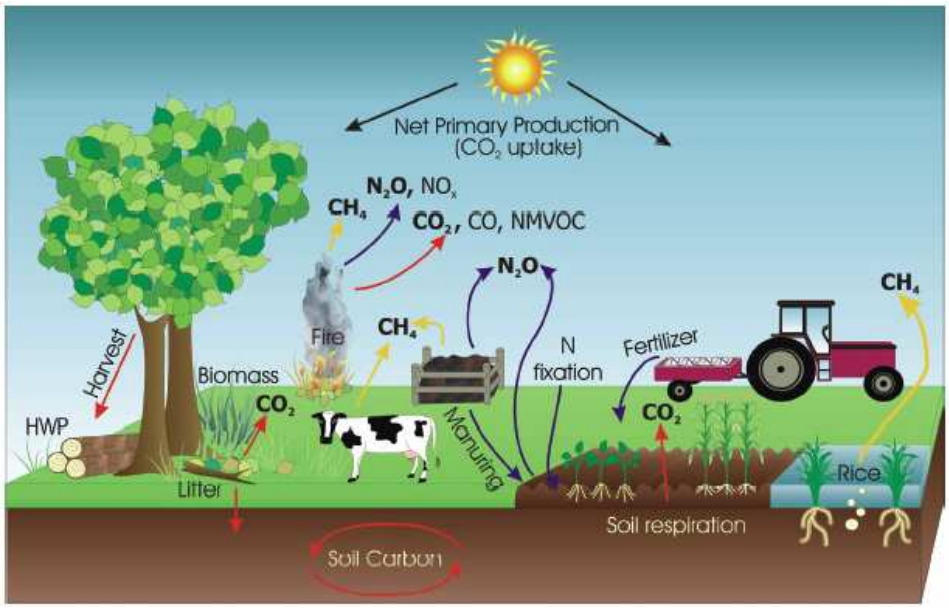
ECO&EQUO

LA FIERA SULL'ATTENZIONE SOCIALE, AMBIENTALE E SULL'ECONOMIA SOLIDALE

"Essere colti è l'unico modo di essere liberi" JOSÉ MARTÍ



Il ruolo dell'agricoltura nelle strategie di mitigazione ed adattamento ai cambiamenti climatici; il contributo del suolo.

ASSAM – Regione Marche 2007

A.S.S.A.M. Centro Operativo Servizio Suoli
P.zza della Repubblica – 62010 Treia (MC) - Tel 071 8081 Tel/Fax 0733 217391

È oramai noto come il settore agricolo e forestale svolga un ruolo importante e multifunzionale nel panorama dei cambiamenti climatici. La discussione sulle responsabilità dei cambiamenti climatici, sono oramai consolidate (vedi Summary for Policymakers - Working Group I, Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC - http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-report.html). In questa fase, come la stessa comunità scientifica propone, diviene fondamentale individuare le attività antropiche di mitigazione ed adattamento ai cambiamenti climatici. Già da i primi documenti elaborati dagli esperti si evidenziava un differente ruolo delle attività agricole e forestali nel ciclo dei gas ad effetto serra (GHG):

- **source**: fonte di GHG per consumo di energia (CO_2) e per dinamica dei cicli biogeochimici delle piante e dei suoli (CO_2, N_2O e CH_4);
- **sink & pool**: meccanismo di rimozione e serbatoio di carbonio (C) nei differenti comparti, quali biomassa epigea, ipogea e suoli.

Il bilancio tra emissioni ed assorbimenti di (C) è strettamente legato alle pratiche agricole e selvicolturali applicate, pertanto: differenti sistemi colturali, differenti tipologie di conduzione aziendale e differenti obiettivi produttivi, determinano il variare del bilancio di CO_2 equivalente scambiata dall'ecosistema.

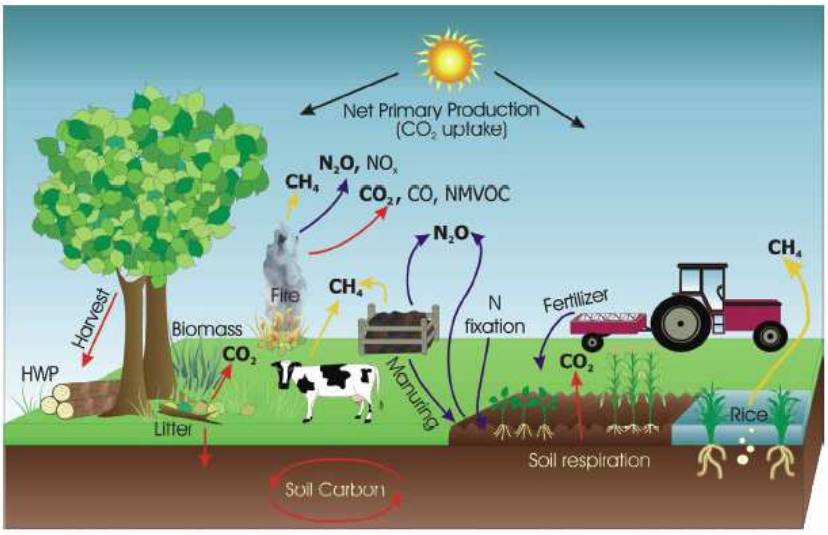


Fig. 1 - The main greenhouse gas emission sources/removals and processes in managed ecosystems – Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories volume 4 Agriculture, Forestry and Other land Use – IPCC 2006.

In definitiva le pratiche agricole e selvicolturali possono dare un contributo in termini di assorbimento di (C) e riduzione dei GHG. Per quanto riguarda gli assorbimenti di (C) e per la riduzione delle emissioni il comparto suolo gioca un ruolo determinante, prevalentemente per le elevate capacità di stock del (C), associate ai tempi di residenza dell'elemento all'interno di questo serbatoio ma soprattutto per le elevate capacità di scambio attraverso la respirazione del suolo.

I processi dell'agricoltura coinvolti nei processi di mitigazione sono elencati nel documento IPCC This Summary for Policymakers - Session of Working Group III of the IPCC (http://www.mnp.nl/ipcc/pages_media/AR4-chapters.html), dove si specifica che escludendo il macro comparto della produzione di bioenergia e biocombustibili, si ha una forte sinergia tra l'agricoltura sostenibile e la mitigazione dei cambiamenti climatici, attraverso:

- l'aumento del sequestro di (C) nel suolo,
- la diminuzione delle emissioni di (CO_2, N_2O e CH_4) attraverso un controllo sui processi di gestione delle terre agricole e forestali (irrigazione, fertilizzazione, lavorazioni, turni e gestione sostenibile delle foreste).

In questo contesto, è necessario ribadire l'importanza della produzione di bioenergia e

biocombustibili. Queste produzioni sono fondamentali per una quota di sostituzione dei combustibili fossili, ma debbono essere prodotte attraverso processi di tipo sostenibile: sia in termini di input energetici alle colture, sia in termini di emissioni per processi natrurali. Tali produzioni infatti, possono presentare aspetti contraddittori, in termini di tecniche agronomiche, con l'agricoltura sostenibile volta allo stock di (C) e alla riduzione delle emissioni. Attraverso una corretta pianificazione e programmazione agricola ed utilizzando processi produttivi dell'agricoltura sostenibile gli obiettivi di produzione dell'energia e di riduzione delle emissioni possono essere raggiunti insieme, questo è particolarmente vero nei modelli di microfiliere agroenergetiche.

Vi è poi il l'ecosistema forestale, di primaria importanza per lo stock di (C) sia nel comparto suolo, sia nella biomassa. Anche questo serbatoio è soggetto a scambi di GHG, attraverso interazioni e sistemi complessi, in particolare l'ecosistema forestale gioca un ruolo importante nel ciclo biogeochimico del (C) attraverso i processi di fotosintesi e respirazione (sink & source). Dunque l'ecosistema forestale si comporta come assorbitore attraverso la sua funzione principale di produzione primaria, ma può anche divenire un emettitore attraverso il fenomeno degli incendi e durante stagioni particolari attraverso squilibri tra il processo di fotosintesi e respirazione, questo fenomeno potrebbe essere esacerbato in futuro per effetto dell'aumento della concentrazione di CO_2 e del conseguente aumento della temperatura.

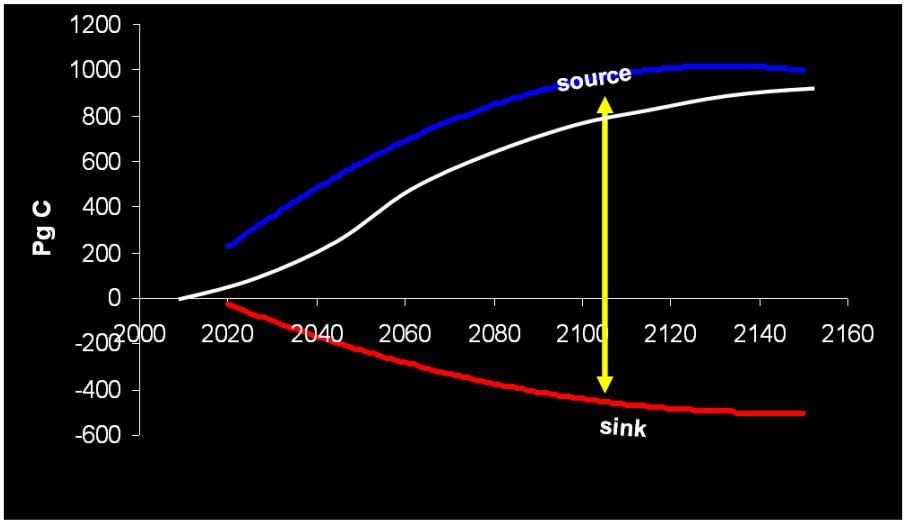


Fig. 2 – Potential future carbon gap due to land processes (stabilization @ 550 ppm) – da Gruber et al. 2003.

Anche nella gestione delle foreste l'uomo è il principale attore che ne determina l'evoluzione e le potenziali capacità di assorbimento, attraverso una gestione selvicolturale sostenibile e mirata.

Tab. 1 – Principali tecnologie e pratiche di mitigazione per settore. Estratto dalla tabella IPCC "SPM.3": *Key mitigation technologies and practices by sector. Sectors and technologies are listed in no particular order. Non-technological practices, such as lifestyle changes, which are cross-cutting, are not included in this table (but are addressed in paragraph 7 in this SPM).*

Sector	Key mitigation technologies and practices currently commercially available	Key mitigation technologies and practices projected to be commercialized before 2030
Agriculture [8.4]	Improved crop and grazing land management to increase soil carbon storage; restoration of cultivated peaty soils and degraded lands; improved rice cultivation techniques and livestock and manure management to reduce CH4 emissions; improved nitrogen fertilizer application techniques to reduce N2O emissions; dedicated energy crops to replace fossil fuel use; improved energy efficiency.	Improvements of crops yields.

Forestry/forests [9.4]	Afforestation; reforestation; forest management; reduced deforestation; harvested wood product management; use of forestry products for bioenergy to replace fossil fuel use.	Tree species improvement to increase biomass productivity and carbon sequestration. Improved remote sensing technologies for analysis of vegetation/ soil carbon sequestration potential and mapping land use change.

La politica di mitigazione ha già vissuto, e sta vivendo una tappa importante delle attività di mitigazione a livello internazionale; la firma e l'applicazione del protocollo di Kyoto. Se pur si considerano tutti i limiti di questo accordo, agli obiettivi realmente raggiunti o raggiungibili; questo protocollo può essere considerato *"un primo accordo internazionale con valenza legale che impone la riduzione dei gas ad effetto serra nell'atmosfera"*. Durante la fase di discussione sulle politiche da seguire, all'interno della UNFCCC *(United Nation Framework Convention on Climate Change)*, in particolare durante la Conferenza delle Parti COP6-bis 2000-Bonn e COP7 2001-Marrakech viene riconoscono ufficialmente il ruolo delle attività agroforestali per la rimozione della CO2 atmosferica (sinks) e vengono definite delle metodologie di stima, misura, monitoraggio e reporting delle variazioni di stock di C e delle emissioni/assorbimenti delle attività agroforestali.

Tali accordi sono inseriti nel protocollo di Kyoto agli articoli 3.3 e 3.4 di seguito riportati:

Art. 3.3 – *"Le variazioni nette di gas ad effetto serra, relative ad emissioni da fonti e da pozzi di assorbimento risultanti da attività umane direttamente legate alla variazione nella destinazione d'uso dei terreni e dei boschi, limitatamente all'imboschimento, al rimboschimento e al disboscamento dopo il 1990, calcolate come variazioni verificabili delle quantità di carbonio nel corso di ogni periodo di adempimento, saranno utilizzate dalle Parti incluse nell'Allegato I per adempiere agli impegni assunti ai sensi del presente articolo.*
Le emissioni di gas ad effetto serra, dalle fonti e l'assorbimento dai pozzi associati a dette attività, saranno notificati in modo trasparente e verificabile ed esaminati a norma degli articoli 7 e 8." (Questo significa che i Paesi firmatari potranno detrarre dalle emissioni di gas serra la quantità di carbonio che verrà assorbita o rimossa da attività di Afforestazione, Riforestazione e Deforestazione avvenute dopo il 1990 calcolata come differenza di stock di carbonio nel periodo 2008 – 2012)

Art. 3.4 – *"Precedentemente alla prima sessione della Conferenza delle Parti agente come riunione delle Parti del presente Protocollo ogni Parte inclusa nell'Allegato I fornirà all'Organo Sussidiario del Consiglio Scientifico e Tecnologico, per il loro esame, dati che permettano di determinare il livello di quantità di carbonio nel 1990 e di procedere ad una stima delle variazioni di dette quantità di carbonio nel corso degli anni successivi. Nella sua prima sessione, o quanto prima possibile,* ***la Conferenza delle Parti agente come riunione delle Parti del presente Protocollo, determinerà le modalità, le norme e le linee guida da seguire per stabilire quali attività antropiche supplementari, legate alle variazioni delle emissioni dalle fonti e dai pozzi di assorbimento dei gas ad effetto serra nelle categorie dei terreni agricoli, nonché nelle categorie della variazione della destinazione d'uso dei terreni e dei boschi, dovranno essere aggiunte o sottratte alle quantità attribuite alle Parti incluse nell'Allegato I****, tenendo conto delle incertezze, della necessità di comunicare risultati trasparenti e verificabili, del lavoro metodologico del Gruppo Intergovernativo di Esperti sul Cambiamento Climatico, delle raccomandazioni dell'Organo Sussidiario del Consiglio Scientifico e Tecnologico, conformemente all'art. 5, e delle decisioni della Conferenza delle Parti. Tale decisione si applicherà nel secondo e nei successivi periodi di adempimento. Una Parte può applicarla alle sue attività antropiche supplementari nel primo periodo di adempimento a condizione che dette attività abbiano avuto luogo dopo il 1990."*

Sulla base di questi presupposti gli organi scientifici delle Nazioni Unite hanno prodotto numerosi rapporti in tal senso, anche per quanto riguarda lo stock di (C) nei suoli. I principali rapporti sui quali ci si basa sono lo Special Report of the IPCC – (http://www.ipcc.ch/ - **LULUCF** (***Land Use, Land-Use Change, and Forestry*** - *http://www.cambridge.org/uk/catalogue/catalogue.asp?isbn=0521800838*) e **GPG** (***Good Practice Guidance for LULUCF*** - *http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf.htm*). In questi documenti vengono specificate le attività antropiche eleggibili per l'art. 3.4, che possono essere utilizzate dai paesi firmatari per mitigare il rischio di cambiamenti climatici, che di seguito vengono riportati:

1. Gestione delle terre coltivate per stoccare carbonio nei suoli:
   a) fertilizzazione organica; rotazioni; riduzione delle aree abbandonate; colture di copertura; varietà ad alta produzione; protezione integrale delle colture; ottimizzazione delle fertilizzazioni; Buone Pratiche Agricole.
   b) irrigazione degli Agro-Ecosistemi nelle regioni aride e gestione delle acque freatiche.
   c) lavorazioni superficiali; lavorazioni secondo le curve di livello e lavorazioni con copertura vegetale.
   d) terrazzamenti; canali e fossi permanenti per la gestione delle acque di sgrondo; riqualificazione delle aree riparie; prati permanenti.
2. Gestione dei pascoli:
   a) frequenza e intensità di pascolamento.
3. Conversione delle terre agricole degradate in prati permanenti.
4. Gestione delle risorse forestali: afforestazione, riforestazione, deforestazione:
   a) rinnovazione della copertura forestale per rinnovazione naturale e artificiale.
   b) prevenzione contro gli incendi boschivi
   c) lotta contro gli agenti patogeni, per ridurre il degrado e la mortalità delle foreste.
   d) modificazione dei periodi e delle modalità di taglio dei boschi: allungamento dei turni, applicazione di una selvicoltura sostenibile, con tagli più deboli e minima perturbazione dei popolamenti forestali.
5. Riqualificazione delle zone umide:
   a) riqualificazione delle zone umide in aree agricole, con soppressione delle opere di bonifica idraulica.
6. Riqualificazione delle terre fortemente degradate:
   a) riqualificazione delle terre fortemente degradate, erose ed inquinate, riqualificazione delle terre aride, saline o alcaline, dei suoli compattati, acidificati o incrostati.

Tab. 2 –*Politiche, azioni e strumenti selezionati per settore, che si sono dimostrati efficaci dal punto di vista ambientale nei rispettivi settori in almeno un numero significativo di casi a livello nazionale.* Estratto della tabella IPCC "SPM7": *Selected sectoral policies, measures and instruments that have shown to be environmentally effective in the respective sector in at least a number of national* cases.

Sector	**Policies[a], measures and instruments shown to be environmentally effective**	**Key constraints or opportunities**
Agriculture [8.6, 8.7, 8.8]	Financial incentives and regulations for improved land management, maintaining soil carbon content, efficient use of fertilizers and irrigation	May encourage synergy with sustainable development and with reducing vulnerability to climate change, thereby overcoming barriers to implementation
Forestry/ forests [9.6]	Financial incentives (national and international) to increase forest area, to reduce deforestation, and to maintain and manage forests	Constraints include lack of investment capital and land tenure issues. Can help poverty alleviation
	Land use regulation and enforcement	

Le tecnologie e le iniziative proposte dagli esperti dell'IPCC, possono essere considerate delle vere e proprie linee guida per un agricoltura ed una gestione forestale sostenibile, volta a contribuire in maniera significativa alla mitigazione del rischio di cambiamenti climatici. La sfida del moderno concetto di agricoltura e selvicoltura sostenibile, all'interno del più ampio concetto di Sviluppo Sostenibile *"quel modello di sviluppo che soddisfa le necessità presenti senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare le sue" - Commissione Mondiale sull'Ambiente e lo Sviluppo (Commissione Bruntland, 1987)*, è quella di integrare le diverse politiche agroambientali per degli obiettivi comuni. Sulla scia di questa necessità la nuova Politica Agricola Comunitaria P.A.C. 2007-2013 della EC, ha integrato al proprio interno molti aspetti legati alle politiche di salvaguardia del clima, e nel futuro la funzione della programmazione agricola comunitaria sarà sempre più integrata con le politiche "climatiche" e di "sviluppo sostenibile".

Per quanto riguarda lo specifico settore dell'agricoltura e delle foreste dunque la politica di mitigazione dovrà determinare un cambiamento dei sistemi colturali e delle pratiche agricole e selvicolturali per raggiungere un incremento dello stock di C e una diminuzione delle emissioni.

Pratiche agricole connesse al potenziale di stoccaggio del (C)	**Pratiche di gestione forestale** connesse al potenziale di stoccaggio del (C)
• **Lavorazioni del suolo;** • **Gestione dei residui colturali;** • **Pratica del maggese;** • **Coltivazioni di copertura e inerbimenti degli arborei;** • **Gestione dell'irrigazione;** • **Gestione degli effluenti d'allevamento.**	• **Afforestazione;** • **Riforestazione;** • **Controllo della deforestazione;** • **Prevenzione e lotta agli incendi boschivi;** • **Gestione sostenibile delle foreste;** • **Studi e lotta ai fenomeni dei deperimenti forestali.**

La Commissione Europea, inoltre, sta elaborando nello specifico tema del suolo, una direttiva che istituisce un quadro per la protezione della *"risorsa suolo"* **COM(2006) 232 del 22.9.2006**. (http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/com_2006_0232_it.pdf).
Tra le varie funzioni attribuite al suolo all'articolo 1 punto f) si evidenzia appunto l'importante funzione dello stesso in termini di stoccaggio del (C).

Articolo 1 - Oggetto e campo di applicazione

La presente direttiva istituisce un quadro per la protezione del suolo e la conservazione delle sue capacità di svolgere una qualsiasi delle seguenti funzioni ambientali, economiche, sociali e culturali:

a) produzione di biomassa, in particolare nei settori dell'agricoltura e della silvicoltura;
b) stoccaggio, filtrazione e trasformazione di nutrienti, sostanze e acqua;
c) riserva di biodiversità, ad esempio habitat, specie e geni;
d) ambiente fisico e culturale per le persone e le attività umane;
e) fonte di materie prime;
f) stoccaggio di carbonio;
g) sede del patrimonio geologico e archeologico.

Nel panorama più generale del ruolo dell'agricoltura nella mitigazione del rischio, sicuramente il suolo svolge una fondamentale funzione di serbatoio di (C), come possiamo vedere dalla figura 3. Il suolo stocca sotto forma di C organico circa 1.350 Gt nel primo metro di

profondità e fino a 2.000 Gt nei primi 2 metri, dunque ha una funzione di *"sink"*, *cioè meccanismo che serve ha rimuovere gas serra dall'atmosfera dall'atmosfera*, in questo caso CO_2. È dunque evidente che le principali connessioni tra il suolo ed il fenomeno dei cambiamenti climatici siano da ricercare nel ciclo biogeochimico del (C) ed i particolare nelle fasi di questo, dove l'uomo ha creato maggiori perturbazioni (processi di fotosintesi e respirazione) attraverso le produzioni e lavorazioni agroforestali di tipo non sostenibile.

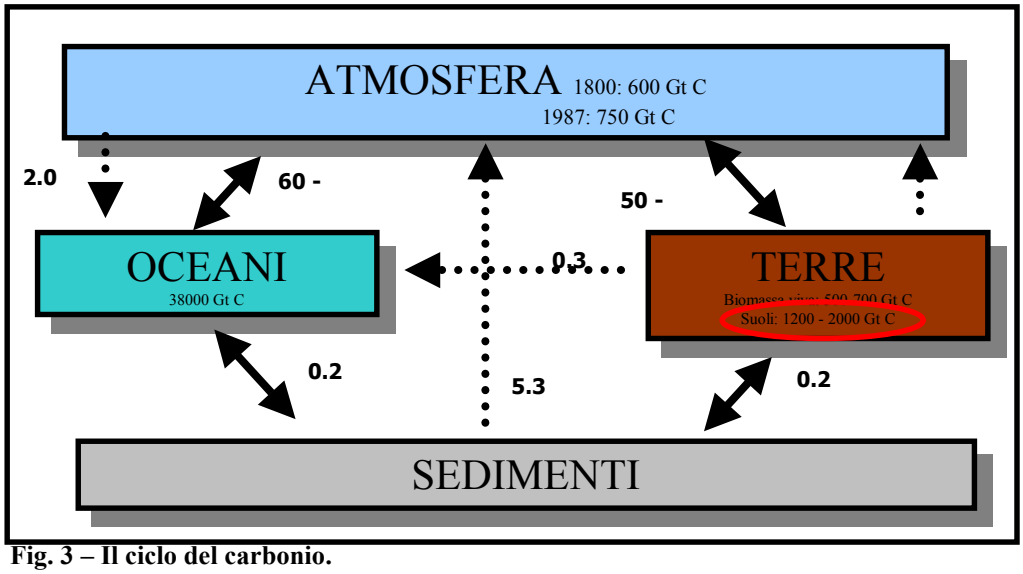


Fig. 3 – Il ciclo del carbonio.

Il (C) nei suoli si trova sotto diverse forme, definite più o meno stabili, e comunque subisce un processo ciclico di sequestro e reimmissione in atmosfera. Quello che rende prezioso il contributo del suolo sono i tempi di permanenza del (C) una volta stoccato nelle forme più stabili degli orizzonti più profondi del suolo. Il (C) può essere presente nel suolo sotto forma biologicamente attiva (radici e microrganismi), labile (lettiera), recalcitrante organica, e recalcitrante inorganica ($CaCO_3$). Per le politiche di mitigazione è di interesse quella quota di (C) stabile che può essere aumentata applicando una serie di accorgimenti agronomici nella gestione delle terre.

Per quanto riguarda la dinamica del (C) nel top-soils 0-30cm, ha un ruolo determinante la gestione agricola e forestale delle terre, in particolare:

a) la gestione dei residui colturali,
b) la gestione degli effluenti zootecnici,
c) la gestione delle fertilizzazioni inorganiche e l'irrigazione;
d) la lotta agli incendi boschivi per i suoli forestali;
e) la pratica del maggese;
f) la gestione delle rotazioni;
g) il ruolo delle lavorazioni.

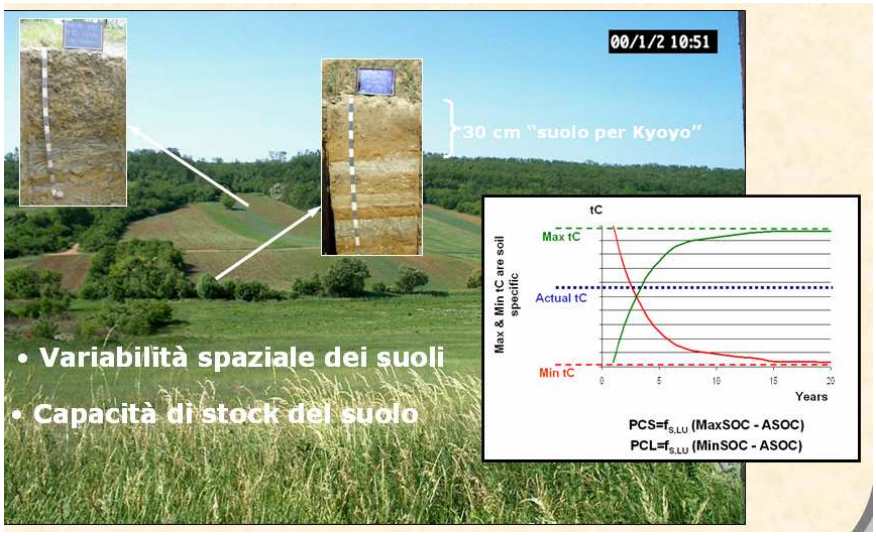


Fig. 4 – Approccio concettuale di PCS & PCL Potential Carbon Stock and Potential Carbon Loss da Stolbovoy modificato.

Gli ultimi studi tendono ad abbandonare l'approccio inventariale per la definizione dell'accumulo o della perdita di C organico nei suoli, questo è dovuto al fatto che la quota che può essere stoccata o persa sul breve periodo non è significativa nei confronti dello stock totale, quindi si determinano problemi tecnici di contabilizzazione. Per la definizione delle potenzialità di stoccaggio o perdita di (C) nel suolo è preferibile passare ai così detti modelli di "Carbon Accounting". Attraverso questi modelli è possibile determinare il ruolo del suolo in termini di flussi di (C) con l'intero ecosistema agricolo o forestale, con particolare attenzione alle pratiche di gestione agricola e selvicolturale.

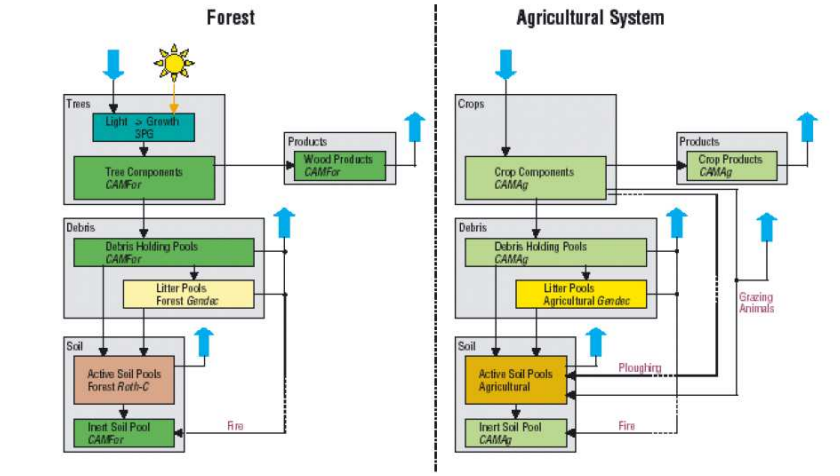


Fig. 5 – Schema concettuale di un modello di Carbon Accounting da The *FullCAM C*arbon Accounting Model (Version 3.0) User Manual.

Su questo fronte nella regione Marche sono state attivate una serie di iniziative da parte del Servizio Suoli dell'A.S.S.A.M.: la prima volta a determinare lo stock di (C) contenuto nei suoli minerali della regione, attraverso un approccio inventariale. Utilizzando i dati del rilevamento pedologico che ha portato alla definizione della "Carta dei Suoli e Paesaggi delle Marche 1:250.000" – Maggio 2005, ha consentito di determinare lo stock di C organico. Dal lavoro effettuato è emerso che sono stoccate circa 59 Mt di C nei primi 30cm e circa 99 Mt di C in 100cm nei suoli regionali.

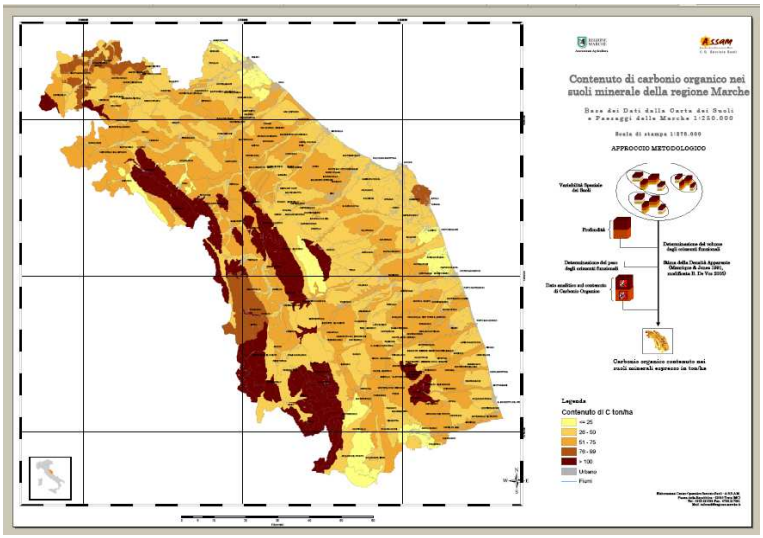


Fig. 6 – Carta dello stock di C nei suoli minerali della regione Marche 1:250.000.

La seconda iniziativa ha riguardato la sperimentazione di un metodo per la determinazione della variazione dello stock di (C) nei suoli minerali "SOIL SAMPLING PROTOCOL TO CERTIFY THE CHANGE OF ORGANIC CARBON STOCK IN MINERAL SOIL OF THE EUROPEAN UNION – Stolbovoy, Montanarella, Filippi, Jones & Gallego". Questa prova è stata condotta con la collaborazione e la supervisione scientifica dell'Ufficio Europeo per il Suolo ESB (Europian Soil Buerau) del JRC (Joint Research Center di Ispra).

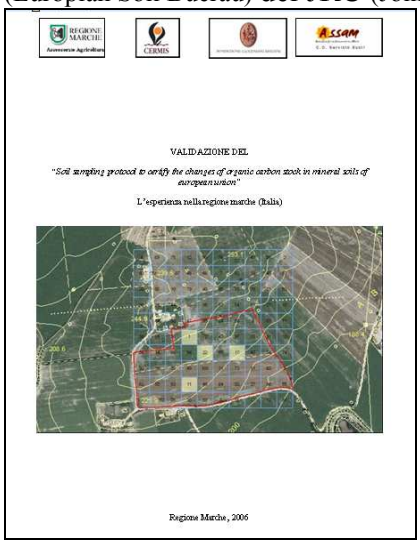


Fig. 7 – Report elaborato dal Servizio Suoli ASSAM per il test "Soil sampling protocol to certify the change of organic carbon stock in mineral soils of the European union" nella regione Marche.

L'agricoltura nelle strategie di adattamento

L'agricoltura ed il settore forestale ricoprono un ruolo fondamentale anche nelle politiche di adattamento ai cambiamenti climatici, è oramai chiaro che gli squilibri nei cicli biogeochimici dei GHG hanno determinato, stanno determinando e determineranno cambiamenti più o meno evidenti al sistema climatico mondiale (aumento della temperatura, variazione del regime di pioggia ed eventi estremi). Queste osservazioni a carattere mondiale presentate nel lavoro del Working Group II del IPCC - Fourth Assessment Report - Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability (http://www.ipcc-wg2.org/), sono confermate a carattere regionale dalle misurazioni svolte dal Servizio Agrometeorologico dell'A.S.S.A.M.

Le variazioni climatiche osservate comportano una risposta diretta degli ecosistemi agroforestali, tali risposte hanno degli effetti diretti sulle produzioni, infatti e necessario ribadire che oltre alle funzioni agroambientali assegnate agli ecosistemi agroforestali rimane come finzione primaria la produzione, in particolare per il settore agricolo.

Secondo gli ultimi studi, la vulnerabilità degli ecosistemi agroforestali ai cambiamenti climatici ed agli eventi estremi (aumento della temperatura, variazione dei regimi di pioggia, inondazioni,siccità, incendi ed aumento degli attacchi parassitari) sarà sempre crescente. Nello stesso report IPCC sopra citato, per l'area dell'Europea meridionale nel settore della produttività agricola e forestale si prospetta la seguenti situazione:

"Nell'Europa meridionale, i cambiamenti climatici ***potrebbero causare un peggioramento delle condizioni (alte temperature e siccità) in una zona già vulnerabile alla variabilità climatica, e una riduzione della disponibilità di acqua****, del potenziale di produzione di energia idrica, del turismo estivo, e in generale,* ***della produttività dei raccolti****. E' inoltre previsto un incremento dei rischi alla salute dovuti alle ondate di calore e della frequenza degli incendi. ** D [12.2, 12.4, 12.7] - (http://www.ipcc-wg2.org/)".*

Queste variazioni attraverso gli eventi estremi hanno un forte impatto a livello locale, in particolare sul sistema produttivo agricolo (vedi siccità e crisi idrica di questo anno 2007), in futuro dunque il sistema agricolo regionale dovrà adottare una serie di strategie di adattamento per ridurre la vulnerabilità dei sistemi agroforestali in questo panorama rientrano una serie di attività di studio per modificare la gestione colturale:

- impatto degli eventi estremi (siccità e inondazioni) sulle colture regionali;
- impatto dei cambiamenti globali e climatici (spostamento della stagione negativa, variazione degli areali degli insetti, variazione degli impatti dei patogeni) sulle colture regionali;
- impatto della diminuzione della disponibilità idrica sulle colture regionali.

Bibliografia

- Summary for Policymakers - **Climate Change 2007:The Physical Science Basis** - Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, February 5th, 2007.
- Summary for Policymakers - **Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability** - Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, April 6th, 2007.
- Summary for Policymakers - **Mitigation of Climate Change** - Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 30 April - 4 May 2007.
- **Guidelines for National Greenhouse Gas inventories Volume 4 - Agriculture, Forestry and Other Land Use** IPCC 2006.
- **Land Use, Land-Use Change, and Forestry -** Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change - Cambridge University Press 2000.
- **Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry** - http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf.htm.
- Respiration as the main determinant of carbon balance in European forests – Valentini R. et al. NATURE,VOL 404, 20 APRIL 2000.
- Recent oppositely directed trends in solar climate forcings and the global mean surface air temperature - LOCKWOOD AND FRÖHLICH, 2007