

# L'ATLANTE AGROCLIMATICO DEL TERRITORIO ITALIANO REALIZZATO NEL PROGETTO DI RICERCA "CLIMAGRI"

## ITALIAN AGROCLIMATIC ATLAS CARRIED OUT IN THE FRAMEWORK OF "CLIMAGRI" RESEARCH PROJECT

Luigi Perini<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>: C.R.A. - Ufficio Centrale di Ecologia Agraria (UCEA) Via del Caravita, 7/a 00186 Roma

\* Corresponding author, phone: +39 06 695311, fax: +39 06 69531215, e-mail: lperini@ucea.it

### Riassunto

La produzione agricola è soggetta a vari condizionamenti ambientali e, in particolar modo, ai mutevoli andamenti meteorologici. Negli ultimi anni il rischio dell'attività agricola connesso alle condizioni atmosferiche si è palesato ancora di più a causa della intensificazione dei segnali di cambiamento climatico, tanto che il Ministero delle Politiche Agricole e Forestali ha finanziato un progetto finalizzato di ricerche (CLIMAGRI) per accertarne le presumibili ricadute sul sistema agricolo ed individuare le possibili strategie di risposta. Fra i primi risultati del progetto si può annoverare la realizzazione di un Atlante Agroclimatico del territorio italiano quale punto di partenza per valutare successivamente in maniera oggettiva le eventuali variazioni climatiche in atto. Sono stati pertanto analizzati i dati meteorologici giornalieri del periodo 1961-1990 relativi a 544 nodi di una griglia di 30 x 30 Km (ottenuti con metodi di Kriging) ed i dati pedologici relativi ad una griglia di 8 x 8 Km derivati dalla Carta Nazionale della Capacità Idrica dei Suoli Agrari. Le elaborazioni hanno portato alla determinazione della climatologia delle temperature, precipitazioni, stagione di crescita, sommatorie termiche, accumulo di unità di freddo, frequenza di gelate, evapotraspirazione, bilancio idrico e date di fioritura e maturazione del Pesco. I risultati delle elaborazioni sono stati portati in ambiente GIS e georeferenziati. L'Atlante, disponibile su CD-rom è consultabile tramite un'applicazione software appositamente realizzata.

**Parole chiave:** GIS, climatologia, analisi territoriale

### Abstract

*Every year there is a fluctuation of Agricultural yields mostly linked to environmental conditions. Especially in the last 10 – 15 years the meteorological course was often really different from the climatic normal, increasing the risk of agricultural activity. CLIMAGRI is a research project of the Italian Ministry of Agriculture realized in the framework of climatic variations and dealing with their effects on agriculture. One of the main purposes of this research is to evaluate the agricultural potential of Italian territory referring to soil-climate interactions. Climatic and Agroclimatic features of Italy were calculated using data of a standard period (1961-1990), according to WMO recommendations, estimated with Kriging's techniques. The dataset is composed of complete series of daily values: temperature (minimum and maximum), rainfall, sunshine, relative humidity and wind speed of 544 Italian sites homogeneously disseminated in a regular grid (30 x 30 Km). The pedological database has been set using information of the National Chart of Agrarian Soils Water Capacity. In order to represent Italian soils, the main pedological variables have been processed to realize a complete spatial representation through square cells with a surface of 64 km<sup>2</sup> (8 x 8 Km). The pedological variables are expressed as a weighted mean of the correlated soil measures. Data elaborations have been carried out on: Temperature, Growing Degree Days accumulation, Rainfall, Growing Season (GS), Chilling Units, Frost frequencies, Reference crop evapotranspiration (ET<sub>0</sub>), Soil Water Balance, Phenological elaborations (Peach Tree). All the results have been re-analysed and organized in a GIS format. The main goals were to represent the spatial magnitude of agroclimatic information and to realize a simple tool for the users.*

**Keywords:** GIS, climatology, land suitability

### Introduzione

L'accelerazione tecnologica degli ultimi decenni ha investito praticamente ogni settore della vita economica e sociale ed anche il panorama agricolo italiano è cambiato profondamente grazie alle innovazioni che hanno trovato

applicazione nel settore. Non sempre, però, la profusione di mezzi tecnici associato talora allo sfruttamento intensivo delle risorse ambientali può rappresentare la risposta più adeguata al crescere e rapido mutare dei consumi. Non bisogna dimenticare, infatti, che l'agricoltura deve necessariamente fare i conti con l'ecosistema e, soprat-

tutto, con una variabile fortemente aleatoria: il clima. Le peculiarità climatiche e l'andamento meteorologico stagionale hanno da sempre condizionato la distribuzione territoriale delle colture ed il successo del loro ciclo produttivo. Anche oggi, tale realtà non può essere elusa né contrastata, bensì assecondata guardando al clima come ad uno dei tanti fattori della produzione agricola. La consapevolezza delle potenzialità espresse dal territorio e dal suo clima, ovvero la conoscenza dei limiti allo sfruttamento delle risorse naturali, può aiutare a realizzare un'attività agricola sostenibile, duratura, rispettosa dell'ambiente e vantaggiosa anche sotto il profilo economico.

Nell'ultimo decennio, purtroppo, si è palesato un ulteriore grado di complicazione rappresentato da una fitta sequenza di anomalie climatiche, soprattutto a carico dei tradizionali regimi termici e pluviometrici. Il Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, attraverso il progetto finalizzato CLIMAGRI, ha voluto stimolare la comunità scientifica nazionale a fornire gli elementi conoscitivi che meglio potessero far comprendere il clima, i suoi ipotizzati cambiamenti e, soprattutto, le possibili conseguenze sull'agricoltura italiana. Le ricerche, coordinate dall'Ufficio Centrale di Ecologia Agraria (UCEA), condividono il comune obiettivo di acquisire un'analisi climatica del territorio nazionale per evidenziare, con il fine esplicito di prevenire, l'impatto degli eventi anomali o degli eventuali cambiamenti climatici sull'agricoltura italiana. In particolare, la linea di ricerca 2.1 "Classificazione attitudinale a fini agricoli del territorio nazionale su base climatica e pedologica" si è posta fra i suoi obiettivi la realizzazione di un'analisi a scala nazionale in grado di determinare l'attitudine agricola espressa dalle diverse interazioni di suolo e clima riscontrabili su tutto il territorio italiano. Come primo risultato è stato realizzato un *Atlante agroclimatico* in cui sono state individuate le caratteristiche pedoclimatiche di riferimento necessarie a descrivere le potenzialità espresse dal territorio e costituire il punto di partenza obbligato per valutare oggettivamente ampiezza e conseguenze di eventuali cambiamenti climatici. Un'applicazione pratica presentata nello stesso *Atlante agroclimatico*, soprattutto in relazione alla partecipazione alla ricerca del Dipartimento di Colture Arboree dell'Università di Palermo, riguarda l'analisi di alcune fasi fenologiche del Pesco. In particolare, sono state studiate le date di fioritura e maturazione così come indotte dalla temperatura ambiente ottenendo, per tale specifico caso, entità e distribuzione delle potenzialità territoriali.

## Dati di base

Per effettuare le analisi climatiche e fenologiche presenti nell'*Atlante agroclimatico* è stato utilizzato un database ottenuto mediante *Analisi Oggettiva*<sup>1</sup> realizzata sulle osservazioni meteorologiche originarie presenti nella Banca Dati Agrometeorologica Nazionale (BDAN)<sup>2</sup>. Il

database comprende, pertanto, le serie complete dei valori giornalieri di temperatura dell'aria (minima e massima), precipitazione piovosa, eliofanìa, umidità relativa e velocità del vento (a 10 m) stimati su 544 punti (*nodi di griglia*) del territorio italiano (fig.1) distribuiti omogeneamente sulla base di una griglia regolare con celle di 30 x 30 Km. Il periodo preso in considerazione (1961-1990), corrisponde al trentennio più recente indicato dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale (OMM/ WMO) quale riferimento convenzionale per le analisi ed i confronti climatologici.

Il database pedologico<sup>3</sup> del territorio italiano deriva invece da un'elaborazione della Carta Nazionale della Capacità Idrica dei Suoli Agrari. La definizione delle unità di suolo-paesaggio è stata realizzata integrando l'informazione litologica dedotta dalla Carta Geologica 1:100.000 e l'insieme delle caratteristiche fisiografiche desumibili da immagini da satellite prodotte alla stessa scala. In relazione alle esigenze di rappresentazione dei suoli italiani, le principali variabili pedologiche sono state elaborate per realizzare una opportuna rappresentazione spaziale. L'unità di riferimento è una cella quadrata di superficie pari a 64 km<sup>2</sup>. Il numero di celle che complessivamente coprono il territorio italiano è pari a 5226. Di queste, 4479 presentano informazioni pedologiche associate, mentre le rimanenti 747 sono risultate prive di informazioni in quanto non intersecanti nessuna unità suolo-paesaggio agricola. Il valore delle variabili pedologiche attribuito a ciascuna cella è stato stimato come media ponderata dei valori nelle unità di suolo-paesaggio che intersecano la cella utilizzando, come fattore di ponderazione, la superficie di ciascuna unità presente nella cella. È doveroso precisare che questa modalità di calcolo ha condotto ad un'approssimazione delle caratteristiche pedologiche rispondente alle specifiche esigenze del presente lavoro ma potrebbe aver prodotto rappresentazioni non coerenti alla realtà se riferite a scale spaziali o finalità diverse. Ad esempio, i valori medi delle frazioni granulometriche associati ad una cella (espressione di tutti i tipi di suolo in essa riconosciuti) sono stati utilizzati per simulare il ruolo del suolo nel bilancio idrico anche se nella realtà potrebbe non essere affatto presente in quella cella un suolo con tali caratteristiche. Vi sono, infine, molte celle che ricadono in buona parte su terreni non agricoli e che quindi hanno solo piccole intersezioni con unità suolo-paesaggio agricole (celle al bordo dei confini nazionali e celle che includono ampie superfici a bosco, acque interne, aree artificiali, pascoli, ecc). In queste situazioni i valori attribuiti all'intera cella derivano dalla porzione occupata esclusivamente dalle superfici agricole le cui proprietà, come ad esempio la profondità del terreno o la percentuale di scheletro, possono essere molto diverse, generalmente migliori, rispetto alle proprietà dei terreni non agricoli che complessivamente occupano la

<sup>1</sup> Le elaborazioni di *Analisi Oggettiva* sono state effettuate dalla Finsiel nell'ambito del Sistema Informativo Agricolo Nazionale (SIAN) del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali.

<sup>2</sup> La Banca Dati Agrometeorologica Nazionale (BDAN) è stata realizzata in ambito SIAN. In essa

sono archiviati i dati meteorologici delle reti di rilevamento UCEA e di altri Servizi Meteorologici italiani.

<sup>3</sup> I dati pedologici sono stati prodotti dal Consorzio ITA per conto del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali nell'ambito del programma AGRIT.

cella. Le informazioni di base disponibili per ciascuna cella pedo sono:

- Codice ISTAT di regione (viene indicata la regione prevalente nella cella)
- Superficie interna alla cella occupata da unità suolo-paesaggio agricole (ha)
- Valore medio di profondità del suolo (mm)
- Valore medio di AWC (mm di acqua)
- Valore medio della percentuale di carbonio organico a circa 20 cm di profondità
- Valore medio della percentuale di sabbia
- Valore medio della percentuale di limo
- Valore medio della percentuale di argilla
- Valore medio della percentuale di scheletro

### **Elaborazioni dei dati**

La base dati meteorologica, costituita dalle serie trentennali di dati giornaliere di 544 *celle meteo*, è stata preliminarmente sottoposta a vari controlli per valutarne la qualità e rimediare alla possibile presenza di errori e di fallanze. La metodologia utilizzata si è basata sulla verifica incrociata della congruità sequenziale di dati e statistiche (medie, totali, varianza) estesa anche ai nodi di griglia limitrofi. Ciò ha determinato la necessità di procedere ad una rielaborazione dell'*Analisi Oggettiva* per alcuni nodi di griglia che ha consentito di eliminare tutti gli elementi di disturbo individuati (*outlayers*, archiviazioni errate, ecc.).

### **Temperatura**

A partire dai singoli valori di temperatura minima e massima sono state calcolate le temperature medie giornaliere e, quindi, si è proceduto a calcolare le medie climatiche decadali delle suddette grandezze.

### **Sommatorie termiche**

Per ciascun giorno della serie dei dati è stato calcolato l'accumulo giornaliero di *Gradi Giorno* o *Growing Degree Days* (GDD) utilizzando cinque diversi valori di temperatura base: 0, 5, 10, 15 e 20°C. Il calcolo della climatologia delle sommatorie termiche è stato successivamente effettuato su base decadale come media delle rispettive sommatorie cumulate sull'intero trentennio.

### **Precipitazione piovosa**

Partendo dai dati giornalieri di *precipitazione piovosa* sono stati calcolati i singoli totali mensili di precipitazione relativi a ciascun anno del trentennio analizzato. La climatologia mensile dei totali di precipitazione è stata calcolata come 50° percentile dei 30 valori ottenuti per ognuno dei dodici mesi dell'anno.

### **Stagione di Crescita (SC)**

È stata definita *Stagione di Crescita* il periodo dell'anno durante il quale le temperature medie giornaliere risultano stabilmente al di sopra di determinate *soglie termiche*. È stato stimato per ciascun anno della serie esaminata l'*inizio*, la *fine* e la *durata* della SC. La climatologia riguardante la SC è stata ottenuta individuando come data iniziale quella corrispondente al 75° percentile della serie delle date annuali ordinate in senso crescente. Stessa

procedura per determinare la data climatologica di fine della SC che è stata individuata come 75° percentile della rispettiva serie di date annuali ordinate, però, in senso decrescente. Le elaborazioni della SC sono state effettuate per tre diverse temperature soglia: 5°C, 10°C e 15°C.

### **Gelate**

La climatologia delle gelate è stata determinata calcolando la frequenza media di tutte le occorrenze di temperature minime giornaliere inferiori a 0°C verificatesi in ogni singola decade dell'anno. È stata calcolata analogamente anche la frequenza delle gelate all'interno del periodo definito come Stagione di Crescita (potenzialmente le più pericolose per le colture in atto) distinguendo fra due casi: le gelate tardive primaverili (comutate dall'inizio della SC al 31 luglio) e le gelate precoci autunnali (comutate dal 31 luglio alla fine della SC).

### **Fabbisogno in freddo**

La stima delle *Unità di freddo* è stata effettuata calcolando preliminarmente i gradienti orari fra le temperature massime e minime giornaliere supponendo uno sfasamento di 12 ore ed un andamento lineare della temperatura tra i due valori. Ciò ha consentito di stimare le temperature orarie che, raggruppate in opportune classi e con riferimento al Chill Unit Model, hanno condotto alla stima delle equivalenti *Unità di freddo*.

### **Evapotraspirazione di riferimento (ET<sub>0</sub>)**

Per la stima dell'*evapotraspirazione* giornaliera è stata utilizzata la formula di Penman-Monteith nella versione FAO (Allen R.G. *et al.*, 1998).

### **Bilancio idrico dei suoli**

È stato sviluppato un modello originale di bilancio idrico dei suoli al fine di conciliare le specifiche esigenze di rappresentazione dei fenomeni indagati con un adeguato dettaglio spazio-temporale. In ogni caso, le impostazioni teorizzate hanno seguito un approccio classico prevedendo apporti (precipitazioni) e perdite (ET<sub>0</sub>, run off, percolazione) di acqua in relazione alle caratteristiche del suolo sottostante (tessitura, profondità, potenziale matriciale, AWC, ecc.). È stata quindi calcolata la climatologia decadale del deficit idrico derivato dal rapporto tra la richiesta evapotraspirativa e la evapotraspirazione effettiva.

### **Elaborazioni fenoclimatiche**

Le elaborazioni hanno riguardato fundamentalmente la coltura del Pesco ed, in particolare, la determinazione della data di fioritura e maturazione. Ai fini del superamento della endo-dormienza invernale è stato utilizzato il modello Utah (Richardson *et al.*, 1974), mentre per il calcolo delle sommatorie termiche necessarie al superamento della eco-dormienza (Growth Degree Hours) la scelta è stata indirizzata verso il modello di tipo non-lineare denominato ASYMCUR (Anderson *et al.* - 1986)

## Elaborazioni GIS

Le possibilità offerte dai sistemi GIS (Geographical Information System) consentono di georeferenziare dati e di elaborare molteplici strati informativi che possono essere opportunamente incrociati e selezionati. Nel caso dell'Atlante i dati di base ed i risultati ottenuti dalle elaborazioni precedentemente descritte, sono stati ulteriormente elaborati con procedure e strumenti GIS (Geographical Information System) per analizzarne la dimensione geografica al fine di generare informazioni territoriali integrative e derivare le opportune rappresentazioni grafiche. In tal senso è stata realizzata anche un'applicazione multimediale per consentire una consultazione delle mappe dell'Atlante in maniera semplice ed efficace. In primo luogo è stato necessario organizzare i dati in una struttura utile alla successiva elaborazione e rappresentazione GIS ed è stato anche necessario uniformare l'unità territoriale di riferimento alla *cella pedo* allo scopo di consentire l'elaborazione di dati specifici che, come nel caso del bilancio idrico, hanno richiesto l'intersezione dei dati associati alle *celle meteo* con quelli riferibili alle *celle pedo*. Agli *strati informativi* o *layer* così ottenuti sono stati aggiunti alcuni *layer* legati all'orografia al fine di delineare le aree che, in ragione sia di quote troppo elevate che di eccessive pendenze, mostrassero un valore marginale ai fini della coltivabilità. Per migliorare la leggibilità delle mappe e, quindi, facilitare "l'esplorazione" del territorio nazionale, sono stati aggiunti una serie di altri *layer* costituiti dai limiti amministrativi e da altri elementi fisici quali i confini nazionali, regionali e provinciali, i principali fiumi, i principali corpi idrici, i principali centri urbani. È stato infine adottato stato per tutti i dati inclusi nel database geografico un sistema di proiezione unico, ovvero l'European Datum 1950, UTM Zona 32N.

### Contenuto dell'Atlante

L'Atlante è costituito nel complesso da 14 tematismi per un totale di oltre 340 layers diversi. Alcuni di essi, di specifico carattere geografico, sono attivabili in ogni mappa per facilitare la lettura dei dati e/o l'orientamento all'interno delle stesse mappe (confini regionali, confini provinciali, fiumi principali, corpi idrici principali, città principali, maschera per le quote superiori ai 1500 m, maschera per le pendenze superiori al 30%, nodi della griglia meteo, celle pedo, ombreggiatura).

Le informazioni disponibili sono le seguenti:

#### Orografia

- DTM 250 m
- Esposizioni
- Pendenze
- Pedologia
- Profondità suoli
- Tessitura suoli / (classifica USDA)
- AWC (mm)

#### Precipitazioni

- Climatologia mensile (es. Fig. 2)

#### Temperatura minima

- Climatologia decadale

#### Temperatura massima

- Climatologia decadale

#### Temperatura media

- Climatologia decadale (es. Fig. 3)

#### Unità di freddo

- Climatologia decadale

#### Sommatorie termiche

- Climatologia decadale

#### Stagione di Crescita

- Inizio (data)

- Fine (data)

- Durata (numero di giorni)

#### Gelate tardive e precoci

- Gelate primaverili (numero medio eventi) (es. Fig. 4)

- Gelate autunnali (numero medio eventi)

#### Gelate decadali

- Climatologia decadale

#### Evapotraspirazione di riferimento (ET<sub>0</sub>)

- Climatologia decadale (es. Fig. 5)

#### Bilancio idrico dei suoli (deficit idrico)

- Climatologia decadale (es. Fig. 6)

#### Fenologia (Pesco)

- Data di fioritura (per varietà con fabbisogno in freddo da 200 a 1200 C.U.) (es. Fig. 7, 8)

- Data di maturazione (per varietà con fabbisogno da 20000 a 80000 GDH) (es. Fig. 9)

La consultazione dell'Atlante, anche in assenza di un software GIS installato sul proprio sistema, è reso possibile attraverso un software applicativo realizzato con componenti software MapObjects Lt della Esri disponibile, insieme a tutte le mappe e gli strati informativi elaborati, su un CD allegato alla pubblicazione cartacea (fig. 1). L'applicazione, una volta installata, consente l'accesso ad una *finestra iniziale* che, a sua volta, permette di attivare il *visualizzatore (browser)* delle mappe e anche le *pagine di presentazione* dell'Atlante. Il dettaglio spaziale elementare, cui fanno riferimento tutte le informazioni elaborate, è rappresentato da un grigliato di celle quadrate di 8 x 8 km (coincidente con le celle pedo). La consultazione dell'Atlante avviene, pertanto, con le tipiche funzionalità consentite da un GIS: *dalla barra dei contenuti* si seleziona la mappa d'interesse (ad esempio: la temperatura media), quindi sulla barra dei temi compaiono tutti gli strati informativi associati a quella mappa (ad esempio: le temperature medie della 15<sup>ma</sup> decade dell'anno) che possono essere selezionati per apparire nella vista della stessa mappa (fig. 10). Utilizzando gli strumenti presenti nella barra dei *bottoni di navigazione ed informazione* è possibile, poi, dimensionare la vista al livello di ingrandimento in funzione del dettaglio desiderato, visualizzare la legenda, attivare la funzione di *informazione sul punto*, impostare *query* di ricerca, ed altre funzionalità ancora (fig. 11). L'Atlante, oltre a rappresentare un riferimento oggettivo per l'apprezzamento degli eventuali cambiamenti climatici in atto, può favorire una più approfondita conoscenza delle caratteristiche ambientali, clima e suolo in particolare, ed essere di ausilio nella pianificazione dell'attività agricola, dalle fasi di scelta ed introduzione degli indirizzi produttivi fino alla programmazione degli interventi colturali.



Fig. 1 - Copertina del volume "Atlante Agroclimatico"  
 Fig. 1 - Cover of the volume "Atlante Agroclimatico"

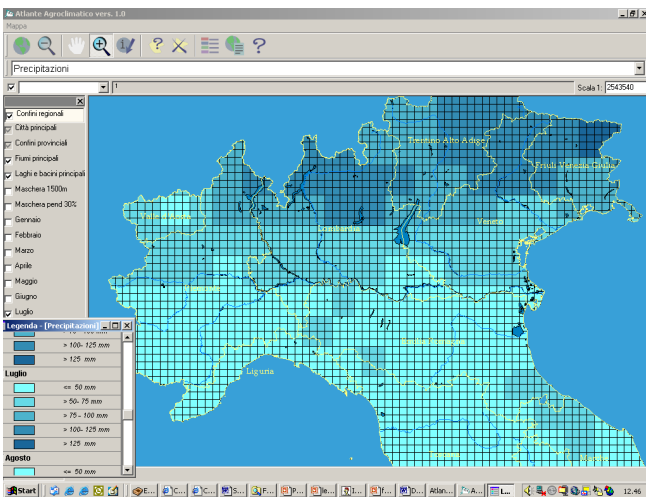


Fig. 2 - Precipitazione piovosa media mensile (Luglio)  
 Fig. 2 - Average monthly precipitation (July)

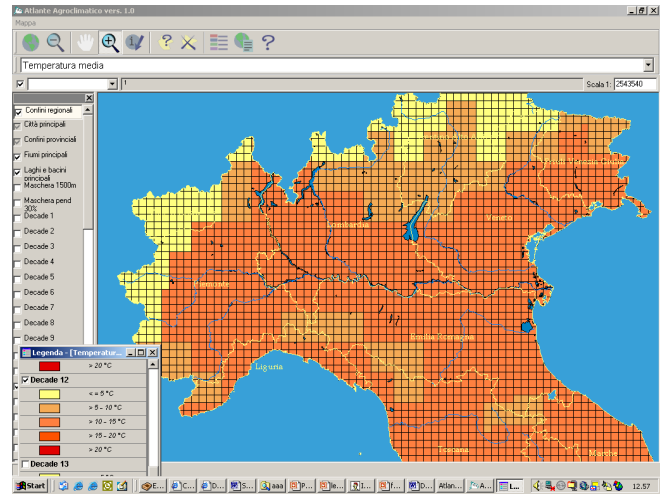


Fig. 3 - Temperatura media decadale (3<sup>a</sup> decade di aprile)  
 Fig. 3 - Average dekadal temperature (3rd decade of April)

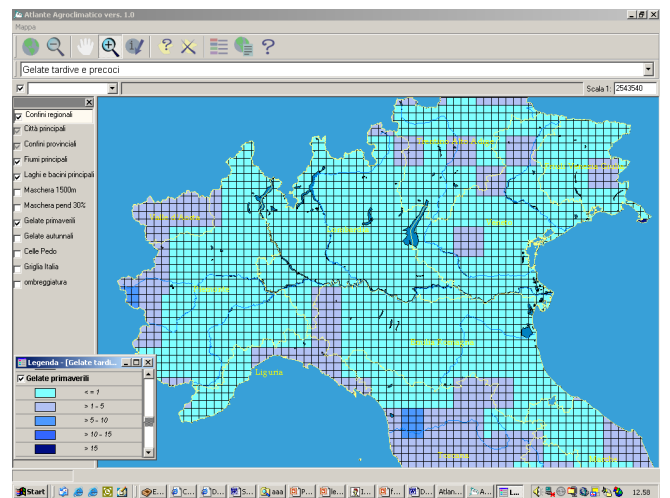


Fig. 4 - Numero di occorrenze di gelate primaverili (comprese fra l'inizio della stagione di crescita ed il 31 luglio). La stagione di crescita è stata calcolata considerando una soglia termica di 5°C.  
 Fig. 4 - Number of spring frost events (between the beginning of the growing season and July 31). The growing season is computed considering a threshold temperature of 5 °C

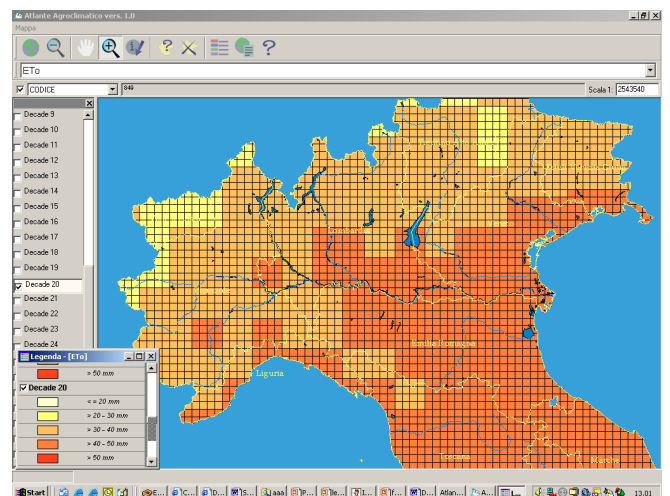
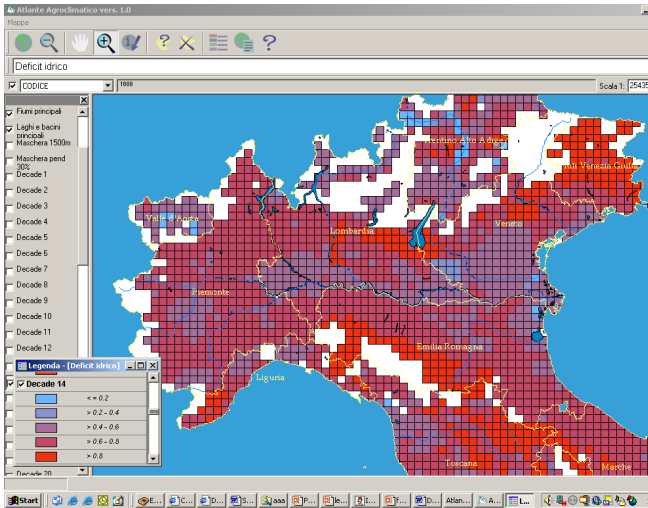
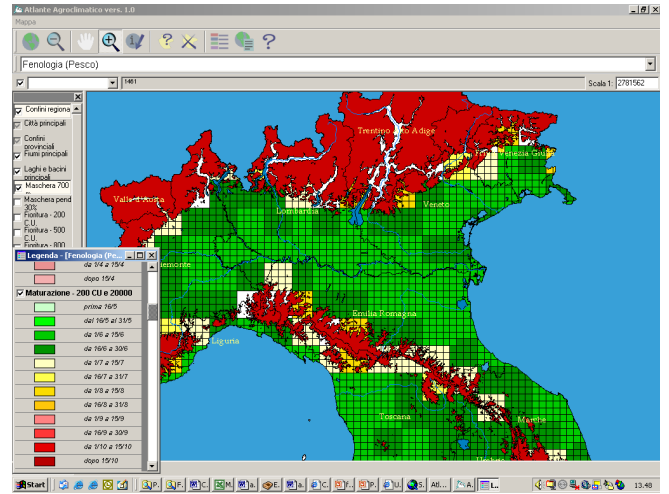


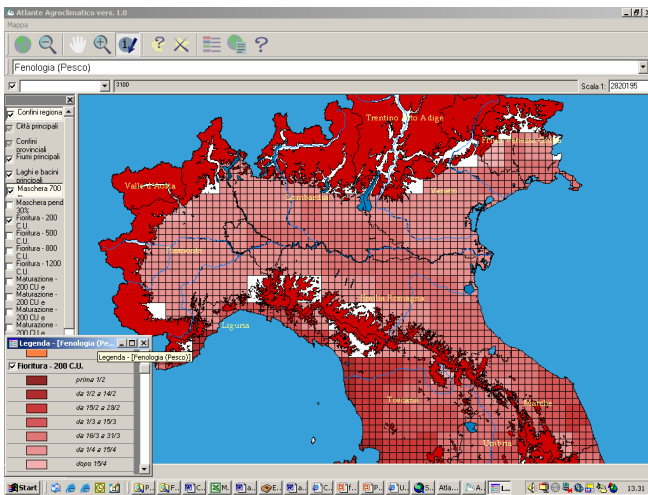
Fig. 5 - Valori di ET<sub>0</sub> (calcolata secondo la formula di Penman) della seconda decade di luglio  
 Fig. 5 - ET<sub>0</sub> values (computer according to Penman) for the second dekad of July



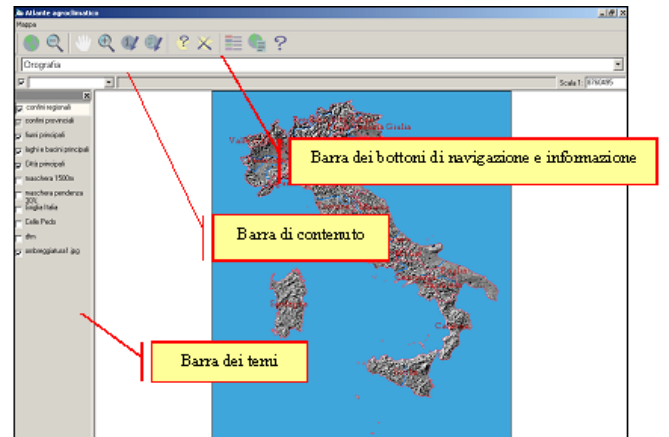
**Fig. 6 - Deficit idrico dei suoli nella seconda decade di maggio**  
**Fig. 6 - Soil water deficit of the second dekad of May**



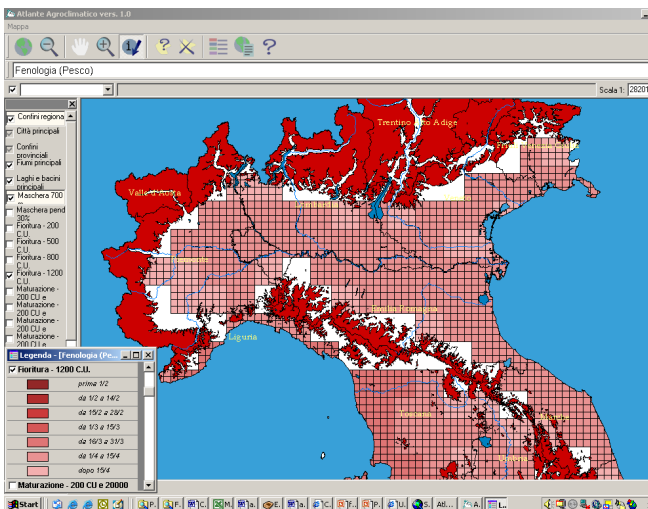
**Fig. 9 - Data di maturazione di varietà di pesco con esigenze di accumulo di 200 Chilling Units e 20000 GDH**  
**Fig. 9 - Maturity date of peach tree varieties requiring the accumulation of 200 Chilling Units and 20000 GDH**



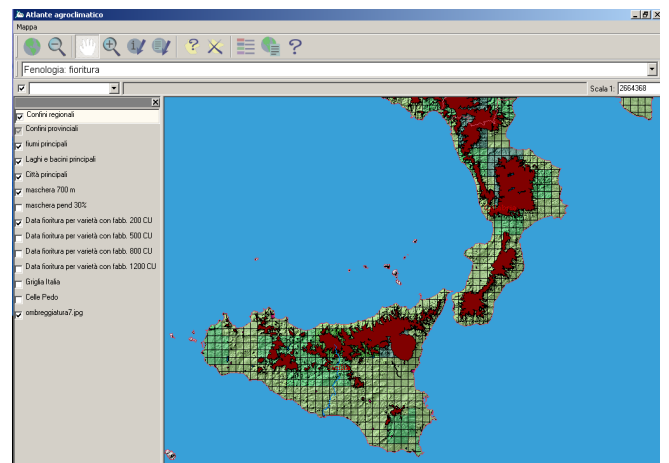
**Fig. 7 - Data di fioritura di varietà di pesco con esigenze di accumulo di 200 Chilling Units**  
**Fig. 7 - Flowering date of peach tree varieties requiring the accumulation of 200 Chilling Units**



**Fig. 10 - Schermata esemplificativa del visualizzatore GIS**  
**Fig. 10 - A sample window from the GIS visualizer**



**Fig. 8 - Data di fioritura di varietà di pesco con esigenze di accumulo di 1200 Chilling Units**  
**Fig. 8 - Flowering date of peach tree varieties requiring the accumulation of 1200 Chilling Units**



**Fig. 11 - Esempio di "vista" di una mappa (data di fioritura di varietà di Pesco con fabbisogno di 200 C.U.). Nella visualizzazione, oltre allo specifico strato informativo, sono stati attivati i layer relativi a: confini regionali, laghi e bacini principali, città principali, maschera di non coltura (700 m) e ombreggiatura.**  
**Fig. 11 - Example of a map view (flowering date of peach tree varieties requiring the accumulation of 200 C.U.). In the view, besides the specific information layer, the following ones are also activated: regional borders, main lakes and catchments, main cities, no-crop mask (700 m) and shading**