2002b). Time Horizon and the Discount Rate, *Journal of Economic Theory*, 107, 463-473.
- Greenpeace International (1997), *Climate Change in the Mediterranean Region*, report prepared by J. Karas
- Guo, J., Hepburn, C.J., Tol, R.S.J., Anthoff, D. (2006). Discounting and the Social Cost of Carbon: A Closer Look at Uncertainty, *Environmental Science and Policy*, 9, 205-216.
- Heal, G.M. (1997). Discounting and Climate Change -- An Editorial Comment, *Climatic Change*, 37, 335-343.
- Hein, L. (2002) Checklist of the potential costs of land degradation and the benefits of mitigation measures. Medaction Work Package 1.3, Deliverable 12. ICEA, FSD and ICIS.
- Henderson, N. and Bateman, I.J. (1995). Empirical and Public Choice Evidence for Hyperbolic Social Discount Rates and the Implications for Intergenerational Discounting, *Environmental and Resource Economics*, 5, 413-423.
- Hersch, J. and Viscusi, W.K. (2006), The Generational Divide in Support for Environmental Policies: European Evidence, *Climatic Change*, 77, 121-136.
- Hope, C.W. (2006), 'The Marginal Impact of CO2 from PAGE2002: An Integrated Assessment Model Incorporating the IPCC's Five Reasons for Concern', *Integrated Assessment*, 6, (1), 19-56.
- Iglesias, A., C. Rosenzweig, and D. Pereira (2000). Prediction of spatial impacts of climate in agriculture in Spain. *Global Environ. Change* **10**, 69-80
- IPCC (2001). Third Assessment Report (TAR), Intergovernmental Panel on Climate Change. WGII, '*Impacts, Adaptation and Vulnerability*'.

- ISSER/DFID/WB (2005). Economic assessment of the sustainability of growth dependent upon renewable natural resources, Ghana
- Johnstone, N. (2005). *Cost of Inaction: Possible Definitions*. ENV/EPOC(2005)18, OECD, Paris.
- Kandlikar, M., Risbey, J. (2000), Agricultural Impacts of Climate Change: If Adaptation is the Answer, What is the Question? *Climatic Change*, **38**, 141-149.
- Kurukulasulya P., and S. Rosenthal (2003), "Climate Change and Agriculture. A review of Impact and Adaptation", The World Bank Environment Department, Climate Change Series, Paper n. 91
- Li, H, Berrens, R.P., Bohara, A.K., Jenkins–Smith, H.C., Silva, C.L., and Weimer, D.L. (2004), Exploring the Beta Model Using Proportional Budget Information in a Contingent Valuation Study, *Ecological Economics*, **28**, 329-343.
- Li, H, Berrens, R.P., Bohara, A.K., Jenkins–Smith, H.C., Silva, C.L., and Weimer, D.L. (2004). Testing for Budget Constraint Effects in a National Advisory Referendum Survey on the Kyoto Protocol, *Journal of Agriculture and Resource Economics*, **30** (2), 350-366.
- Lind, R.C. (1995). Intergenerational Equity, Discounting, and the Role of Cost-Benefit Analysis in Evaluating Global Climate Policy, *Energy Policy*, **23**, (4/5), 379-389.
- Lind, R.C. and Schuler, R.E. (1998). Equity and Discounting in Climate Change Decisions, in W.D. Nordhaus (ed.), *Economics and Policy Issues in Climate Change, Resources for the Future*, Washington, D.C., pp. 59-96.
- López Bermúdez, F. (1995) Desertificación: una amenaza para las tierras mediterráneas. *El Boletín*, **20**:38-48. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- Luise A. et al (2003), Emergenze globali e fenomeni locali: l'analisi della desertificazione in Italia, Atti della Settimana Conferenza Nazionale delle Agenzie Ambientali
- Matallo H. (2006). General approach to the costs of desertification. United Nations Convention to Combat desertification, Latin America and Caribbean Unit, Roma, 4-6 dicembre 2006
- Mendelsohn R. and Dinar A. (1999) Climate Change, Agriculture, and Developing Countries: Does Adaptation Matter? *The World Bank Research Observer*, vol. **14**, no. 2 (August 1999), pp. 277–93.
- Ministero dell'Ambiente e del Territorio (2006) *Third reporting process on UNCCD implementation. National report of Italy*. <http://www.unccd.int/>
- Nefzaoui, A., and H. B. Salem, 2002. Cacti: efficient tool for rangeland rehabilitation, drought mitigation and to combat desertification. *Acta Horticulturae*. (No.581):295-315.
- Newell, R.G. and Pizer, W.A. (2004). Uncertain Discount Rates in Climate Policy Analysis. *Energy Policy*, **32**, 519-529.
- Nordhaus, W.D. and Boyer, J.G. (2000). *Warming the World: Economic Models of Global Warming*, Cambridge: MIT Press.
- Pearce, D.W., Groom, B., Hepburn, C.J., and Koundouri, P. (2003). Valuing the Future - Recent Advances in Social Discounting, *World Economics*, **4**, (2), 121-141.
- Perez-Trejo, F., (ed.) 1994. *Desertification and land degradation in the European Mediterranean*. European Communities (EC), Brussels (B). 63 pp.
- Pimentel, D., C. Harvey, P. Resosudarmo, K. Sinclair, D. Kurz, M. McNair, and S. Crist, 1999.

- Assessment of the environmental and economic costs of soil erosion.* In: Mediterranean Desertification: Research Results and Policy Implications, Crete, Greece. EC. 285-329
- Portney, P.R. and Weyant, J.P. (eds.) (1999). *Discounting and Intergenerational Equity*, Resources for the Future, Washington, D.C.
- Requier-Desjardins M. (2006). *Investing in Recovery of Arid Land*. IRD/C3ED e CSFD, paper presentato alla Conferenza UNCCD di Roma, Dicembre 2006
- Povellato, A., and D. Ferraretto, 2005. *Desertification policies in Italy: new pressures an land and 'desertification' as a rural-urban migran.* In: G. Wilson and M. Juntti (eds.), *Unraveling Desertification - Policies and Actor Networks in Southern Europe*. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands. 101-130.
- Povellato, A., F. Bosello, and C. Giupponi, 2007. *Cost-effectiveness of greenhouse gases mitigation measures in the European agro-forestry sector: a literature survey.* Environmental Science and Policy. In press.
- Pringle, H. J. R., I. W. Watson, and K. L. Tinley, 2006. *Landscape improvement, or ongoing degradation - reconciling apparent contradictions from the and rangelands of Western Australia.* Landscape Ecology. 21(8):1267-1279.
- Quaranta G. (1999) *Politica agricola comunitaria ed aree rurali sensibili: simulazione degli effetti di scenari alternativi*, *Rivista di Economia Agraria*, n.1-2, 73-97
- Requier-Desjardins, M. 2006. *Investing in Recovery of Arid Land*, IRD/C3ED e CSFD, paper presentato alla Conferenza UNCCD di Roma, Dicembre.
- RIADE, *Conoscenze attualmente disponibili sulla desertificazione in Italia e studio tipologico sui fenomeni di desertificazione risocntrabili.* <http://www.riade.net/>.
- Rive, N., Aaheim, H.A., and Hauge, K.E. (2005). *Adaptation and World Market Effects of Climate Change on Forestry and Forestry Products*, Paper presented at the *8th Annual Conference on Global Economic Analysis*, Lübeck, Germany
- Rosato, P., and C. Giupponi, 2003. *What future for Mediterranean agriculture? A proposal to integrate socio-economics in climate change scenarios.* In: C. Giupponi and M. Schechter (eds.), *Climate change in the Mediterranean. Socio-economic perspectives of impacts, vulnerability and adaptation.* E. Elgar, Cheltenham, Uk. 133-158.
- Rosenzweig, C. and Parry, M. L. (1994). *Impacts of climate change on world food supply.* Nature, 367: 133-138.
- Rubio, J. L., 1995. *Desertification: evolution of a concept.* In: *Desertification in a European context: Physical and socio-economic aspects.* European Commission, Brussels. 5-13.
- Schelling, T.C. (1984). *Choice and Consequence*, Harvard University Press, Cambridge.
- Schelling, T.C. (1995). *Intergenerational Discounting*, *Energy Policy*, 23, (4/5), 395-401.
- Smit B., and M. Skinner (2002). *Adaptation Options in Agriculture to Climate Change: a typology.* *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 7, 85-114.
- Smit, B. and J. Wandel, (2006). *Adaptation, Adaptive Capacity and Vulnerability.* *Global Environmental Change*, 16(3): 282-292.
- Stern, N., S.Peters, V.Bakhshi, A.Bowen, C.Cameron, S.Catovsky, D.Crane, S.Cruickshank, S.Dietz, N.Edmonson, S.-L.Garbett, L.Hamid, G.Hoffman, D.Ingram, B.Jones, N.Patmore, H.Radcliffe, R.Sathiyarajah, M.Stock, C.Taylor, T.Vernon, H.Wanjie, and D.Zenghelis

- (2006), *Stern Review: The Economics of Climate Change*, HM Treasury, London.
- Tol, R.S.J. (1995). The Damage Costs of Climate Change: Toward More Comprehensive Calculations, *Environmental and Resource Economics*, 5, 353-374.
- Tol, R.S.J. (2005a). The Marginal Damage Costs Of Carbon Dioxide Emissions: An Assessment Of The Uncertainties, *Energy Policy* 33, 2064–2074.
- Tol, R.S.J. (2005b) Adaptation and mitigation: trade-offs in substance and methods, *Environmental Science & Policy* 8, 572–578. Tol, R.S.J. (2006a), *The Polluter Pays Principle and Cost-Benefit Analysis of Climate Change: An Application of FUND*, Research unit Sustainability and Global Change **FNU-98**, Hamburg University and Centre for Marine and Atmospheric Science, Hamburg.
- Tol, R.S.J. (2006b), The Stern Review on the Economics of Climate Change: A Comment.
- Tol, R.S.J. and Verheyen, R. (2004). State Responsibility and Compensation for Climate Change Damages - a Legal and Economic Assessment, *Energy Policy*, 32, 1109-1130.
- Tol, R.S.J., and Dowlatabadi, H. (2001). Vector-borne Diseases, Climate Change, and Economic Growth, *Integrated Assessment*, 2, 173-181.
- Toth, F. L. (2003). *Climate Policy in Light of Climate Science: the ICLIPS Project*. Climatic Change. 56(1-2):7-36.
- Tubiello, F.N. and Ewert, F. (2002). Modeling the effects of elevated CO₂ on crop growth and yield: A review. *Eur. J. Agr.* 18(1-2), 57-74.
- UNEP (1992), *World Atlas of Desertification*
- UNCCD (1994) United Nations Convention to Combat Desertification. <http://www.unccd.int/>
- UNFCCC (2005). Compendium on methods and tools to evaluate impacts of, and vulnerability and adaptation to, climate change.
- Van der Leeuw, S. E. (1995). *Social and natural aspects of degradation*. In: Desertification in a European context: Physical and socio-economic aspects. European Commission, Brussels. 57-76.
- Viner D., Sayer M., Uyarra M., and Hodgson N. (2006). Climate Change and the European Countryside: Impacts on Land Management and Response Strategies. Report Prepared for the Country Land and Business Association., UK. Publ., CLA, UK 180 pp.
- Viscusi, W.K. and Zeckhauser, R.J. (2006). The Perception and Valuation of the Risks of Climate Change: A Rational and Behavioral Blend, *Climatic Change*, 77, 151-177.
- Wall E. and B. Smit, (2000). Climate Change Adaptation in Light of Sustainable Agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture*, 27, 113 – 123.
- Watkiss, P., Downing, T., Handley, C., and Butterfield, C. (2005). *The Impacts and Costs of Climate Change*, AEA and Stockholm Environment Institute, Report prepared for the DG Environment, EC.
- Weitzman, M.L. (2001). Gamma Discounting, *American Economic Review*, 91, (1), 260-271. Yohe, G., and Tol, R.S.J. (2002). Indicators for Social and Economic Coping Capacity: Moving Toward a Working Definition of Adaptive Capacity, *Global Environmental Change*, 12, 25-40.
- Yassoglou, N., 1995. *Land and desertification*. In: P. D. Fantechi R., Balabanis P., Rubio J. L. (ed.) Desertification in a European Context: Physical and socio-economic aspects. European

- Commission, Brussels. 35-55.
- World Bank, (2006a). Overcoming Drought. Adaptation Strategies for Andhra Pradesh, India. Directions in Development, Environment and Sustainable Development.
- World Bank, (2006b). Colombia, Integrated National Adaptation Project. Project Appraisal Report.
- Young, A. (1999). "Land degradation." In *Land Resources: Now and for the Future*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, p.101-133.
- Yohe, G., and Tol, R.S.J. (2002). Indicators for Social and Economic Coping Capacity – Moving Toward a Working Definition of Adaptive Capacity, *Global Environmental Change*, 25-40.

IV. Appendice Metodologica

Alla luce dei *gaps* identificati in letteratura e in una prospettiva di approccio integrato alla lotta contro la desertificazione proponiamo il seguente **percorso metodologico per la stima dei costi della desertificazione**:

1. **disegno di un modello concettuale** di rappresentazione e analisi del problema della lotta alla desertificazione;
2. identificazione della **scala spaziale e temporale** di riferimento per l'analisi dei costi;
3. **stima dei costi dell'inazione in base all'approccio geografico spaziale**, considerando gli usi del suolo rilevanti rispetto ai sistemi di degradazione di riferimento per la valutazione (ad esempio: erosione idrica, deposizione, urbanizzazione, salinizzazione, aridità), **integrato da**:
 - valutazione economica degli **impatti socio-economici diretti**, inclusi i 'servizi ambientali' offerti dalla risorsa suolo, attraverso tecniche di valutazione economica proprie dell'economia ambientale o metodi di *benefit transfer*, e quando possibile dei **costi indiretti**, utilizzando le metodologie più appropriate;
 - utilizzo di **scenari climatici e socio-economici**, nell'ambito di un modello integrato per un'analisi dinamica dei costi della desertificazione;
4. valutazione economica di possibili **misure di adattamento**, nella forma di diverse pratiche di utilizzo e gestione del suolo, secondo la metodologia più adatta fra CBA, CEA, e MCA.

Per sviluppare gli *steps* metodologici proposti è necessario illustrare alcuni concetti chiave e possibili approcci valutativi, già sviluppati nell'ambito della letteratura esistente sui cambiamenti climatici e sulla desertificazione, ed in questo contesto elaborati nella loro applicazione alla stima dei costi di inazione e dell'adattamento alla desertificazione. In particolare:

- con riferimento allo *step* 1, illustreremo uno schema concettuale di riferimento per un approccio integrato al problema della lotta contro la desertificazione (il modello DPSIR);
- rispetto allo *step* 2, considerazioni sulla scala spaziale e temporale verranno fatte frequentemente nelle diverse sezioni dell'appendice;
- per quanto concerne gli *steps* 3 e 4, approfondiremo innanzitutto alcuni concetti teorici relativi ai costi dell'inazione e dell'adattamento. Quindi, tratteremo gli approcci valutativi per i costi d'inazione e per le misure di adattamento e quando possibile forniremo esempi applicativi. Da ultimo, illustreremo le maggiori criticità metodologiche insite nel processo di stima dei costi e nella valutazione economica delle misure di adattamento tratte dalla letteratura sui cambiamenti climatici e riferite all'analisi della desertificazione. Fra queste la scelta degli scenari di riferimento (climatici e socio-economici), degli approcci di valutazione dei costi e dei benefici, e dei criteri di aggregazione spaziale e temporale, che a loro volta implicano la scelta del tasso di sconto e l'adozione di diversi criteri di equità, la gestione dell'incertezza e dell'irreversibilità degli impatti.

Per chiarire dunque i passaggi cruciali del percorso proposto per la stima dei costi della desertificazione l'appendice è organizzata come segue:

- A. Il disegno di un modello concettuale di riferimento

- B. I concetti fondamentali e le definizioni teoriche dei costi di inazione e di adattamento alla desertificazione
- C. Le metodologie per la valutazione economica dei costi dell'inazione e dell'adattamento alla desertificazione
- D. Le variabili critiche che riguardano trasversalmente le varie fasi del percorso metodologico sviluppato

A. Disegno di un modello concettuale per un approccio integrato alla lotta contro la desertificazione

In generale, risulta di fondamentale importanza disporre di uno schema logico che espliciti i nessi funzionali e causali fra le diverse componenti del problema analizzato nel contesto del sistema territoriale specifico. Tra i possibili schemi logici, quello proposto dall'Agenzia Ambientale Europea (EEA, 1999), comunemente denominato DPSIR, i.e. *Driving Force – Pressure – State – Impact – Response*, e adottato anche a livello nazionale nelle linee guida per la redazione di proposte e azioni in tema di desertificazione (Enne e Luise, 2006; Manuali e linee guida Apat 41/2006), si propone come efficace schema di formalizzazione dei nessi causali fra attività antropiche (determinanti e pressioni: D, P), stato dell'ambiente (S) e impatti (I) associati a D e P e risultanti dalla specifica sensibilità dell'ambiente locale. R, ovvero le risposte da mettersi in atto per la soluzione dei problemi, corrispondono nel nostro caso alle misure di lotta alla desertificazione.

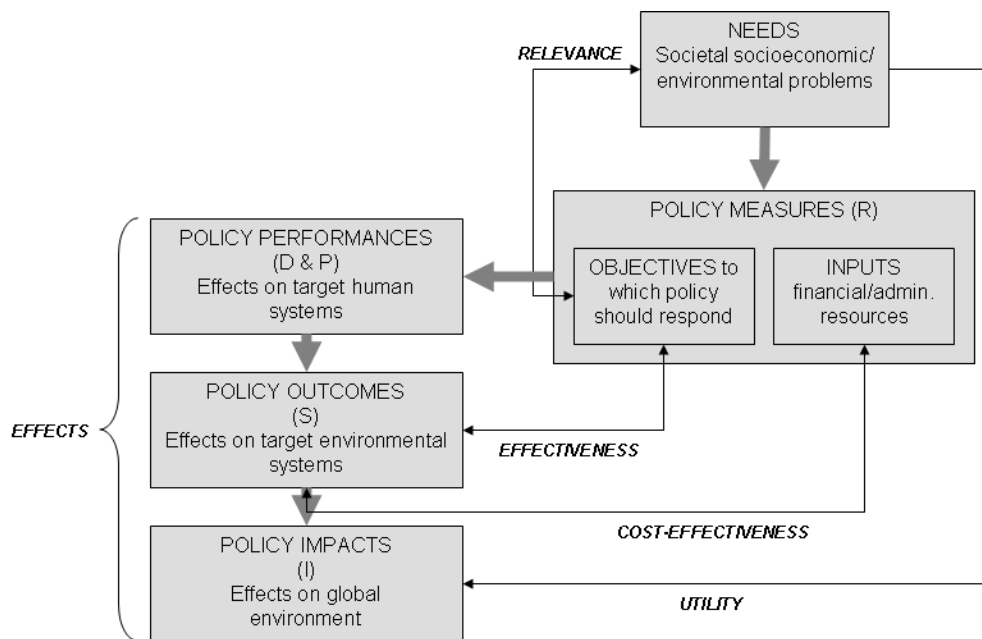
Tutte le informazioni raccolte per l'analisi e la valutazione del problema possono quindi essere convertite in indicatori appartenenti ad una delle quattro categorie (D, P, S, I) ed essere efficacemente presentate ed elaborate. Le possibili soluzioni del problema considerate nell'analisi (R) andranno ad influenzare i valori di alcuni di questi indicatori, permettendo così di valutare e comparare gli effetti di politiche alternative.

Nella Figura 1 riportiamo un grafico tratto da Povellato et al. (2007), che, utilizzando lo schema DPSIR, permette di formalizzare gli aspetti relativi alla valutazione di politiche di adattamento che ci interessano, sviluppato sulla base di un precedente lavoro dell'Agenzia Ambientale Europea (EEA, 2001).

Il grafico mostra chiaramente che le misure di adattamento andrebbero definite come risposta a dei bisogni (*needs*) specifici per il contesto desertificazione, ma che includono istanze che riguardano le sfere sociale, economica e ambientale. Avendo ben definito gli obiettivi (*objectives*) delle politiche, si pone generalmente il problema di mettere a disposizione risorse finanziarie e amministrative (*inputs*) sufficienti per ottenere gli effetti sperati in termini di adozione da parte dei settori interessati, ovvero dei diversi utilizzatori del suolo (*policy performance*), di effetti sui sistemi territoriali affetti da fenomeni in atto o potenziali di desertificazione (*policy outcomes*) e più in generale di utilità sociale in senso più generale (*policy impacts*).

Di volta in volta a seconda del contesto specifico e delle possibilità applicative potrà interessare valutare costi, benefici, efficacia, costo-efficacia, o utilità sociale in senso lato delle misure di adattamento.

Figura 1: Integrazione fra uno schema logico generale per la valutazione delle politiche e il modello DPSIR, adottato anche nella ricerca italiana come approccio per la formalizzazione di un modello concettuale di desertificazione basato su indicatori.



Disporre di uno schema logico, ovvero di un modello concettuale, condiviso e efficacemente comunicabile non solo ai diversi esperti coinvolti in un piano di lotta alla desertificazione, ma anche a una più ampia platea di portatori di interesse (ovvero *stakeholders*, nella terminologia anglosassone), costituisce uno strumento essenziale per analizzare, confrontare e se possibile combinare fra loro i diversi approcci, punti di vista e interessi, nell'ambito di una valutazione integrata, nella quale le valutazioni prettamente economiche possano efficacemente integrarsi con le altre analisi disciplinari.

In questo contesto si propone un percorso metodologico che in ogni sua fase preveda il confronto con il modello concettuale auspicato, partendo dalla definizione dei bisogni per le risposte di adattamento alla desertificazione fino alla valutazione dell'efficacia dei risultati delle azioni intraprese, e della loro comunicazione e divulgazione.

B. Costi di inazione e di adattamento alla desertificazione: concetti e definizioni teoriche

I costi degli impatti del cambiamento climatico concettualmente comprendono i costi degli interventi attuati per mitigare o adattarsi agli effetti dei cambiamenti nel clima, ed il valore del danno residuo.

$$C_{CC} = C_M + C_A + D_R \quad (1)$$

Con:

C_{CC} = Costi del cambiamento climatico;

C_M = Costi della mitigazione;

C_A = Costi dell'adattamento;

D_R = Danno residuo.

Tra queste componenti esistono relazioni di trade-off:

- tra i costi di mitigazione e i costi di adattamento: in generale, più investimenti vengono fatti a livello globale per ridurre la concentrazione dei gas serra, minore sarà la necessità di interventi di adattamento (e viceversa);
- tra la somma dei costi di mitigazione ed adattamento ed il danno residuo: maggiori sono gli investimenti in politiche di mitigazione e adattamento, minori saranno i costi conseguenti al danno e viceversa.

In assenza di misure mitigazione e/o adattamento il danno totale dei cambiamenti climatici dà una misura del costo dell'inazione (C_I).

B.1 Costi d'inazione

Nel 2005 la Commissione Europea (EC 2005) definisce gli effetti economici del cambiamento climatico come 'costi di inazione'. Viene definito 'inazione' il riferimento controfattuale rispetto al quale si possono valutare i costi e i benefici di determinate azioni o politiche. I costi dell'inazione in principio potrebbero riflettere diversi possibili scenari futuri di riferimento, ma nella pratica inazione si riferisce ad uno scenario futuro in assenza di mitigazione e di adattamento pianificato, 'baseline', che più si avvicina allo scenario IPCC A1 o A2¹⁴.

Partendo dalla 'baseline' è così possibile valutare i benefici di determinate politiche per il controllo del cambiamento climatico, sia sul fronte della mitigazione¹⁵ che dell'adattamento. Si stimano infatti i costi economici dei cambiamenti climatici nello scenario di 'baseline', ossia in assenza di politiche di intervento (C_I), e nello scenario caratterizzato dall'attuazione di determinate politiche (C_{CC}). La differenza fra i due dà una misura dei benefici netti delle politiche attuate (B_n). In questo contesto tralascieremo i costi e i benefici della mitigazione e ci concentreremo sugli interventi di adattamento ed i relativi costi e benefici, più strettamente rapportabili al tema della desertificazione ed al suo legame con i cambiamenti del clima.

In formule, quanto sopra si ottiene riscrivendo la (1) come segue:

$$C_{CC} = C_A + C_I - B_A = C_I - (B_A - C_A) = C_I - B_{An} \quad (2)$$

e quindi

$$B_{An} = C_I - C_{CC} \quad (3)$$

dove B_{An} sono i benefici netti dell'adattamento.

Quindi, dalla (3) si ricava la definizione dei costi di inazione, considerando solo politiche di adattamento:

¹⁴ La tabella 1 mostra le caratteristiche degli scenari A1 e A2 a confronto

A1 Storyline	A2 Storyline
<u>World</u> : Market oriented	<u>World</u> : differentiated
<u>Economy</u> : faster per capita growth	<u>Economy</u> : regionally oriented, lowest per capita growth
<u>Population</u> : 2050 peak, then decline	<u>Population</u> : continuously increasing
<u>Governance</u> : strong regional interactions; income convergence	<u>Governance</u> : self-reliance with preservation of local identities
<u>Technology</u> : three scenario groups: fossil intensive/ non-fossil energy sources/ balanced across all sources	<u>Technology</u> : slowest and most fragmented development

¹⁵ Sul fronte della mitigazione generalmente si considerano i benefici di politiche di stabilizzazione delle emissioni dei gas serra (ad es. a 450 – 550 ppm di CO₂-equivalenti) o di contenimento della crescita della temperatura (ad es. l'obiettivo EC di +2°)

$$C_I = C_{CC} + B_{An} \quad (4)$$

Con:

C_{CC} = Costi degli impatti dei cambiamenti climatici;

B_{An} = Benefici netti dell'adattamento.

In assenza di interventi di adattamento i costi di inazione corrispondono quindi ai costi degli impatti, ovvero al valore del danno causato dai cambiamenti del clima. In presenza di interventi di adattamento i costi degli impatti saranno ridotti in misura pari ai benefici netti ottenuti con interventi di adattamento.

Il costo dell'inazione è spesso espresso come “costo sociale” del cambiamento climatico (*social cost of climate change*, o *social cost of carbon*). All'interno di questa cornice concettuale di riferimento, esiste poi tutta una serie di definizioni di costi dell'inazione, in relazione alle assunzioni sulla *baseline* di riferimento, sul livello di adattamento, e sulla natura dei costi, ovvero se i costi si riferiscono a costi totali¹⁶ medi, o marginali¹⁷.

B.2 Costi di adattamento

Nel contesto degli impatti dei cambiamenti climatici, semplificando drasticamente rispetto alle numerose definizioni più o meno ufficiali e/o rigorose (recentemente analizzate in dettaglio in EEA 2007), i costi di adattamento indicano quei costi nei quali si incorre per ridurre gli impatti negativi dei cambiamenti climatici. Il termine “ridurre” indica chiaramente l'impossibilità pratica di eliminare completamente gli impatti, in quanto, nonostante l'adattamento, rimangono generalmente i cosiddetti “impatti residuali”, o danno residuo. Ovviamente, nel caso di impatti positivi, si parlerebbe di costi d'adattamento come di costi incorsi per beneficiare degli impatti positivi dei cambiamenti climatici, ma purtroppo nel nostro caso ci possiamo accontentare della prima definizione, come mostrato chiaramente dalle tabelle 1 e 2 nel capitolo 1.

Da un punto di vista di efficienza economica, l'adattamento conviene se i costi totali di misure di adattamento (o, meglio, nel nostro caso, di lotta alla desertificazione) sono minori rispetto ai benefici totali, dati dalla somma dei benefici in termini di danno evitato (B_A) e di benefici aggiuntivi che possono risultare dall'adattamento (B_{Aagg}). Sempre limitandoci al caso di impatti negativi, quanto sopra si può tradurre nella seguente formulazione:

$$C_A < B_A + B_{Aagg} \quad (5)$$

dove la parte destra della disequazione rappresenta i benefici totali lordi dell'adattamento.

Rispetto alla parte destra della disequazione, è importante che la valutazione dei benefici dell'adattamento sia fatta nel tempo e nello spazio, per evitare che benefici nel presente si traducano in costi futuri, o che a fronte di benefici locali si affliggano altre aree geografiche e/o settori socio-economici. Ad esempio, una politica che promuovesse l'estensione dell'irrigazione e/o l'aumento dell'uso di fertilizzanti del suolo in aree a rischio di desertificazione potrebbe forse portare vantaggi nel breve periodo e limitatamente al settore agricolo e all'area oggetto dell'intervento. A fronte di vantaggi locali e nel breve periodo, però, tale misura nel medio-lungo periodo penalizzerebbe le aree circostanti ed altri settori economici a seguito della

¹⁶ I costi (sociali) totali del cambiamento climatico riflettono il costo economico totale dello scenario *baseline*, che può essere stimato sia rispetto ad un anno preciso nel futuro (2050 o 2100), sia come valore attuale netto dei costi totali per i prossimi 50 o 100 anni.

¹⁷ I costi (sociali) marginali del cambiamento climatico normalmente sono stimati come il valore attuale netto degli impatti del cambiamento climatico nei prossimi 100 anni causati da un'unità addizionale di gas serra emessa in atmosfera oggi. Questi costi rappresentano il costo marginale del danno globale causato dalle emissioni.

riduzione della disponibilità d'acqua per altri usi e/o dell'inquinamento ambientale causato dalla percolazione di prodotti chimici nelle falde acquifere.

Di conseguenza, nella definizione dei benefici delle misure di adattamento è necessario individuare l'area geografica e l'orizzonte temporale più adatti a considerare gli impatti delle misure in questione e riconoscere che, oltre ad indubbi effetti positivi, tali interventi possono causare esternalità negative che debbono essere ugualmente contabilizzate.

Generalmente se si sceglie una scala più ampia (es: nazionale o multiregionale) le previsioni dei modelli globali di circolazione generale sono piuttosto attendibili e di conseguenza l'utilizzo di modelli per il calcolo dell'impatto economico dei cambiamenti climatici (e quindi dei costi di inazione) è relativamente facile. A fronte di questa relativa facilità, il calcolo dei costi e dell'efficacia dell'adattamento è altamente complesso, in quanto la scelta delle misure più idonee è ovviamente dettata dalle situazioni locali. Tale difficoltà è chiaramente riconosciuta dai ricercatori che si occupano di modelli di valutazione di impatto (Füssel and Klein, 2002; Bouwer and Aerts, 2006). Specularmente, se si sceglie una scala più ridotta (es: regionale/provinciale) l'incertezza sugli impatti attesi nell'area in esame aumenta, mentre è più facile calcolare i costi di adattamento e fare ipotesi sull'efficacia di tali misure.

La scelta della scala di riferimento può anche essere dettata da motivazioni politiche. In questo caso la scala geografica dell'esercizio di valutazione dovrebbe il più possibile riflettere il livello politico a cui si discute della necessità di agire e mobilitare risorse. Il rapporto Stern, il cui scopo era di informare i decision makers a livello internazionale, non a caso ha utilizzato la scala globale, nonostante questa scelta abbia sicuramente comportato un livello di confidenza nei risultati a livello di regione o paese inferiore rispetto a quello che si sarebbe ottenuto se la scala fosse stata più piccola. Quindi, se per esempio lo scopo della valutazione fosse quello di informare il governo sulla necessità di allocare un certo budget per la lotta alla desertificazione e/o adattamento ai cambiamenti climatici e di suggerire un appropriato ordine di grandezza per l'allocazione di fondi pubblici, la scala nazionale sarebbe ovviamente la più adatta, anche a scapito della precisione della stima.

Passando alla parte sinistra dell'equazione (5), i costi dell'adattamento comprendono sia i costi diretti legati all'implementazione di specifiche misure di adattamento, sia i costi sostenuti per facilitare la capacità di adattamento di un intero sistema, sia i costi di transizione legati al processo di aggiustamento. Per esempio, nell'attuazione di una politica agro-forestale, nella prima tipologia di costo si possono includere i costi del lavoro di piantumazione e i costi delle piante, nella seconda i costi di controllo della vegetazione infestante nel periodo di affrancamento, ed infine nella terza i costi a fronte della perdita di produzione nel passaggio da un sistema ad un altro.

C. Metodologie per la valutazione economica dei costi di inazione e di adattamento alla desertificazione

C. 1 Stima dei costi dell'inazione

Data l'interrelazione fra fattori antropici, climatici ed ambientali, la stima dei costi di inazione nel contesto della desertificazione richiede un'analisi complessa e necessariamente integrata. La natura fortemente territoriale del problema della desertificazione richiede infatti un approccio di valutazione che integri le metodologie utilizzate negli studi sugli impatti dei cambiamenti del clima con metodi di valutazione capaci di cogliere gli aspetti fisici, ambientali, sociali ed economici prettamente locali che caratterizzano il fenomeno della desertificazione. Nella letteratura esistente sono rarissimi gli esempi di metodologie integrate in questa direzione. Infatti gli approcci tradizionali per il calcolo della desertificazione, descritti di seguito, non sono stati in grado fino ad oggi di integrare in modo dinamico le variabili climatiche.

Metodi tradizionali per la valutazione economica della desertificazione

Un'indagine recente sugli studi condotti a partire dagli anni '80 sui costi economici della desertificazione e del degrado della terra (Requier-Desjardins 2006) ha identificato essenzialmente due categorie di approcci metodologici:

1. Una prima categoria che si basa sull'utilizzo di modelli agro-ecologici per la valutazione del processo di erosione del suolo: modelli che si sono sviluppati a partire dagli anni '60. Il riferimento iniziale era l'Equazione Universale della Perdita di Suolo (Universal Soil Loss Equation-USLE), risultato di una serie di fattori, quali la natura del suolo, delle piogge, della topografia, la copertura vegetale e le pratiche di gestione del suolo. La USLE è utilizzata per prevedere ed analizzare l'erosione, in particolare rispetto alla terra coltivata, ed è stata utilizzata in letteratura in molti modi diversi, a partire dalla formulazione di diverse equazioni per spiegare il degrado del suolo fino alla modellizzazione delle relazioni fra degrado del suolo, perdita di nutrienti nel suolo e quindi della produttività. Identificando queste relazioni è possibile calcolare i costi economici dell'erosione. Questi modelli sono diventati sempre più sofisticati, passando da formule empirico-statistiche a veri e propri modelli che simulano dinamicamente variabili e processi fisici, mettendo in relazione le determinanti ambientali (pioggia, vento, suolo, ecc.) con gli effetti sulla massa del suolo, il contenuto di acqua, ecc., e arrivando a stimare gli impatti in termini di riduzione delle rese (Basso et al. 2000) ed eventualmente del reddito (World Bank 2006a). Dai modelli di produttività si possono poi stimare, con approcci integrati, dei parametri economici, arrivando a determinare il costo del degrado della terra. Tuttavia, quest'approccio si limita generalmente a stimare i costi della desertificazione alla scala di campo coltivato, trascurando gli impatti a scala di sistema agro-silvo-pastorale, ad esempio su attività legate al pascolo ed alle foreste. Inoltre quest'approccio non riesce a valutare gli impatti sui servizi ecologici offerti dagli ecosistemi vulnerabili alla desertificazione¹⁸, quali ad esempio la biodiversità, l'equilibrio nei cicli dei nutrienti e dell'acqua nel suolo, la funzione di produzione di cibo, legna etc..
2. Una seconda categoria metodologica sfrutta un approccio geografico o 'spaziale' basato su dati sull'uso del suolo. In base a quest'approccio l'area rurale oggetto dello studio d'impatto è divisa secondo le sue principali funzioni economiche, quali: aree destinate a raccolti (irrigate e non-irrigate), aree di pascolo per il bestiame, e foreste utilizzate per la produzione di legna e di prodotti non legnosi. Applicando un tasso di riduzione nella produttività di queste aree, si ottengono le perdite totali nella produzione del sistema territoriale agro-silvo-pastorale. Le valutazioni relative ai tassi di riduzione della produttività dipendono dallo stato della desertificazione che si osserva, in base a dati o giudizi di esperti locali.

Verso un modello di valutazione integrato

Gli approcci tradizionali presentano alcuni limiti già descritti in dettaglio nella sezione sui *gap* conoscitivi nel Capitolo III. In sintesi entrambi gli approcci potrebbero essere estesi alla valutazione di tutti i costi diretti e degli impatti indiretti della desertificazione, tenendo conto anche delle esternalità e dei servizi ecologici offerti dalle terre vulnerabili, e potrebbero essere affinati attraverso un'integrazione con i metodi di analisi utilizzati per la stima dei costi di inazione al cambiamento climatico, utilizzandone anche gli scenari climatici, sociali ed economici nella direzione di un approccio dinamico integrato.

Nell'ipotesi metodologica delineata in quest'Appendice abbiamo privilegiato l'estensione del modello geografico-spaziale nella direzione delle integrazioni auspiccate, in quanto questo modello è maggiormente in grado di riflettere le differenze topografiche, climatiche e socio-

¹⁸ Approccio esplicitamente invocato nel *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA, 2003)

economiche esistenti sul nostro territorio. Alla scala di riconoscimento l'approccio geografico-spaziale è infatti idoneo a considerare i diversi sistemi di degradazione che portano alla desertificazione in Italia prendendo come riferimento quelli considerati nell'Atlante Nazionale (erosione idrica; deposizione; urbanizzazione; salinizzazione; aridità.), permettendo inoltre di sviluppare analisi di scenario sulla base di dati e indicatori disponibili, già raccolti ed illustrati nell'Atlante.

Sempre nel Capitolo III, nel Riquadro 3, è illustrato un modello di approccio integrato allo studio del rischio di siccità in India sviluppato dalla Banca Mondiale, che per noi rappresenta un utile esempio nella direzione dell'integrazione. Il modello infatti si compone di quattro moduli, rispettivamente su: il rischio climatico, la vulnerabilità dei suoli e delle produzioni, i costi diretti ed i costi indiretti (questi ultimi costituiti da un modello *input-output* e da un modello macroeconomico), che portano ad una stima monetaria dell'impatto di eventi siccitosi. Dunque il modello è in grado di studiare gli impatti di diversi scenari climatici sulla produttività dei raccolti, e di valutare costi diretti ed indiretti di eventi siccitosi.

C.2 Metodi per la valutazione economica dell'adattamento

Il compendio metodologico per la valutazione di impatti e adattamento ai cambiamenti climatici redatto dal Segretariato UNFCCC (2005) descrive sette "strumenti decisionali"¹⁹ rispetto all'adattamento. Questi sette strumenti possono essere ridotti a tre categorie metodologiche principali, se vogliamo porre l'attenzione sugli aspetti economici ed evitare sovrapposizioni (ad esempio, gli strumenti TEAM ed ADM sono presentati in modo indipendente, ma in realtà non si tratta che di applicazioni di alcuni aspetti procedurali dell'analisi multicriteriale). Le tre categorie metodologiche sono:

- ⇒ analisi costi-benefici
- ⇒ analisi costi-efficacia
- ⇒ analisi multicriteriale

In base all'analisi costi-benefici (CBA) una misura di adattamento viene valutata attraverso l'identificazione, la quantificazione e monetizzazione dei costi e dei benefici associati alla misura in esame. Questa procedura è utilizzata nella stragrande maggioranza dei casi nelle valutazioni economiche di impatto dei cambiamenti climatici. Le sue applicazioni per la valutazione di strategie di adattamento sono invece meno comuni e generalmente confinate a quei determinati settori d'impatto (innalzamento del livello del mare, consumi energetici, ecc.) che presentano minori problematiche applicative.

L'analisi costi-efficacia (CEA) parte invece da un obiettivo predeterminato e indaga, fra tutti i possibili modi di raggiungerlo, quello meno costoso. Rispetto all'analisi costi-benefici, si risolvono molti dei problemi di incertezza relativi alla quantificazione dei benefici, per il semplice motivo che i benefici non devono essere valutati, ma vengono considerati come un dato esogeno. Si acutizza invece il problema della determinazione dell'efficacia delle misure di adattamento rispetto alla riduzione degli impatti attesi, in quanto è necessario assegnare ad ogni opzione considerata una sorta di punteggio numerico che rispecchi il suo grado di efficacia (utilizzando un'unità di misura fisica come nell'esempio della tabella 4 oppure un numero su una scala numerica fittizia, ad es. da uno a dieci).

¹⁹ 1. Policy Exercise 2. Benefit-Cost Analysis 3. Cost-Effectiveness 4. Multicriteria Analysis 5. Tool for Environmental Assessment and Management (TEAM) 6. Adaptation Decision Matrix (ADM) 7. Screening of Adaptation Options.

Infine, l'analisi multicriteriale (MCA o MCDA²⁰) si riferisce ad un approccio che ha lo scopo di determinare una preferenza complessiva fra diverse alternative, dove ogni alternativa è valutata sulla base della sua performance rispetto ad un insieme di criteri decisionali. Rispetto all'analisi costi-efficacia, l'analisi multicriteriale permette di considerare simultaneamente più obiettivi, dove ogni obiettivo viene descritto da un numero più o meno grande di criteri. La MCDA è particolarmente indicata quando, oltre a criteri strettamente economici, anche fattori difficilmente quantificabili sono importanti nella decisione, in quanto questo approccio permette di utilizzare misure qualitative anziché quantitative. La problematica principale è la stessa dell'analisi costi-efficacia, con l'importante differenza che qui l'efficacia di ogni alternativa considerata deve essere giudicata rispetto a non uno, bensì multipli obiettivi.

Una trattazione più approfondita di queste metodologie esula dalle intenzioni di questo lavoro. Per i nostri scopi, è sufficiente indicare che, a seconda della scala adottata, alcuni metodi sono più indicati di altri. La tabella 2 si propone di sintetizzare i maggiori vantaggi e svantaggi di ciascuna metodologia a seconda dei casi.

Tabella 2. Idoneità di diversi approcci valutativi per le misure di adattamento a seconda della scala geografica di riferimento

Metodo	Scala di riferimento	
	Scala macro	Scala micro
Analisi Costi Benefici	Idonea anche se soggetta a varie difficoltà di applicazione	Fattibile ma poco informativa nel caso in cui le diverse fonti d'incertezza rendano i risultati equivocabili nell'applicazione locale ²¹ .
Analisi Costi Efficacia	Non applicabile in quanto a livello macro l'obiettivo prefissato sarebbe troppo generico per poter dare una misura attendibile di efficacia alle misure oggetto di valutazione.	Idonea se è già stato dimostrato che l'obiettivo prefissato è desiderabile per la società sotto diversi punti di vista.
Analisi Multicriteriale	Difficilmente applicabile ed in generale poco informativa per gli stessi motivi di cui sopra	Consigliabile se si vuol tener conto di più criteri decisionali oltre all'efficacia nel raggiungere l'obiettivo prefissato

²⁰ All'interno della metodologia multicriteriale, si distingue in genere fra 'Multicriteria Decision Aiding' (MCDA) e 'Multicriteria Analysis' (MCA). MCDA si riferisce ad approcci metodologici che supportano le varie fasi di un processo decisionale, lasciando parecchia libertà di giudizio al decision maker (quindi si tratta di un approccio dove la soggettività è ammessa ma analizzata in modo trasparente). MCA si riferisce invece a metodologie che si pongono come obiettivo quello di proporre al decisore la decisione ottimale, attraverso l'utilizzo di un approccio modellistico (una sorta di black box) che dà una rappresentazione della realtà artificialmente oggettiva

²¹ L'incertezza può essere analizzata attraverso l'utilizzo di diverse metodologie di analisi del rischio, che si sintetizzano in due tipologie fondamentali: la prima tipologia consiste in valutazioni qualitative basate sull'attribuzione di livelli di probabilità (bassa, media, alta); la seconda si rifà a valutazioni quantitative attraverso l'utilizzo di approcci come l'analisi delle decisioni o simulazioni Monte Carlo (UNFCCC 2005).

Esempi di applicazione

Costi-benefici

Fra i modelli di valutazione integrata di impatto ai cambiamenti climatici (a livello “macro”), inclusi quelli che considerano l’adattamento, solo un numero limitato considera i costi di adattamento. In realtà non è possibile studiare i costi d’impatto dei cambiamenti climatici senza contare o almeno fare qualche ipotesi sui costi di adattamento, che possono essere sostanziali (Tol, 2005; Watkiss et al., 2005).

D’altra parte, le grosse problematiche nella definizione dei costi e dei benefici dell’adattamento hanno da tempo costituito una sfida spesso troppo grande per i ricercatori del campo. Di conseguenza, i primi studi ignoravano completamente l’adattamento, mentre i lavori più recenti spesso sono ricorsi alla definizione di valori arbitrari, ignorando il fatto che l’adattamento è il risultato di un complesso processo decisionale che dipende da una serie di variabili, tra cui i cambiamenti attesi nelle condizioni ambientali (Tol, 2005; Dore and Burton, 2002).

Tali valori “arbitrari” di adattamento si concretizzano nella definizione implicita di un obiettivo, come, nel caso degli impatti sul settore agricolo, il mantenimento del medesimo reddito per gli agricoltori o l’aggiustamento delle pratiche agricole presenti nel modo economicamente più efficiente (EEA 2007). Diversi valori arbitrari di adattamento comportano diverse ipotesi sui costi di adattamento e impatti residuali. L’adattamento è modellato utilizzando approcci differenti, come analogie spaziali (Mendelsohn e Dinar, 1999) o ottimizzazione micro-economica. Quindi, nella stragrande maggioranza dei casi l’adattamento che viene preso in considerazione dai modelli è di tipo autonomo (ossia implementato dai privati senza l’intervento pubblico), tralasciando il fatto che molti governi si stanno già mobilitando per adattarsi agli impatti attesi in diversi settori (EEA 2007). In particolare nel caso della desertificazione, come si è visto nell’introduzione, l’adattamento deve essere generalmente inteso come pianificato.

Un tentativo recente di dare un valore economico ai costi di adattamento a livello macro compiuto da un gruppo di economisti della Banca Mondiale²² utilizza un semplice ragionamento di efficienza economica per stabilire limiti inferiori e superiori ai costi di adattamento. Si afferma che, al massimo, i costi di adattamento sono pari ai costi totali d’impatto, in quanto altrimenti l’adattamento non avrebbe senso economico. Il limite inferiore viene invece posto uguale a zero, per contemplare il caso in cui i privati si adattino autonomamente con pratiche gratuite (come il cambiamento delle date di semina e di raccolto). In realtà gli stessi ideatori dell’approccio riconoscono che il costo sarà in ogni caso maggiore di zero, in quanto, per lo meno, si dovranno sostenere costi di *training* agli agricoltori, per informarli su come il clima sta cambiando nella loro area e cosa possono fare per limitare i danni.

L’applicazione dell’analisi costi-benefici per la valutazione dell’adattamento a livello “micro” è invece stata oggetto di alcuni casi studio, compreso uno sul territorio nazionale riferito agli impatti dell’innalzamento del livello del mare sulla Piana di Fondi in provincia di Latina (Gambarelli e Gorla 2003). Nel caso di studio sulla Piana di Fondi l’analisi costi-benefici permette di identificare la strategia di adattamento più efficiente a livello locale per far fronte ad un eventuale innalzamento del livello delle acque del mare lungo l’area costiera. Il costo dell’inazione, calcolato in base al valore economico dell’area a rischio di inondazione, è stato confrontato con i costi di due misure alternative di protezione del territorio: il potenziamento delle idrovore all’interno della Piana vs. la ricostruzione di una duna preesistente lungo la costa come barriera per le acque del mare. L’analisi del caso porta a privilegiare il potenziamento delle idrovore rispetto ad altre opzioni. Al di là dei risultati specifici, che variano da caso a caso,

²² Giovanni Ruta, World Bank, Washington D.C. comunicazione personale.

lo studio è interessante in quanto mostra la necessità di integrare l'analisi economica non soltanto con studi di fattibilità tecnica, ma soprattutto con analisi di accettabilità sociale e politica nel contesto locale. In particolare l'accettabilità sociale delle possibili strategie di adattamento risulta essere un elemento cruciale nel processo di valutazione economica.

Anche la Banca Mondiale in genere utilizza l'analisi costi-benefici a livello di progetto per valutare l'efficienza di sul ciclo idrologico sono misure di adattamento ai cambiamenti climatici. Per esempio, l'analisi economica per un progetto in Colombia denominato "Integrated National Adaptation Project" (World Bank 2006b) valuta con questo approccio alcune misure di adattamento fra cui la costruzione di infrastrutture per la raccolta di acqua piovana e la fornitura di informazioni sulle previsioni del tempo a medio termine e di corsi di aggiornamento per gli agricoltori.

Nel caso dell'applicazione del metodo alla desertificazione, si deve ricordare quanto detto a proposito delle difficoltà nella distinzione fra costi e benefici direttamente imputabili ai cambiamenti climatici e costi e benefici attribuibili a tutti gli aspetti della desertificazione. Si può dire che queste difficoltà siano insormontabili nella pratica valutativa, cosicché è necessario abbandonare l'idea di fare una valutazione costi-benefici esclusivamente riferita a quella parte di impatto e di misure di lotta alla desertificazione riconducibili ai cambiamenti climatici. In realtà, estendere l'analisi alla considerazione dell'intera portata del fenomeno ha un'utilità pratica assolutamente maggiore rispetto ad una distinzione di sapore tutto accademico. Evitare la distinzione fra cosa sia e non sia dovuto ai cambiamenti climatici è infatti l'approccio consigliato implicitamente dalle linee guida esistenti sulla valutazione delle misure di lotta a degrado del suolo e desertificazione (Enne e Luise 2006 e Hein 2002). Tali linee guida dettano infatti di considerare e valutare economicamente tutti i possibili costi e benefici di misure di lotta al degrado del suolo, incluse le esternalità positive e negative.

Analisi Costi efficacia

In assenza di casi studio specifici che utilizzano questo approccio nell'ambito dell'adattamento ai cambiamenti climatici, possiamo limitarci a fare un esempio di possibile applicazione nel caso della lotta alla desertificazione. Come indicato nella tabella 2, questo metodo è idoneo nel caso in cui un obiettivo specifico sia già stato scelto sulla base di considerazioni di desiderabilità sociale. Ad esempio, prendiamo come obiettivo l'aumento della quantità d'acqua disponibile negli invasi esistenti tramite la riduzione della sedimentazione. La desiderabilità sociale del risparmio d'acqua per usi agricoli ed ambientali è indiscutibile. Inoltre, si può dire con un buon grado di confidenza che la riduzione dei sedimenti negli invasi esistenti costituisca un modo di raggiungere questo obiettivo socialmente migliore rispetto alla costruzione di nuovi invasi, anche senza bisogno di fare un'analisi economica per dimostrarlo. Quindi in questo caso l'applicazione dell'analisi costi-efficacia è idonea.

A fronte dell'obiettivo, esistono diverse misure per ottenere il risultato desiderato. Ad esempio si può provvedere all'escavo degli invasi per ripulirli dai sedimenti accumulati con una certa frequenza temporale, oppure cercare di affrontare il problema a monte, tramite misure di contenimento dell'erosione dei suoli (es. tramite riforestazione, controllo dei deflussi, ecc.). Infine, diverse combinazioni delle singole misure costituiscono altrettante opzioni alternative. A seconda dell'opzione considerata, i costi da sostenere saranno sicuramente diversi (attrezzature, materiale, lavoro, ecc.), e così pure l'efficacia in termini di volume medio annuo di acqua che l'invaso può contenere. Di conseguenza si potrebbe giungere ad una tabella riassuntiva simile a quella riportata in tabella 3 e la scelta della misura economicamente più efficiente risulterebbe chiara.

Tabella 3: Esempio di tabella riassuntiva per la scelta delle misure.

Misura	Costo annuo (A)	Efficacia (mc d'acqua invabili) (B)	Costo/efficacia (A/B)
a. Dragaggio sedimenti ogni 3 mesi			
b. Dragaggio sedimenti ogni 6 mesi			
c. Ciglionamento dei terreni a monte			
d. Rimboschimento dei terreni a monte			
f. Combinazione di b. e c.			
g. ...			

Analisi Multicriteriale

Molto spesso, se non in tutti i casi, la scelta di una misura di adattamento a livello locale sarà il frutto di una lunga serie di considerazioni, tra cui l'efficienza economica. Particolarmente importanti possono essere ad esempio il rischio di opposizione da parte degli agricoltori o degli abitanti dell'area oggetto dell'intervento, o la complessità istituzionale dell'implementazione. Per esempio, rispetto agli impatti sull'agricoltura, consideriamo le misure di adattamento riportate nella colonna a sinistra della tabella 4 (selezionate da un lungo elenco proposto in Kurukulasuriya e Rosenthal, 2003). A fronte di costi e benefici attesi per ognuna di queste misure, ci sono molti altri fattori importanti nella decisione fra cui quelli riportati nell'ultima colonna.

Tabella 4: Esempi di misure di adattamento in campo agricolo in aree soggette a desertificazione

Misura di adattamento	Costi	Benefici	Altri fattori importanti
Introduzione di pratiche di gestione del suolo conservative	Acquisti di mezzi tecnici, maggiori costi di lavorazione, minori produzioni (nel breve periodo)	Mantenimento della funzione produttiva del suolo nel lungo periodo	Necessità di sussidi per l'adozione delle nuove tecniche, verifica dell'effettiva applicazione, etc.
Sostituzione delle colture con specie con minori fabbisogni idrici	Agricoltori: costi di transizione tra coltivazioni diverse	Riduzione danno ai raccolti per aumento temperatura e riduzione disponibilità idrica.	Presenza di un mercato certo a prezzi vantaggiosi per i nuovi prodotti, necessità di eliminare sussidi statali per prodotti non idonei al clima (con eventuali conflitti sociali), necessità di introdurre nuovi sussidi per incentivare il passaggio alle nuove colture, poca familiarità degli agricoltori con le coltivazioni suggerite.
Passaggio a tecnologie di irrigazione a maggiore efficienza	Agricoltori: costi dei nuovi sistemi e perdita del patrimonio investito sui sistemi meno efficienti	Riduzione danno ai raccolti per una minore suscettività alla siccità, utilizzo dell'acqua risparmiata per usi diversi dall'agricoltura.	Necessità di incentivare l'uso delle nuove tecnologie anche attraverso l'imposizione di tariffe elevate per l'acqua ad uso agricolo (con conseguenti agitazioni sociali), necessità di introdurre nuovi sussidi per incentivare il passaggio alle nuove tecnologie.
Assicurazione per perdita raccolti	Agricoltori: premio assicurativo; Società assicurative: costi di gestione, costi di monitoraggio (se risarcimento legato a perdite effettive), risarcimenti, ecc.	Riduzione danno economico derivante da condizioni climatiche estreme	Complessità nell'elaborare sistemi assicurativi efficienti e a basso costo (es: necessità di ripartire il rischio fra settore pubblico e privato) Diffidenza verso strumenti assicurativi rispetto al più familiare risarcimento dello Stato per stato di calamità naturale.

L'analisi multicriteriale permetterebbe di includere tali fattori aggiuntivi in maniera trasparente nell'analisi comparativa delle diverse opzioni di adattamento (e loro combinazioni). Vista la flessibilità del metodo e la sua predisposizione ad analizzare concrete opzioni di adattamento, diversi sistemi di supporto alle decisioni per l'adattamento sono stati impostati sull'utilizzo della metodologia multicriteriale (UNFCCC 2005). E' importante ribadire che con questo approccio la valutazione economica costituisce solo un tassello all'interno di un processo decisionale più ampio caratterizzato da trasparenza, informazione e coinvolgimento sociale.

L'approccio multicriteriale potrebbe essere applicato all'interno del processo decisionale sugli interventi di lotta alla desertificazione anche a monte della fase di valutazione di opzioni alternative, per comprendere, ad esempio, la selezione delle aree di intervento prioritarie. Nel Riquadro 1 si suggerisce un possibile processo decisionale improntato sull'approccio multicriteriale che potrebbe essere utilizzato a livello nazionale per la selezione delle aree di intervento e successiva valutazione delle misure di lotta alla desertificazione più idonee.

Riquadro 1

Esempio di processo decisionale per la scelta delle azioni di adattamento a livello locale

1. Definizione della tipologia territoriale e della scala idonee per l'identificazione di aree d'intervento prioritarie
Es. di tipologia territoriale: area ad uso agricolo/forestale
Es. di scala: area di pertinenza di autorità di bacino
2. Definizione dei "criteri di vulnerabilità" ai fini della selezione di aree prioritarie
Es. di criteri su cui basarsi per l'identificazione delle aree prioritarie:
 - La gravità del degrado fisico dei suoli (sia attuale che atteso con i cambiamenti climatici)
 - Il livello di impatto attuale o atteso sulle attività economiche ed il tessuto sociale (impatti sia diretti che indiretti).
 - La qualità delle informazioni disponibili sull'area in esame (es. aree che sono state già oggetto di studi in materia di desertificazione).Oltre ai criteri, chiare regole di aggregazione dei punteggi dati ai vari criteri devono essere specificate (es. alcuni criteri potrebbero avere un "peso" maggiore di altri). Per esempio una zona altamente degradata ma disabitata o con un basso numero di persone impiegate in attività produttive dovrebbe ricevere un alto "punteggio" rispetto agli impatti fisici, ma basso rispetto agli impatti socio-economici.
3. Identificazione delle aree di intervento prioritarie
All'interno di ogni tipologia paesaggistica individuata e in linea con la scala territoriale specificata, l'applicazione di un approccio multicriteriale per la scelta delle aree di intervento permetterebbe di stilare una lista il più possibile "oggettiva" e trasparente delle aree prioritarie d'azione.
4. Per ogni area prioritaria, definizione di obiettivi di massima da raggiungere
Per ogni area, analisi delle problematiche locali (identificabili tramite l'analisi delle informazioni / studi esistenti + parere di esperti + consultazioni con portatori di interessi locali) e identificazione di obiettivi di massima specifici per area relativi alla lotta al degrado del suolo.
Es.: massimizzazione produzione agricola, aumento funzione di protezione da eventi alluvionali, minimizzazione di situazioni di conflittualità sociale, ecc.
5. Dati gli obiettivi di cui al punto 4, definizione di possibili misure di intervento.
Normalmente sarà opportuno includere menù di misure, oltre a misure individuali.
Es.: misure di riconversione da arativo a coltura permanente, diffusione di informazioni sulle buone pratiche, ecc.
6. Selezione di criteri decisionali ed indicatori per la misurazione dell'efficacia delle misure sottoposte alla valutazione rispetto agli obiettivi prefissati.
Es.: Costi diretti, fattibilità tecnica, conflitti sociali potenziali, sinergia con altre politiche, ecc
Oltre ai criteri e agli indicatori, chiare regole di aggregazione dei punteggi dati ai vari criteri devono essere specificate (es. alcuni criteri potrebbero avere un "peso" maggiore di altri)..
7. Quantificazione delle performance delle diverse misure di intervento rispetto agli indicatori/criteri selezionati, sulla base di stime quantitative o qualitative derivanti da modelli di simulazione, parere di esperti, ecc.

8. Valutazione e ordinamento delle misure/menù di misure secondo l'approccio multicriteriale, attribuendo ad ognuna di esse un punteggio complessivo dato dall'applicazione di una o più regole decisionali ai vettori costituite dai valori calcolati per gli indicatori/criteri per ciascuna misura/menu di misure.

D. Variabili cruciali per la valutazione economica dei costi della desertificazione

Di seguito sono analizzate alcune variabili cruciali per l'analisi dei costi del cambiamento climatico, che trovano una possibile applicazione nel caso specifico dell'analisi dei costi d'inazione e dell'adattamento alla desertificazione. In particolare, le considerazioni riportate in seguito sono di cruciale importanza per la creazione di un modello di valutazione integrato che, partendo da un metodo tradizionale di valutazione del costo del degrado del suolo, venga esteso a comprendere gli effetti del cambiamento climatico²³ (appendice C1).

Cruciali in questa ottica risultano essere la scelta degli scenari di riferimento, i possibili approcci di valutazione economica e di stima degli impatti, i possibili criteri di aggregazione spaziale e temporale, che implicano la scelta del tasso di sconto e l'adozione di diversi criteri di equità, la gestione dell'incertezza e dell'irreversibilità degli impatti. Alcune di queste variabili sono già state in parte identificate nelle sezioni precedenti, in quanto caratterizzano i modelli e i metodi di valutazione illustrati, e sono trasversali al percorso metodologico proposto. In questa sezione saranno analizzate individualmente, e contestualizzate al caso specifico della desertificazione ove possibile.

Scenari

Uno scenario rappresenta un insieme di assunzioni plausibili e coerenti sulle condizioni future del 'mondo'. L'IPCC distingue fra scenari climatici e non.

⇒ Gli scenari climatici generalmente sono derivati da esperimenti modellistici con *General Circulation Models* (GCM). Una distinzione importante può essere fatta fra due tipologie di modelli: alcuni paragonano due stati di equilibrio del clima (ad es. il raddoppiamento delle concentrazioni di CO₂ in atmosfera, o del suo equivalente in termini di irraggiamento), altri tengono conto in modo dinamico dei cambiamenti nelle variabili climatiche (sono i cosiddetti modelli 'accoppiati' *Atmosphere-Ocean General Circulation Models- AOGCM*). Per quanto riguarda la valutazione del danno, una connotazione importante è l'aggregazione spaziale dei modelli e degli scenari climatici: un semplice cambiamento nella temperatura media globale potrebbe infatti nascondere importanti variazioni regionali. Una distinzione finale importante è l'inclusione negli scenari climatici di eventi climatici estremi, quali tempeste, tornado, alluvioni e periodi di siccità, o di eventi meno probabili ma con un potenziale impatto molto elevato, quali il collasso della calotta dell'Antartico Occidentale, o lo scompiglio della circolazione dell'aria nell'Oceano Atlantico. Questi ultimi caratterizzati da un'incertezza molto più elevata.

²³ La stima degli impatti del cambiamento climatico a livello globale in letteratura si è basata essenzialmente sull'uso di modelli macro, più o meno integrati sia dal punto di vista della rappresentazione del sistema economico, che del legame con i modelli climatologici, che della loro evoluzione dinamica. Per la stima dei costi degli impatti a queste tecniche sono state associate anche tecniche di valutazione derivate dall'analisi di mercati o di casi di studio specifici, offrendo un mix di metodologie (top-down e bottom-up, macro e micro) che meglio si prestano alla valutazione dei costi del cambiamento climatico e dell'adattamento in un particolare settore, in una particolare area geografica, o in una dimensione specifica del problema quale la desertificazione.

⇒ Gli scenari non-climatici invece includono gli scenari socioeconomici, di utilizzo e di copertura della terra, ed ambientali, e permettono di determinare la vulnerabilità dei sistemi socio-economici al cambiamento climatico nel tempo²⁴. Inoltre determinano lo sviluppo di diversi scenari di emissione poi utilizzati nei GCM. I primi studi di valutazione degli impatti del cambiamento climatico utilizzavano determinate variabili climatiche (ad es. la temperatura media, o l'innalzamento del livello delle acque del mare in un determinato momento temporale) sullo stato attuale dell'economia e delle popolazione. Negli studi più recenti ed avanzati invece bisogna fare una distinzione fra gli studi che utilizzano scenari esogeni e gli studi che impiegano modelli di analisi di impatto integrati (Integrated Assessment Models- IAM) per generare gli scenari. Analizzando la letteratura rilevante sul tema, emerge che l'utilizzo di IAM nello studio dei costi degli impatti (o dell'inazione) e dei costi di adattamento è ancora molto raro, e che pochissimi studi adottano un approccio modellistico dinamico, legando le dinamiche dei sistemi socio-economici con scenari climatici realistici (fra questi Bosello (2005) e Nordhaus e Boyer (2000)). Come sottolineato precedentemente l'integrazione degli scenari climatici e socio-economici negli approcci di studio tradizionali sulla desertificazione rappresenta un elemento fondamentale di sviluppo della metodologia esistente, delineato nel nostro percorso metodologico ipotetico. Sforzi di ricerca in questa direzione sono sicuramente auspicabili.

Metodi per la valutazione economica

Esistono varie tecniche per la valutazione monetaria degli impatti del cambiamento climatico. Alcune stime degli impatti si basano direttamente sui valori di mercato, altri sulla base dei prezzi di mercato di prodotti o servizi surrogati. In questi casi la sfida è quella di trovare futuri prezzi di mercato che siano coerenti con gli scenari socio-economici prospettati. Per alcuni impatti tuttavia non esistono valori di mercato: ne sono un esempio gli effetti sulla salute e gli effetti sugli ecosistemi e sulla biodiversità, particolarmente rilevanti per quanto riguarda la desertificazione. Le tecniche per la valutazione di questi impatti non di mercato in genere si classificano in metodi derivati dalle preferenze dichiarate (*stated preferences*) e dalle preferenze rivelate (*revealed preferences*).

Tutti gli studi attuali sugli impatti dei cambiamenti climatici utilizzano un *mix* di metodi di valutazione, ma nessuno studio paragona gli effetti dell'uso dei diversi metodi sulle stime di impatto. Dal momento che è praticamente impossibile stimare le risposte al cambiamento climatico in ogni punto nello spazio, è inevitabile trasferire e utilizzare anche i risultati di altri studi, sviluppati in altri contesti geografici e politici. La maggioranza degli studi recenti per la stima degli impatti adotta i risultati sulle valutazioni economiche di altri studi specifici (*benefit transfer methods*); è quindi importante capire quando e a quali condizioni questi dati possono essere utilizzati, spesso con la necessità di estrapolarne anche i valori futuri. La validità di questo metodo dipende dalla bontà dei dati utilizzati in origine per generare i valori economici adottati o 'trasferiti'.

Nella scarsa letteratura esistente sui costi della desertificazione evidentemente sono stati utilizzati *benefit transfer methods*, utilizzando ad esempio i costi della perdita di biodiversità e di acqua estrapolati da studi specifici per la stima dei costi diretti ed indiretti della

²⁴ Adams et al. (1999) in un esempio sull'agricoltura mostrano come diverse assunzioni sullo sviluppo socio-economico possano anche cambiare il segno degli impatti del cambiamento climatico: da negativi (costi) a positivi (benefici).

desertificazione in contesti geografici di più Paesi e macro-Regioni (Matallo, 2006). L'accuratezza delle stime su scale geografiche così vaste e Paesi con realtà sociali ed economiche molto diverse è opinabile.

Nella letteratura sul cambiamento climatico recentemente sono stati fatti vari studi volti ad estrapolare le preferenze dei cittadini rispetto a diverse politiche per il controllo del cambiamento climatico, e per il futuro sarebbe interessante vedere come queste preferenze variano in funzione della diversità geografica e socio-economica²⁵. Sarebbe inoltre interessante estrapolare le preferenze rispetto alle azioni di adattamento. Nel contesto specifico del nostro studio sulla desertificazione, indagini sull'accettabilità sociale oltre che sulla fattibilità economica di determinate scelte di adattamento sarebbero molto utili, e coerenti con l'approccio concettuale integrato che caratterizza il nostro percorso metodologico. Ovviamente queste indagini dovrebbero essere condotte su di una scala di dettaglio a livello locale, come illustrato nel Capitolo III.

Metodi di stima

Gli impatti economici del cambiamento climatico si possono dividere in impatti diretti ed indiretti. Utilizzando come riferimento metodologico un modello di equilibrio economico generale, i primi si riferiscono agli effetti dei cambiamenti sul sistema di produzione e di consumo in un mercato. Gli impatti indiretti invece riguardano l'effetto degli impatti in questo mercato sul resto dell'economia, attraverso i loro effetti sui prezzi relativi, inclusi i prezzi dei fattori.

La maggior parte degli studi ad oggi ha stimato solo i costi diretti, assumendo che gli effetti indiretti fossero di entità trascurabile. Con l'eccezione degli studi di impatto su agricoltura e foreste, effetti di equilibrio economico generale sono stati studiati solo recentemente. In particolare studi recenti hanno stimato le implicazioni dei cambiamenti climatici, di un innalzamento del livello delle acque del mare, e di eventi estremi sul turismo e sulla salute²⁶. Questi studi mostrano che gli effetti indiretti degli impatti del cambiamento climatico possono sia amplificarne che ridurre gli impatti diretti. Inoltre l'inclusione degli impatti indiretti nell'analisi comporta delle differenze in termini di distribuzione dei guadagni e delle perdite: con la stima dei costi indiretti infatti si misurano non solo i costi sopportati dalle persone direttamente colpite dagli impatti, ma anche i costi degli impatti distribuiti attraverso il mercato fra produttori, consumatori, concorrenti e mercati finanziari.

Nel caso della desertificazione come già sottolineato l'integrazione dei costi diretti ed indiretti è un elemento importante del percorso metodologico da sviluppare. Il modello sviluppato dalla Banca Mondiale per la valutazione del rischio di eventi siccitosi in India, che contiene un modulo di valutazione basato su una matrice input-output per il calcolo dei costi indiretti, è sicuramente un esempio rilevante in questa direzione.

Aggregazione temporale

Il cambiamento climatico è un processo lento. Le emissioni di oggi avranno un'influenza sul clima che si manifesterà nell'arco di decenni e secoli; come conseguenza le acque del mare si innalzeranno nei secoli e millenni a venire. Così come gli effetti dei cambiamenti climatici si potranno manifestare in un futuro più o meno lontano, anche i benefici degli interventi di

²⁵ Alcuni esempi sono Li et al. (2004, 2005), Berrens et al. (2004), Hersch and Viscusi (2006), Viscusi e Zeckhauser (2006)

²⁶ Bosello et al., 2004, Bosello, 2005, Nordhaus e Boyer, 2000

mitigazione e di adattamento si manifesteranno in futuro, a fronte di costi da sopportare fin da oggi. Per poter paragonare costi e benefici che si realizzano in diversi momenti nel tempo nella letteratura economica si utilizza il tasso di sconto (*discounting*). Procedura di prassi ma molto controversa²⁷.

Qual è la *ratio* del tasso di sconto? Gli individui scontano guadagni o perdite future essenzialmente per due ragioni: la prima è che il denaro è remunerato da un interesse, la seconda è che le persone sono impazienti²⁸. La prima ragione è largamente accettata²⁹; la seconda trova un consenso virtuale, dal momento che le ragioni etiche mostrano che le persone non dovrebbero usare il tasso di sconto (Broome, 1992), mentre l'evidenza empirica mostra che nella realtà invece lo utilizzano (Nordhaus, 1994).

Più gli orizzonti temporali di riferimento sono lontani più l'utilizzo del tasso di sconto cambia in modo significativo la valutazione dei danni. Con l'uso del tasso di sconto i danni che si potrebbero manifestare fra un secolo, coinvolgendo le generazioni future, nelle scelte di investimento fatte nel presente avrebbero molto poco peso.

La letteratura più teorica ha riflettuto sui principi fondamentali dell'uso del tasso di sconto, in particolare sul fatto che la procedura dell'uso del tasso di sconto deriva dalle scelte di allocazione intertemporale delle risorse di un singolo agente economico³⁰, e sull'assunzione che il tasso di sconto sia esponenziale³¹.

Senza entrare nei dettagli di questo ricco filone di studi di natura essenzialmente teorica, guardiamo invece brevemente cosa dicono gli studi empirici. In realtà nella letteratura empirica non c'è consenso rispetto al valore del tasso di sconto. Gli studi differiscono sia rispetto all'entità del tasso di sconto, sia rispetto alla forma funzionale scelta. Mentre la maggior parte degli studi utilizza un tasso (*rate of pure time preference*) compreso fra 1 e 3 %, nel suo recente rapporto Stern et al. (2006) assume una posizione radicale scegliendo un tasso pari solo allo 0.1%. I costi dell'inazione nel rapporto Stern risultano dunque molto più elevati rispetto a quanto stimato dagli altri studi. Forse una soluzione di compromesso più equa è quella prospettata da altri studi recenti, in base ai quali un tasso decrescente nel tempo garantirebbe maggior equità nelle scelte di breve e lungo periodo.

²⁷ Si legga Arrow et al. (1996), Portney e Weyant (1999), Bradford (2001) e Pearce et al. (2003) per una discussione stimolante

²⁸ Si potrebbe anche obiettare che il futuro si sconta in quanto più incerto del presente, ma in questo caso l'uso del tasso di sconto servirebbe come procedura per l'analisi dell'incertezza

²⁹ Con l'eccezione di Davidson (2006)

³⁰ Vedi Lind (1995), Lind e Schuler (1998), Schelling (1995), Chichilnisky (1996), Gerlagh e Keyzer (2001), Gollier (2002a,b) Weitzman (2001), Dasgupta and Maskin, 2005

³¹ Nella forma esponenziale il fattore di sconto è $(1+r)^{-t}$, dove r è il tasso di sconto e t è il tempo. In letteratura è stato argomentato che la forma esponenziale convenzionale sia sbagliata, ed è stata proposta la forma iperbolica, che garantisce una riduzione del tasso più si allunga l'orizzonte temporale. Per letteratura a riguardo si veda Cropper et al., 1992, Henderson and Bateman, 1995, Heal, 1997, Dasgupta and Maskin, 2005, Weitzman, 2001, Gollier, 2002a,b

Aggregazione spaziale

I cambiamenti climatici rappresentano un problema globale. Le emissioni di CO₂ e di altri gas serra si mischiano in modo uniforme in atmosfera: gli impatti delle emissioni di un paese quindi facilmente ricadranno anche su altri paesi. La stessa considerazione vale per i benefici legati alla riduzione delle emissioni. Meno per l'adattamento, che ha una dimensione fortemente locale, anche se un maggiore adattamento in un'area geografica potrebbe mitigare la distribuzione dei costi degli impatti su più vasta scala. Nel caso della desertificazione ne sono un esempio politiche e misure di contenimento della migrazione indotta dall'abbandono della terra ('rifugiati ambientali', UNEP 1986), fenomeno che comporta un impatto sociale ed economico sia nelle regioni di origine che di destinazione della popolazione che migra.

Per cogliere la corretta dimensione del problema gli impatti sui diversi paesi devono quindi essere aggregati. In letteratura sono stati utilizzati principalmente due metodi: il primo, e più 'vecchio', consiste nel quantificare gli impatti regionali nella valuta locale, convertirli in un'unità monetaria di riferimento (tipicamente US\$), ed aggregarli (Fankhauser, 1995; Tol, 1995). Questa procedura, per quanto semplice, tratta in modo diverso fra regioni impatti per natura simili. Ad esempio, le morti legate al cambiamento climatico nei paesi ricchi hanno un peso maggiore delle morti avvenute sempre a causa dei cambiamenti climatici nei paesi poveri. Il secondo metodo, cosiddetto '*equity weighting*', intende dare un peso di equità per ovviare a questo problema (Azar and Lindgren, 1996; Fankhauser et al., 1997, 1998; Azar, 1999). Anzichè aggregare semplicemente le stime regionali, vengono aggregate delle misure regionali equivalenti in base all'utilità ('*utility equivalent*') e poi riconvertite in valori monetari in base ad un'ipotetica funzione di benessere globale. Uno svantaggio di questo metodo consiste nel fatto che le morti indotte dal cambiamento climatico sono valutate in modo diverso rispetto alle morti legate ad altre cause nei singoli paesi. Questo perchè il metodo assume un decisore globale.

Per avere un'idea più concreta di quanto questi metodi portino a risultati diversi vediamo che Tol (2005) nella sua meta-analisi degli studi d'impatto esistenti stimava un valore mediano del costo marginale del danno causato dalla CO₂ pari a \$10/tC senza pesi di equità, e di \$54/tC con pesi di equità (che danno maggior peso ai danni nei paesi poveri, maggiormente vulnerabili ai cambiamenti climatici). Questa diversità nelle stime, nonostante l'elevato grado di incertezza (sia di natura statistica che legata alla bontà dei dati), suggerisce la necessità di interventi di compensazione fra Paesi.

Nella limitata letteratura internazionale sui costi della desertificazione illustrata nel Capitolo II le stime sono state aggregate fra Paesi utilizzando una valuta di riferimento, senza scontare o compensare gli impatti fra Paesi con diverse realtà ambientali, sociali ed economiche. Dunque gli studi esistenti e futuri potrebbero essere notevolmente affinati anche in questa direzione.

Incertezza ed irreversibilità

I cambiamenti climatici sono permeati dall'incertezza. In parte questo è dovuto alla nostra ancora limitata conoscenza del fenomeno e dei suoi impatti. In gran parte tuttavia è anche dovuto al fatto che i cambiamenti climatici avverranno nel futuro, acuiti dalle future emissioni, e comportando degli impatti sullo stato futuro del mondo. La ricerca e le osservazioni future potrebbero ridurre quest'incertezza, oppure addirittura amplificarla, ma l'incertezza rimarrà sempre.

Un elemento cruciale per le decisioni in presenza di incertezza è l'irreversibilità degli impatti. Eventi futuri incerti, ma che possono essere alleviati, non rappresentano una grave preoccupazione. Invece impatti irreversibili, quali l'estinzione di una specie animale, potrebbero essere prevenuti indipendentemente dall'incertezza in base al 'principio precauzionale'. Un altro elemento cruciale che caratterizza le decisioni in presenza di incertezza è il grado di avversione

al rischio, ovvero quanto peso si attribuisce a sorprese negative per il futuro. Studi recenti hanno mostrato che il costo marginale del danno causato dalla CO₂ è molto sensibile al grado di avversione al rischio ipotizzato. Tuttavia, anche se il rischio e l'incertezza sono spesso enfatizzati in letteratura, solo pochi studi hanno cercato di quantificarne le implicazioni. Fra questi Newell e Pizer (2004) tengono conto dell'incertezza statistica nelle loro stime sui costi analizzando gli effetti di tassi di sconto futuri incerti sulla valutazione dei benefici futuri, dimostrando l'importanza della dimensione dell'incertezza nella valutazione degli impatti del cambiamento climatico. Il modello di Integrated Assessment utilizzato da Stern et al. (2006) è in sostanza uno strumento di analisi di sensitività. Il modello Page2002 (Hope, 2006) è in grado di calcolare la sensitività di variabili d'impatto del cambiamento climatico rispetto ai cambiamenti in vari parametri fisici ed economici. Questi stessi strumenti troverebbero applicazione anche nel contesto specifico dello studio dei costi della desertificazione.

Completezza

I cambiamenti del clima rappresentano un problema complesso e dalle mille sfaccettature, che può causare una grande varietà di impatti e altrettante risposte, anche in termini di adattamento. Il grado di completezza degli studi esistenti in letteratura è ancora molto parziale, anche se recentemente sono stati fatti molti sforzi nella giusta direzione. È da menzionare il recente rapporto di Stern et al. (2006), che seppure facendo assunzioni eroiche, è riuscito ad includere nella valutazione degli impatti una moltitudine di aspetti rilevanti e cruciali.

Come proposto nell'ipotesi di sviluppo di una metodologia per lo studio dei costi della desertificazione, il disegno di un modello concettuale di riferimento che rappresenti il problema, gli obiettivi, le misure e i risultati in modo semplificato ma esauriente, cogliendo le varie interrelazioni e i processi di feed-back, aiuterebbe a dare un maggior grado di completezza al quadro di analisi, garantendo una maggiore chiarezza nella metodologia e nella valutazione dei risultati.