

Giornata di studio su:  
Cambiamenti climatici e impatto sull'agricoltura

Firenze, 23 marzo 2007



VINCENZO FERRARA\*

## Come cambia il clima e le conseguenze sull'agricoltura

### I. INTRODUZIONE

Le crescenti emissioni in atmosfera di anidride carbonica e di altri gas a effetto serra provenienti dalle attività umane, e in particolare dal crescente uso di combustibili fossili, oltre che dalla deforestazione, dalle trasformazioni territoriali e dal crescente uso delle risorse naturali, stanno lentamente modificando il clima globale e tali modifiche appaiono ormai non più trascurabili.

Per affrontare i problemi dei cambiamenti climatici generati dalle attività umane, le Nazioni Unite hanno definito due strategie di azione: la strategia di mitigazione dei cambiamenti climatici e la strategia di adattamento ai cambiamenti climatici.

La strategia di mitigazione dei cambiamenti climatici, che agisce sulle cause dei cambiamenti del clima, ha l'obiettivo di ridurre le emissioni di gas a effetto serra provenienti dalle attività umane al fine di eliminarne l'accumulo di gas serra in atmosfera, accumulo che, per le caratteristiche che hanno questi gas di trattenere il calore, determina uno spostamento dell'equilibrio complessivo del bilancio energetico del sistema climatico e, quindi, una variazione del clima.

La strategia di adattamento ai cambiamenti climatici, che agisce sugli effetti dei cambiamenti del clima, ha, invece, l'obiettivo di minimizzare le possibili conseguenze negative derivanti dai cambiamenti climatici ormai in atto (e non evitabili attraverso il taglio delle emissioni di gas serra e la conseguente stabilizzazione della loro concentrazione nell'atmosfera) e di prevenirne gli eventuali danni futuri riducendo la vulnerabilità territoriale e quella socio economica ai cambiamenti del clima, e sfruttando, ove possibile, le nuove

\* *Direttore Centrale ENEA*

opportunità di sviluppo socio economico che dovessero sorgere con i cambiamenti climatici.

Anche se la strategia di adattamento ai cambiamenti climatici dipende dalla strategia di mitigazione (e in particolare dalla sua efficacia e dalla sua tempestività di attuazione), perché maggiore è lo sforzo di mitigazione (cioè di riduzione delle emissioni di gas serra), minore sarà lo sforzo di adattamento, tuttavia adattarsi non significa rassegnarsi all'ineluttabile, perché l'adattamento è fondamentalmente una azione di prevenzione dei rischi e di protezione dell'ambiente, del territorio e del benessere socio economico e socio sanitario della popolazione.

Proteggere le risorse idriche, utilizzando l'acqua senza sprechi e in modo efficiente, salvaguardare la produzione agricola, aumentando la sicurezza alimentare, pianificare il territorio, le aree costiere e l'uso delle risorse naturali attivando azioni di ripristino e di attuazioni di reti ecologiche per evitare le conseguenze catastrofiche di alluvioni, frane, mareggiate e di altri eventi estremi, proteggere la vita naturale del nostro pianeta come le foreste, gli ecosistemi, la biodiversità, compresa la vita umana e la salute dei cittadini, sono tutte azioni di prevenzione che minimizzano i danni derivanti dalla variabilità del clima e dall'uso spesso non razionale delle risorse. Sono azioni di adattamento, sempre più necessarie quanto più il clima cambia, la sua variabilità aumenta o si estremizza aumenta e, nel contempo, l'uso del territorio e delle risorse naturali non tiene conto di tutti i mutamenti e le tendenze in atto: mutamenti e tendenze che a livello nazionale e locale non sono altro che il riflesso dei grandi cambiamenti globali che stanno avvenendo.

L'essere umano nei secoli passati si è sempre adattato ai cambiamenti del clima, ma ha sempre avuto il tempo necessario per adattarsi (alcune civiltà del passato che non hanno avuto capacità di adattarsi hanno dovuto soccombere). Quello che stiamo oggi sperimentando è, invece, un cambiamento climatico che sta procedendo a un ritmo troppo veloce perché gli ecosistemi e gli esseri umani possano naturalmente adattarsi: un ritmo, tra l'altro, che non si è mai verificato negli ultimi 10 mila anni (dato IPCC, Quarto Rapporto 2007), cioè da quando dalle comunità dell'uomo preistorico siamo passati alle attuali società tecnologiche e industriali.

I rischi associati con i cambiamenti del clima sono reali e li stiamo in parte già sperimentando con i sempre più frequenti "stati di emergenza" che colpiscono il nostro paese: dall'emergenza siccità, all'emergenza alluvioni, dall'emergenza incendi, all'emergenza salute per le ondate di calore e così via con gli altri "stati di calamità". Ridurre la vulnerabilità della popolazione, del nostro sviluppo socio-economico, del nostro territorio e del nostro ambiente

a questi nuovi rischi che si aggiungono ai rischi già esistenti amplificandoli, a volte in modo imprevedibile, fa parte della strategia di adattamento ai cambiamenti del clima.

L'adattamento, in pratica, è un processo attraverso il quale il nostro Paese, così come stanno facendo altri Paesi, dovrà cercare di prepararsi ad affrontare le incertezze del futuro, attrezzandosi opportunamente (piani, programmi, tecnologie, organizzazione, formazione scientifica, informazione, ecc.) per minimizzare i contraccolpi negativi che possono derivare dai cambiamenti del clima e per prevenire i possibili danni. Ma nello stesso tempo, il nostro Paese dovrà anche cercare di prepararsi per trasformare quelli che potrebbero essere possibili punti di debolezza del nostro sistema socio economico, in possibili punti di forza, cioè prepararsi anche a saper cogliere e sfruttare le nuove opportunità che potranno presentarsi a causa dei cambiamenti del clima e dei suoi effetti.

## 2. IL QUADRO COMPLESSIVO DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI A LIVELLO GLOBALE

Il quadro complessivo della situazione del clima globale e della sua possibile evoluzione futura, comprese le cause dei cambiamenti in atto, i probabili impatti ambientali e socio economici dei cambiamenti prevedibili del clima e le opzioni di risposta, è stato recentemente fornito da IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) nel suo quarto "Assessment Report" del 2007. Da questo quadro complessivo, suddiviso in tre parti: a) conoscenze scientifiche e possibile evoluzione futura del clima, b) impatti, vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti del clima, c) emissioni globali di gas serra e mitigazione dei cambiamenti del clima, emerge quanto segue.

### 2.1 *L'aumento dei gas serra in atmosfera non è naturale*

Dal 1750 al 2000 abbiamo estratto dal sottosuolo e bruciato combustibili fossili per 390 miliardi di tonnellate di carbonio, che hanno, a loro volta, prodotto circa 1400 miliardi di tonnellate di anidride carbonica. Il 57% di questa quantità è stata assorbita dagli oceani (in parte disciolta in acqua e in parte assorbita dal fitoplankton) e dalla vegetazione terrestre (attraverso la fotosintesi clorofilliana). Il rimanente 42% è rimasta in aria producendo un incremento della concentrazioni di anidride carbonica che sono passate da 280 ppm a 380 ppm, un valore questo che è il più alto degli ultimi 650 mila

anni e probabilmente anche degli ultimi 20 milioni di anni. (Ricordiamo che *l'homo erectus* è comparso sulla terra circa 1 milione di anni fa, *l'homo sapiens* circa 100 mila anni fa e *l'homo sapiens sapiens* circa 10 mila anni fa).

### *2.2 Il riscaldamento climatico è causato quasi totalmente dalle attività umane*

Nel sistema climatico vi è un effetto serra aggiuntivo a quello naturale come conseguenza dell'aumento di concentrazione dei gas serra in atmosfera. Questo effetto serra aggiuntivo è causato quasi totalmente dalle attività umane. Il livello scientifico di attendibilità di questa affermazione è superiore al 90%. Infatti, le cause naturali del riscaldamento climatico sono del tutto trascurabili, sia quella di origine solare (macchie solari) che è pari al 4% delle cause di origine antropica, sia quella di origine astronomica che è praticamente inesistente dal 1750 a oggi (agisce infatti su archi di tempo superiore ai 20 mila anni). Altrettanto trascurabili (inferiori al 4%) sono altri effetti naturali quali gli eventuali effetti di riscaldamento derivanti dall'attività vulcanica (anzi gli effetti sono per lo più raffreddanti) e gli effetti legati ai movimenti della crosta terrestre (che adiscono dalle decine alle centinaia di migliaia di anni). Importante rimane il ruolo degli aerosol atmosferici sia per gli effetti riscaldanti che raffreddanti, e sia per gli effetti diretti che quelli indiretti (sulla formazione di nubi e idrometeore), ma è difficile separare gli effetti che sono attribuibili a processi naturali da quelli che derivano da processi antropici anche perché gli aerosol atmosferici in parte provengono dalle attività umane e in parte da processi naturali.

### *2.3 Le misure sperimentali mostrano una forte accelerazione del riscaldamento climatico globale*

Le misure sperimentali mostrano, infatti, che:

- la temperatura media del pianeta è aumentata di 0,74 °C nell'ultimo secolo), ma con tassi di incremento via via crescenti: mentre nei decenni precedenti al 1950 aumentava a un tasso medio inferiore a 0,06°C per decennio, negli ultimi 50 anni è, invece, aumentata al tasso di 0,13°C per decennio e più recentemente ha raggiunto il tasso di circa 0,25°C per decennio;
- le precipitazioni totali annue sono diminuite alle basse latitudini e aumentate alle alte latitudini, cambiando anche le loro caratteristiche di intensità e durata;

- gli eventi estremi hanno subito generalmente un aumento della intensità, più che della frequenza e ciò riguarda soprattutto i cicloni tropicali (uragani e tifoni), le tempeste extratropicali (cicloni extratropicali e correnti aeree troposferiche), le alluvioni e le siccità, le ondate di caldo e di freddo;
- la temperatura degli oceani è aumentata fino a circa 3000 metri di profondità, molto più sensibilmente in superficie e molto meno negli strati più profondi, molto più sensibilmente nell'oceano Indiano settentrionale, nel Pacifico occidentale e nel nord Atlantico, molto meno in altri oceani;
- l'innalzamento medio globale del livello del mare è passato da 1,8 mm/anno che si verificava nei decenni precedenti al 1990, a un ritmo di 3,1 mm/anno che si è osservato negli ultimi 15 anni;
- l'acidificazione degli oceani è aumentata in media di 0,1 punti di pH (con conseguenti problemi di corrosione del carbonato di calcio di cui sono costituiti i coralli e le barriere coralline);
- i ghiacci polari stanno subendo una diminuzione è molto marcata al polo nord (perdita di estensione pari al 2,7% per decennio con punte del 1% per anno nel periodo estivo) e in Groenlandia (perdite superiori a 220 km cubici per anno);
- i ghiacci delle medie latitudini sono anch'essi in fase di diminuzione anche se a ritmi meno accelerati che nelle aree polari, ma in alcuni casi (come nelle Alpi e nelle Ande) hanno raggiunto livelli del 5% per decennio.

#### 2.4 *Gli scenari futuri della temperatura media globale*

Secondo le più recenti valutazioni attraverso modelli climatici globali, la temperatura media globale al 2100 potrà andare da un minimo di 1,1°C a un massimo di 6,4°C. Gli scenari minimali (aumento della temperatura inferiore a 1,5 °C) e quelli massimali (aumento della temperatura superiore a 4,5°C) sono considerati da IPCC poco probabili e poco affidabili. Di conseguenza, l'ipotesi più probabile, secondo IPCC, appare quella secondo cui l'aumento della temperatura media globale sarà, compreso fra 0,6 e 0,7°C al 2030 anni e raggiungerà circa 3°C o poco più nel 2100, e comunque una temperatura inferiore a 4,5°C. Nel caso ipotetico di tassi di aumento della temperatura media globale superiore a 4,5°C per secolo, il rischio di destabilizzazione del sistema climatico è molto alto e le conseguenze potrebbero essere opposte a quelle ragionevolmente prevedibili (per esempio: glaciazione di parte dell'emisfero nord a causa della interruzione della corrente del Golfo).

### 2.5 *Gli scenari futuri di innalzamento del livello del mare*

Al 2100 il livello del mare aumenterà, per dilatazione termica, tra 18 e 58 cm e più probabilmente tra i 28 e i 43 cm, e non tra i 15 e i 90 cm circa previsti nel precedente rapporto di IPCC del 2001. Se la velocità del riscaldamento climatico fosse molto elevata (cioè superiore ai 4,5°C per secolo degli scenari massimali), i ghiacci della Groenlandia e quelli della parte occidentale dell'Antartide, potrebbero subire accelerati e improvvisi processi di fusione o addirittura collassare. In tal caso, l'innalzamento del livello del mare, non sarebbe più quello precedente, ma potrebbe arrivare perfino a 6-7 metri. Inoltre, se la fusione dei ghiacci della Groenlandia fosse molto rapida con immisione altrettanto rapida di rilevanti masse d'acqua dolce nel nord Atlantico, la interruzione della corrente del Golfo diventerebbe molto probabile, anche se per il periodo successivo al 2100.

### 2.6 *Le principali conseguenze a livello globale*

La calotta polare artica (quella formata dai ghiacci galleggianti) potrebbe, nel 2100, scomparire durante i mesi estivi o ridursi del 90% rispetto alla estensione attuale. Drastiche riduzioni si avrebbero anche per i ghiacciai delle catene montuose poste alle medie e basse latitudini. Gli estremi climatici quali le ondate di calore, le precipitazioni intense e alluvionali delle medie e alte latitudini, prolungati periodi di siccità alle medie e basse latitudini, diventerebbero sempre più frequenti e intensi. I danni maggiori sarebbero, però, soprattutto nelle aree delle medie e basse latitudini e in particolare le zone subtropicali e tropicali, l'area mediterranea e caraibica e l'Asia centrale continentale. L'aumento della temperatura degli oceani e l'innalzamento del livello del mare produrrebbe conseguenze negative soprattutto nell'oceano Pacifico e nell'oceano Indiano (isole e atolli corallini inondati, aree costiere basse come il Bangladesh completamente distrutte, ecc., oltre a danni alle barriere coralline e alla biodiversità marina).

### 2.7 *Le principali conseguenze negative per l'Europa riguarderanno l'area mediterranea*

Per quanto riguarda l'Europa, maggiori dettagli sono riportati di seguito. Ci limitiamo qui a riassumerli:

*Europa settentrionale:* diminuzione ondate di gelo, aumento delle precipitazioni nelle aree settentrionali più estreme, aumento della estensione forestale, miglioramento della produzione agricola, aumento della disponibilità d'acqua.

*Europa centrale:* aumento della siccità invernale, aumento della intensità delle precipitazioni estreme, aumento dei rischi di esondazione dei fiumi, aumento dei rischi di alluvione, moderata diminuzione complessiva della disponibilità d'acqua

*Europa meridionale:* aumento delle ondate di calore, aumento della siccità estiva, diminuzione della disponibilità d'acqua, diminuzione della estensione forestale e aumento degli incendi boschivi, diminuzione della produzione agricola, inondazioni costiere in area mediterranea.

### 3. IL QUADRO EUROPEO DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI

Oltre a quanto riportato dal rapporto IPCC 2007 (WG 2)), l'Agenzia Europea per l'Ambiente ha condotto nel 2005 una analisi di dettaglio per l'Europa, considerando numerosi indicatori del cambiamento climatico in atto sul vecchio Continente. Combinando i dati dell'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA 2005) con i dati IPCC (IPCC 2007) si ricava il seguente quadro.

*Temperatura.* La temperatura media in Europa è aumentata più di quella media globale: l'aumento nell'ultimo secolo è stato pari a 0,95°C (in estate di 0,7°C, in inverno di 1,1°C). Con gli attuali ritmi, in Europa la temperatura media annuale avrà nel 2100 un ulteriore aumento, rispetto a oggi, compreso fra 2,5 e 5,5°C. Il riscaldamento sarà maggiore in inverno, per l'Europa orientale e settentrionale, e in estate, per l'Europa occidentale e l'area mediterranea.

*Precipitazioni.* Le precipitazioni totali annue nel nord Europa sono aumentate, nell'arco di un secolo, dal 10 al 40%, mentre nel sud Europa sono diminuite dal 10 al 20%. Entro il 2100 gli scenari di cambiamento climatico mostrano che precipitazioni totali annue aumenteranno di un ulteriore 10-20% nel nord Europa e diminuiranno di un ulteriore il 10-20% nel sud Europa.

*Alluvioni e inondazioni.* Negli ultimi 25 anni in Europa si sono avute 238 alluvioni disastrose. Tuttavia, grazie al miglioramento dei sistemi di protezione civile, pur essendo molto aumentati i danni economici, sono viceversa diminuite le perdite umane. In futuro, gli scenari di cambiamento climatico mostrano che cambierà la distribuzione delle precipitazioni (precipitazioni

molto intense su brevi periodi seguite da periodi più o meno lunghi di siccità). Di conseguenza aumenterà significativamente la probabilità di alluvioni in tutta Europa, di più nel nord Europa, meno nel sud Europa e in area mediterranea nonostante la diminuzione delle precipitazioni totali annue. Per le aree costiere bisognerà tener conto anche della maggior probabilità di inondazioni a causa dell'aumento delle mareggiate. La combinazione, in area mediterranea, di temperature più alte e di riduzione delle precipitazioni causerà anche una maggior frequenza di ondate di calore.

*Ghiacciai.* Dal 1850 i ghiacciai europei hanno perso in media il 30% della loro superficie e il 50% del loro volume. Perdite maggiori si sono verificate per i ghiacciai alpini che hanno perso circa il 50% della loro superficie e 70% del loro volume. Con le tendenze attuali entro il 2060 potrebbero scomparire tutti i ghiacciai posti al di sotto di 3500 metri di quota e al 2100 solo il 30% degli attuali ghiacciai europei potrebbe ancora sopravvivere. Ciò porrà anche rilevanti problemi nelle portate d'acqua dei fiumi e, di conseguenza, nelle risorse idriche disponibili in gran parte d'Europa, ma soprattutto nel sud Europa.

*Livello del mare.* Il livello medio dei mari che circondano l'Europa è cresciuto negli ultimi 100 anni a un tasso compreso fra 0,8 mm/anno (costa atlantica) e 3 mm/anno (costa norvegese). Nel Mediterraneo il tasso di crescita medio su tutto il bacino è compreso fra 1,3 e 2 mm/anno, ma con un andamento fortemente diseguale tra Mediterraneo orientale (incluso il mar Nero) e Mediterraneo occidentale. Nello Ionio meridionale, inoltre, per una serie di cause ancora da accertare, non si registrano sollevamenti del livello del mare: anzi sembra essere in atto una controtendenza. Il sollevamento futuro del livello del mare dipende da diversi fattori: un sollevamento di tipo termico (a causa del riscaldamento delle acque) che potrà variare fra i 1,8 e i 4,3 mm per anno, a cui bisognerà aggiungere il sollevamento causato dalla fusione dei ghiacci artici e da processi geologici di riequilibrio (sollevamento eustatico e sollevamento o abbassamento isostatico) e infine bisognerà tener conto, area per area, della subsidenza (abbassamento) o del sollevamento del suolo per cause naturali (di tipo tettonico) e per cause antropiche (attività umane nelle aree costiere). Questo significa che a seconda delle aree costiere e delle loro caratteristiche e a seconda degli scenari di cambiamento del clima la variabilità potrà essere molto ampia: da 1,8 mm/anno a oltre 8 mm/anno.

*Stagioni vegetative.* Il periodo vegetativo delle piante si è allungato mediamente in Europa di circa 10 giorni tra il 1962 e il 1995, e tenderà ad aumentare significativamente a causa dell'aumento della temperatura e delle concentrazioni di anidride carbonica atmosferica, purché siano disponibili adeguate quantità di acqua e nutrienti nei suoli. Ciò sarà vero, in futuro, per

il nord Europa, ma non per l'area mediterranea. Di conseguenza la produttività di biomassa vegetale sarà favorita nel nord Europa e, viceversa, sfavorita nel sud Europa e in area mediterranea

*Portata dei fiumi.* La portata dei fiumi che si gettano nel Mare Artico è aumentata nell'ultimo secolo, fino al 50%; quella dei fiumi che si gettano nel Mar Baltico e nell'Atlantico è rimasta più o meno costante o aumentata del 10%. Al contrario, la portata dei fiumi che si gettano nel Mediterraneo è diminuita dal 10 al 50%. In compenso, però, le portate dei fiumi che si gettano nel mar Nero che è in comunicazione con il Mediterraneo, non ha subito variazioni di rilievo. Le proiezioni future mostrano una estremizzazione della situazione attuale, con problemi rilevanti di disponibilità d'acqua in area mediterranea. L'aumento della salinità del Mediterraneo indotto dalla ridotta alimentazione di acqua dolce dai fiumi produce l'effetto di contrastare la risalita del livello mare e rallenta, al momento, i maggiori effetti erosivi sulle zone costiere mediterranee.

#### 4. IL QUADRO ITALIANO DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI

Dalle analisi dei dati degli ultimi duecento anni, pervenuti da oltre cento stazioni meteorologiche e dai più antichi osservatori d'Italia, il CNR-ISAC (*Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per lo studio dell'atmosfera e del clima*) ha ricavato una fotografia aggiornata del cambiamento in atto in Italia, per quanto riguarda temperature e precipitazioni (Brunetti et al., 2006a; Brunetti et al. 2006b).

*Temperature.* Le temperature medie annuali in Italia sono cresciute negli ultimi due secoli di 1,7°C (pari a oltre 0,8°C per secolo), ma il contributo più rilevante a questo aumento è avvenuto in questi ultimi 50 anni, per i quali l'aumento è stato di circa 1,4°C (pari a circa 2,8°C per secolo). Il tasso di crescita delle temperature medie in Italia è molto superiore (circa doppio) a quello medio globale. Sono aumentate di più le temperature minime (soprattutto al nord) che le massime, e di più le temperature invernali (soprattutto al sud) che quelle estive. Tuttavia, la situazione si capovolge se si analizzano soltanto i dati degli ultimi 50 anni. Infatti, sono aumentate di più le temperature massime di quelle minime e, conseguentemente, sono aumentate anche le escursioni termiche giornaliere. Sono anche aumentate, come durata e intensità, le ondate di calore estivo: il 2003, oltre a essere stato, per l'Europa, il più caldo mai registrato in questi ultimi 200 anni, ha prodotto le più intense e prolungate ondate di calore. Sono diminuite, soprattutto come frequenza, le ondate di freddo invernale.

*Precipitazioni.* Secondo gli stessi studi del CNR, le precipitazioni totali sono diminuite in tutto il territorio nazionale di circa il 5% a secolo, con maggiori riduzioni (9%) in primavera; la riduzione è più accentuata nelle regioni centro-meridionali rispetto a quelle settentrionali. È diminuito anche il numero complessivo dei giorni di pioggia, soprattutto in questi ultimi 50 anni: la diminuzione è pari a circa 6 giorni per secolo nelle regioni settentrionali e a circa 14 giorni nel centro-sud. La tendenza generale, per tutte le regioni italiane, è un aumento dell'intensità delle precipitazioni e una diminuzione della loro durata. Sono in aumento anche i fenomeni siccitosi, la cui persistenza è maggiore in inverno nelle regioni settentrionali e maggiore in estate al sud.

*Risorse idriche.* I dati della campagna di studio della Conferenza Nazionale delle Acque mostrano che le risorse idriche complessive, valutate attualmente in circa 50 miliardi di metri cubi per anno, che già sono distribuite in modo disomogeneo fra nord (41%), centro (26%), sud (20%) e isole (6%), tendono a diminuire a causa della riduzione delle precipitazioni e all'aumento della evapotraspirazione e dei prelievi idrici. La diminuzione delle risorse idriche aumenta la disomogeneità tra nord e sud Italia: le riduzioni più marcate avvengono al Sud e nelle isole.

*Le Alpi.* In base ai dati raccolti dalle stazioni in quota poste sul versante italiano e su quello svizzero e austriaco, il tasso di aumento della temperatura media sulla catena alpina in quest'ultimo secolo è compreso fra 1,5 e 2°C, e la maggior parte di questo aumento è posteriore al 1980. In base ai risultati di un recente workshop di preparazione per la Conferenza Nazionale sui Cambiamenti Climatici, tenuto a Sain Vincento nel luglio scorso, dei 4474 km quadri di superficie glaciale che ricoprivano le Alpi nel 1850, ne rimanevano 2272 nell'anno 2000 (riduzione pari al 51%). La superficie glaciale che rientra nei confini italiani ammonta oggi complessivamente a meno 500 km quadrati (un quinto del totale alpino). L'unico ghiacciaio appenninico, quello del Calderone sul versante nord del Gran Sasso, è di estensione insignificante essendosi ormai ridotto a esili placche ricoperte da detriti. La riserva idrica dei ghiacciai italiani ammonta a un valore compreso fra 15 e 25 km cubici di acqua (circa la metà del contenuto di acqua del lago Maggiore).

## 5. IL QUADRO DEI PROBLEMI CHE SI PONGONO IN ITALIA

Sulla base, delle analisi condotte da IPCC (IPCC 2007) e dall'Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA 2005), tenendo conto degli studi condotti dal CNR

e da ENEA (ENEA 2003, ENEA 2007, ENEA-FEEM 2003), si ricava la seguente sintesi.

*Aspetto idrologico.* L'andamento della temperatura, delle precipitazioni, degli eventi meteorologici estremi e della evoluzione dei ghiacciai e delle portate dei fiumi, tenderà a ridurre la disponibilità d'acqua in tutta Italia, sia per quelle di superficie che per quelle di falda. La riduzione risulterà più critica nel sud Italia dove già sussistono condizioni di stress idrico. Questo problema non è solo una questione di bilancio idrologico, ma ha profonde implicazioni sull'agricoltura, il turismo, la salute, la produzione industriale, l'urbanizzazione, e, non ultimo, sul settore assicurativo.

*Aspetto ecosistemico e agroforestale.* Le tendenze climatiche in atto e quelle previste dagli scenari di IPCC, sposteranno verso nord, a latitudini più alte, le condizioni climatiche e ambientali tipiche dell'area mediterranea. Questo significa che tutti i sistemi ecologici, forestali e dell'ambiente naturale del mediterraneo tenderebbero a "migrare" verso l'Europa centro occidentale e settentrionale. La rapidità del cambiamento climatico in atto è però di gran lunga maggiore della velocità, di cui sono capaci le specie vegetali, di colonizzazione di nuovi spazi, soprattutto quelle dominati nelle foreste. Quindi, è da attendersi la progressiva "disgregazione" di tutti gli ecosistemi, con le conseguenti modifiche anche del paesaggio e con profonde implicazioni soprattutto nei settori dell'agricoltura, del turismo e tempo libero e nel settore residenziale.

*Aspetto marino costiero.* L'innalzamento del livello, anche modesto, e l'acuirsi dei fenomeni estremi come le mareggiate, aggraverà significativamente i problemi già esistenti negli ambienti marino costieri. In particolare, alcune aree di piana costiera depresse (le principali sono circa una trentina per un totale di circa 1400 km di sviluppo lineare), potrebbero essere inondate, così come tutte le coste basse e sabbiose (sono circa 4000 km) potrebbero subire problemi di forte erosione costiera, infiltrazioni di acqua salata nelle falde costiere di acqua dolce e danni alla biodiversità delle zone umide marino costiere, soprattutto se già ossitano condizioni altimetriche al di sotto del livello medio del mare (ad esempio tutto l'alto Adriatico). Questo problema ha forti implicazioni, oltre che sulla perdita di biodiversità, su tutte le attività produttive condotte nelle zone costiere, ma soprattutto sulle attività ricreative e turistiche e perfino sul patrimonio storico, artistico e culturale, come nel caso di Venezia.

*Aspetti socio-economici.* Le ripercussioni secondarie sono connesse alle implicazioni e alle conseguenze dirette e indirette che derivano dagli aspetti precedenti. Oltre ai possibili danni alle risorse naturali (la biodiversità, l'acqua,

gli ecosistemi forestali, ecc.), all'ambiente e al territorio (rischi di desertificazione, rischi idrogeologici aggiuntivi, rischi per le coste e gli ambienti costieri, ecc.), alle attività economiche (agricoltura, turismo, trasporti, produzione industriale, ecc.), si avrebbero ripercussioni secondarie non trascurabili nel campo socio economico (e in particolare nel campo del lavoro e dell'occupazione) e nel campo socio-sanitario (e in particolare per la popolazione più vulnerabile agli effetti dei cambiamenti del clima). Tali ripercussioni negative sono causate dalle modifiche delle possibilità di sviluppo (per esempio nel campo dell'agricoltura, del turismo e della pesca) e delle opportunità di crescita economica che cambiano per le varie regioni italiane (a seconda, per esempio, dai maggiori rischi di desertificazione o dai maggiori rischi idrogeologici o dei maggiori rischi di perdita di aree costiere). Tutto ciò potrebbe anche creare tensioni sociali nella produzione della ricchezza nazionale e nella distribuzione della ricchezza.

#### 6. LA PRODUZIONE AGRO-ALIMENTARE DI FRONTE AI CAMBIAMENTI DEL CLIMA

Non vi è dubbio che con i cambiamenti climatici in atto e ancor più con quelli attesi in futuro a seconda dei diversi scenari elaborati da IPCC, la produzione agro-alimentare dovrà porsi il problema di programmare e attuare una serie di modifiche delle pratiche agronomiche a parità di colture (periodi di semina e raccolta, trattamenti antiparassitari o fertilizzanti, ecc.), ma anche più sostanziali modifica degli ordinamenti colturali (abbandonare alcune coltivazioni in favore di altre, modificare la filiera produttiva, ecc.),

Poiché i cambiamenti climatici non producono unicamente un aumento delle temperature, ma anche una accentuazione degli eventi estremi e una serie di variazioni complesse e diversificate a seconda delle caratteristiche orografiche, morfologiche e territoriali locali le coltivazioni maggiormente soggette a una serie di "stress", tra cui gelate primaverili e ondate di calore, piogge intense o alluvionali, intervallate da periodi prolungati di siccità, attacchi parassitari, ecc., gli adattamenti dell'agricoltura di fronte ai cambiamenti del clima dovranno considerare anche aspetti quali il miglioramento genetico, andando a selezionare varietà opportunamente resistenti.

Appare evidente che modifiche strutturali alla produzione agricola potrebbe avere ripercussioni rilevanti sul sistema agro-alimentare e su tutti gli elementi collegati al settore primario. Anche l'industria di trasformazione verrebbe notevolmente influenzata dalla presenza della materia prima agri-

cola. Tuttavia, non sempre le modifiche strutturali hanno una connotazione negativa. La conversione di parte dell'agricoltura, se opportunamente attuata, può avere effetti positivi sul reddito degli agricoltori e ridurre l'impatto ambientale che l'agricoltura attualmente provoca, compresa la riduzione delle emissioni di gas serra.

Un discorso a parte merita l'uso delle risorse idriche in agricoltura. L'abbondanza di risorse idriche per l'irrigazione è stato uno dei fattori di successo nello sviluppo dell'agricoltura negli ultimi decenni, non solo perché ha consentito un aumento delle rese unitarie, ma soprattutto perché ha reso possibili flessibilità inimmaginabili nella scelta delle colture e nella programmazione durante l'anno di semine e raccolti. Con l'accentuarsi di fenomeni estremi quali precipitazioni molto intense e di breve durata seguite da più o meno lunghi periodi di siccità, si avrà da una parte una più forte componente erosiva e di degrado del suolo a causa dei processi di forte ruscellamento causato dalle intense precipitazioni, e, dall'altra parte, una minore capacità di accumulo dell'acqua nei primi strati di suolo e in falda. A ciò bisogna aggiungere, specie per i bacini idrologici dell'Italia settentrionale, la riduzione degli apporti nivo-glaciali.

Con la diminuzione della disponibilità d'acqua aumenterà la competizione, e forse anche la conflittualità, per gli usi dell'acqua tra agricoltura, produzione industriale ed esigenze idropotabili del settore civile. In Italia, la situazione è fortemente differenziata fra le regioni centro-settentrionali, in cui l'irrigazione avviene prevalentemente con prelievi dai corsi d'acqua superficiali con successiva distribuzione in canali consortili, e le regioni meridionali, in cui consistenti volumi di risorse idriche vengono accumulati in invasi durante la stagione invernale (cioè nella stagione piovosa) per distribuirla poi alle aziende agricole nelle altre stagioni (più siccitose) utilizzando sistemi in pressione.

Pertanto, in una situazione di progressiva diminuzione degli apporti nivo-glaciali e di precipitazioni tendenzialmente in diminuzione e fortemente variabili da un anno all'altro, le regioni settentrionali, che mancano di grossi sistemi di accumulo, si troveranno in una situazione di maggiore debolezza rispetto a quelle meridionali.

## 7. CONCLUSIONI

Le azioni che si stanno conducendo a livello internazionale per ridurre l'impatto delle attività umane sul sistema climatico (Convenzioni delle Nazioni

Unite: sui cambiamenti climatici, sulla lotta contro la desertificazione, sulla protezione della biodiversità e relativi protocolli compreso il Protocollo di Kyoto e i negoziati sul post-Kyoto) sono certamente fondamentali, urgenti e prioritarie.

Pur essendo indiscutibile la necessità di procedere rapidamente a un taglio delle emissioni tale da riportare il sistema climatico in equilibrio tra emissioni e assorbimenti globali di gas serra (attualmente le emissioni globali superano i 30 miliardi di tonnellate/anno mentre gli assorbimenti globali sono inferiori a 12 miliardi di tonnellate/anno), tuttavia i cambiamenti climatici già innescati continueranno a procedere ancora per molti decenni evolvendo via via verso una situazione climatica che sarà certamente diversa da quella attuale.

Quanto sarà diversa da quella attuale, dipenderà molto da come procederà nel prossimo futuro lo sviluppo socio economico mondiale, dall'uso che si farà dell'energia e dei combustibili fossili, dalle capacità che avremo di controllare le emissioni di gas serra, ecc. Attualmente, possiamo solo ipotizzare scenari di cambiamento del clima, in base alle conoscenze scientifiche esistenti e mediante l'uso di modelli matematici di simulazione, che, però, hanno i loro limiti e le loro incertezze. Quello che, invece, appare certo è che, una volta che l'interferenza umana ha messo in moto la macchina climatica, è del tutto illusorio pensare di annullare più o meno rapidamente gli effetti di tale interferenza e riportare la situazione alle dinamiche originali.

Tuttavia, le azioni che si stanno conducendo a livello internazionale per ridurre l'impatto delle attività umane sul sistema climatico, quantunque fondamentali e prioritarie, non bastano. Occorre, anche, preparare azioni che possano prevenire le conseguenze negative o i danni causati dai cambiamenti del clima. Questo significa predisporre, accanto a una "strategia di mitigazione" dei cambiamenti del clima derivanti dalle attività umane, anche una opportuna "strategia di adattamento" ai cambiamenti climatici. Ma, aumentare o favorire l'adattamento del sistema ambientale, territoriale e socio-economico ai cambiamenti del clima significa prima di tutto diminuirne la sua vulnerabilità.

L'agricoltura e la produzione agro-alimentare rappresentano in Italia i settori a maggiore vulnerabilità e a maggiore sensibilità ai cambiamenti del clima, soprattutto se si tiene conto che le risorse idriche tenderanno a diminuire e le caratteristiche del territorio (compreso il rischio di desertificazione e il rischio idrogeologico) e dell'uso del territorio tenderanno a modificarsi anche velocemente.

Nel contesto dei cambiamenti del clima, l'agricoltura rappresenta certamente il primo campanello di allarme per la sua particolare vulnerabilità ai

cambiamenti climatici, vulnerabilità spesso amplificata dall'uso spesso non razionale del territorio e delle risorse naturali. Questo campanello di allarme non deve essere sottovalutato, ma attentamente esaminato perché impone, già da subito, la necessità di ripianificare e ristrutturare con una visione di prevenzione di lungo periodo, non solo i settori economici particolarmente vulnerabili ai cambiamenti del clima, (come l'agricoltura, e altri), ma anche i settori infrastrutturali particolarmente esposti ai rischi derivanti dai cambiamenti del clima (come le reti dei trasporti, le reti di distribuzione dell'energia, gli insediamenti umani) e i settori che riguardano l'uso e la gestione del territorio e delle risorse naturali, che dipendono direttamente o indirettamente dal clima e dalle sue variazioni, (come l'uso del suolo, la gestione delle coste e delle risorse idriche, la protezione degli ecosistemi della biodiversità e del patrimonio forestale).

Insomma, appare urgente, da una parte, avere la consapevolezza della progressiva pressione che le attività umane stanno esercitando nei confronti dei sistemi ambientali (compreso il sistema climatico) e, dall'altra parte, agire prima che le modifiche dei processi naturali rischino di diventare irreversibili.

#### RIASSUNTO

Il bilancio energetico del sistema climatico che regola il clima sulla terra sta cambiando a causa della perturbazione introdotta dall'aumento dei gas serra atmosferici. L'abbondanza di tali gas è andata via via aumentando, con un conseguente un progressivo riscaldamento del clima, a partire dal 1750 da quando cioè sono iniziate a crescere le emissioni di gas serra antropogenici provenienti dall'uso crescente dei combustibili fossili. Le osservazioni sperimentali mostrano che l'atmosfera globale, gli oceani, le precipitazioni, i ghiacci e la copertura nevosa stanno cambiando le loro normali caratteristiche ed i loro andamenti con una velocità tale da non potersi più considerare naturale.

Dopo una descrizione generale della situazione climatica a livello globale, viene analizzata l'evoluzione del clima in Europa ed in Italia, con particolare attenzione verso i problemi della desertificazione (in relazione all'uso del suolo e dei cambiamenti di uso del suolo), dell'agricoltura e della produzione agroalimentare, settori questi che sono a più alta vulnerabilità in Italia.

Dopo aver descritto brevemente le strategie internazionali per combattere i cambiamenti del clima (strategia di mitigazione e strategia di adattamento) viene evidenziato in conclusione che, quantunque la riduzione delle emissioni di gas serra (strategia di mitigazione) sia importante ed urgente, altrettanto importante ed urgente per l'Italia è anche la messa a punto di idonee azioni o misure di prevenzione delle conseguenze negativa e dei danni (strategia di adattamento) dei cambiamenti climatici soprattutto in quei settori ad alta vulnerabilità come sono l'agricoltura e le risorse idriche.

## ABSTRACT

The changes in atmospheric abundance of greenhouse gases and aerosols are affecting the energy balance of the climate system, which regulates the earth climate. Since 1750 human activities have progressively influenced the climate system with a net warming caused by the emission of greenhouse gases following the increased use of fossil fuels. As a consequence, experimental observations show that global atmosphere, oceans, rainfalls, ice and snow cover show are changing their usual characteristics and patterns at a rate, which cannot be considered natural.

After a general description of the climate situation at global level, the evolution of the European and Italian climate is analyzed with a particular emphasis to the consequences toward the risks of desertification in land use and land use change and toward agriculture and food production that represent in Italy the economic sector at higher vulnerability.

The international strategies to combat anthropogenic climate change (mitigation and adaptation) are briefly described. As a conclusion it is pointed out that the reduction of greenhouse gas emissions (mitigation strategy) is very important and urgent, but it is also important and urgent for Italy to set up actions and measures that prevent the negative consequences and damages of climate change (adaptation strategy) in sectors at highest vulnerability such as agriculture as well as water resources.

## BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

- BRUNETTI M. ET AL. (2004): *Changes in daily precipitation frequency and distribution in Italy over the last 120 years*, «Journal of Geophysical Research – Atmosphere», 109, D05, doi 10.1029/2003JD004296, disponibile su: [http://www.isac.cnr.it/%7Eclimstor/michele/publications/JGR\\_2004\\_109\\_D5D05102.pdf](http://www.isac.cnr.it/%7Eclimstor/michele/publications/JGR_2004_109_D5D05102.pdf).
- BRUNETTI M. ET AL. (2006a): *Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenized instrumental time series*, «International Journal of Climatology», 26, pp. 345-381.
- BRUNETTI M. ET AL. (2006b): *Trends of daily intensity of precipitation in Italy and teleconnections*, «Il Nuovo Cimento», 29, 1, pp. 105-116.
- ENEA (2003): *Terza Comunicazione Nazionale dell'Italia alle Nazioni Unite (UNFCCC)*, Capitolo 6, Ministero dell'Ambiente e del Territorio, Roma.
- ENEA (2007): *Quarta Comunicazione Nazionale dell'Italia alle Nazioni Unite (UNFCCC)*, Capitolo 6, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma.
- ENEA-FEEM (2003): *La risposta al cambiamento climatico in Italia*, Rapporto ENEA - Ministero Ambiente e Territorio, Roma.
- EEA, EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2004): *Impacts of Europe's changing climate*, EEA Report 2/2004, Copenhagen.
- EEA, EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2005): *Vulnerability and adaptation to climate change in Europe*, EEA Report 7/2005, Copenhagen.
- IPCC, INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2007): *Fourth Assessment Report AR4*, WG1, WG2 and WG3, IPCC, Ginevra, web: <http://www.ipcc.ch/>.