



Modelli di simulazione colturali per supportare la gestione agronomica – un esempio –



Piano di concimazione

Cos'è

Agronomia - Esercitazione

Documento tecnico che definisce:

1. **Quanto** elemento apportare: dose (kg/ha) di elementi nutritivi
2. **Quando** intervenire: frazionamento della dose durante la stagione
3. **Cosa** distribuire: tipologia di concime organico e/o minerale da distribuire
4. **Come** effettuare l'intervento (modalità di distribuzione).

Obiettivo: massimizzare la quota di elementi nutritivi apportati con il concime che vengono **assorbiti e utilizzati** dalla coltura.

**Cosa mi
serve
sapere**

1. Caratteristiche chimico/fisiche del terreno
2. Colture precedenti nell'appezzamento da concimare
3. Quantità e qualità della produzione **attesa**
4. Condizioni climatiche dell'area



Piano di concimazione

Agronomia - Esercitazione

In questa esercitazione ci focalizzeremo sull'azoto.

Esistono approcci anche per redigere piani di concimazione per P e K.

Per chi volesse approfondire:

«Agronomia», a cura di Ceccon, P., Fagnano, M., Grignani, C., Monti, M., Orlandini, S., 2017. EdiSES Edizioni Srl



Piano di concimazione

Azoto

Agronomia - Esercitazione

1. Quantità di elemento (kg/ha) da distribuire

Per stimarla per prima cosa devo calcolare la differenza tra:

- il fabbisogno atteso della mia coltura (fabbisogno colturale, F_N , kg/ha)
- la quota di azoto che mi aspetto esserci già nel terreno (N_T , kg/ha)



Piano di concimazione

Azoto

Agronomia - Esercitazione

- Fabbisogno colturale (F_N , kg/ha): stima a partire dalla **quantità e qualità** della produzione attesa. Un esempio per frumento tenero:

Coltura	Produzione utile				Harvest Index	Residui aerei			
	t/ha di s.s.	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)		t/ha di s.s.	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)
Frumento tenero	4 - 8	2.3	1	1.2	0.4	6-12	0.5	0.2	1
Granella, produzione attesa (t/ha)						6 t/ha			
N contenuto nella granella (kg N/ha)						granella × N(%) × 10 6×2.3×10=138 kg N/ha			
Biomassa aerea, produzione attesa						granella/ harvest index 6/0.4=15 t/ha			
Residui aerei (steli e foglie), produzione attesa (t/ha)						biomassa aerea totale – granella 15-6 = 9 t/ha			
N contenuto nei residui aerei (kg N/ha)						residui aerei × N(%) × 10 9× 0.5 × 10= 45 kg N/ha			
Radici, produzione attesa (t/ha)						biomassa aerea totale*0.15 15×0.15=2.25 t/ha			
N contenuto nelle radici (kg N/ha)						radici × N(%) × 10 2.25× 0.5 × 10= 11.25 kg N/ha			
Fabbisogno colturale (FN)						Ngranella+Nresidui+Nradici 138+45+11.25= 194.25 kg N/ha			



Piano di concimazione

Azoto

Agronomia - Esercitazione

- Quota di azoto che mi aspetto esserci già nel terreno (N_T , kg/ha):

$$N_T = \underbrace{(N_P + N_M + N_{CO})}_{\text{IN}} - \underbrace{(N_L + N_V + N_D)}_{\text{OUT}} \pm N_{CP}$$

- N_P = N da **apporti idrici** (precipitazioni e irrigazioni)
- N_M = N proveniente dalla **mineralizzazione della S.O.** del terreno
- N_{CO} = N proveniente da **concimazioni organiche precedenti**
- N_L = N perso per **lisciviazione**
- N_V = N perso per **volatilizzazione** (N perso come NH_3)
- N_D = N perso per **denitrificazione** (N perso come N_2 o N_2O)
- N_{CP} = N rilasciata nel terreno o sottratta a seguito della decomposizione dei residui della coltura precedente



Piano di concimazione

Azoto

Agronomia - Esercitazione

Esempio di come vengono derivati questi elementi:

- $N_p = N$ da **apporti idrici** (precipitazioni e irrigazioni)

Precipitazioni: altezza	H_p	1.000	mm
Precipitazioni: concentrazione di N	$[N_p]$	2	mg l ⁻¹
Precipitazioni: azoto apportato	$N_p = H_p \cdot [N_p]$	20	kg ha ⁻¹

- $N_M = N$ proveniente dalla **mineralizzazione della S.O.** del terreno

Terreno: superficie	S	10.000	m ²
Terreno: spessore	h	0,4	m
Terreno: densità apparente	Da	1,3	t m ⁻³
Terreno: peso	$W_T = S \cdot h \cdot Da$	5.200	t ha ⁻¹
Terreno: concentrazione di N	$[N_T]$	1	kg t ⁻¹
Terreno: contenuto di N	$N_T = W_T \cdot [N_T]$	5.200	kg ha ⁻¹
Azoto: coefficiente di mineralizzazione	k_2	12	g kg ⁻¹ anno ⁻¹
Azoto: quantità mineralizzata per anno	$N_{MA} = N_T \cdot k_2$	62	kg ha ⁻¹
Azoto proveniente dalla mineralizzazione	$N_M = N_{MA} / 12 \cdot d$	42	kg ha ⁻¹



Piano di concimazione

Azoto

Agronomia - Esercitazione

- $N_L = N$ perso per **lisciviazione**

Azoto: mineralizzato novembre-febbraio	$N_{NF} = N_{MA} / 12 \cdot 4$	21	kg ha ⁻¹
Azoto: precipitazioni novembre-febbraio ($H_{NF} = 700$ mm)	$N_p = H_{NF} \cdot [N_p]$	14	kg ha ⁻¹
Azoto potenzialmente lisciviabile	$N_{PL} = N_{NF} + N_p$	35	kg ha ⁻¹
Coefficiente di lisciviazione	k_l	773	
Azoto lisciviato	$N_L = N_{PL} \cdot k_l$	27	kg ha ⁻¹

- $N_{CP} = N$ rilasciata nel terreno o sottratta a seguito della decomposizione dei residui della coltura precedente

Residui coltura precedente (mais)	Z	10	t ha ⁻¹
Residui: concentrazione di N	$[N_Z]$	7	kg t ⁻¹
Residui: contenuto di N	$N_Z = Z \cdot [N_Z]$	70	kg ha ⁻¹
Residui: coefficiente isoumico	k_i	12	%
Humus: quantità prodotta	$SO = Z \cdot k_i$	1,2	t ha ⁻¹
Humus: concentrazione di N	$[N_{SO}]$	50	kg t ⁻¹
Humus: contenuto di N	N_{SO}	60	kg ha ⁻¹
Durata della coltivazione	d	8	Mesi
Azoto lasciato dalla coltura precedente	$N_{CP} = N_Z - N_{SO} \cdot (d / 12)$	7	kg ha ⁻¹



Piano di concimazione

Azoto

Agronomia - Esercitazione

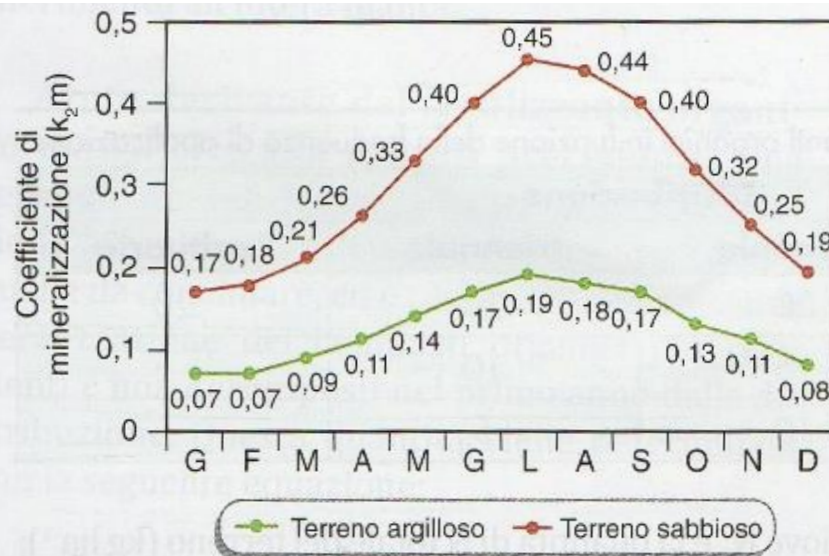


FIGURA 9.2 Valori dei coefficienti mensili di mineralizzazione della sostanza organica del suolo.

TABELLA 9.4 Metodo di stima del coefficiente di lisciviazione (k_l)

Precipitazioni ottobre-febbraio (mm)	k_l
<250	0,0
250-300	16,7
301-350	37,5
351-400	50,0
401-450	58,3
451-500	64,3
501-550	68,8
551-600	72,2
601-650	75,0
651-700	77,3
701-750	79,2
751-800	80,8
801-850	82,1
851-900	83,3
901-950	84,4
951-1.000	85,3
>1.000	86,1



Piano di concimazione

Azoto

Agronomia - Esercitazione

Una volta stimato il fabbisogno colturale (F_N) e la quota di azoto già presente nel terreno (N_T), per calcolare la dose di elemento da apportare devo considerare anche **l'efficienza agronomica apparente dell'azoto distribuito** (ANR, Apparent Nitrogen Recovery, %).

$$\text{Dose di elemento da apportare (kg N /ha)} = (F_N - N_T) / (ANR/100)$$

L'ANR viene derivata da prove di concimazione dedicate, valori tabulati disponibili in letteratura. Varia in funzione di:

- ✓ Tipo e quantità di concime
- ✓ Epoca e metodo di distribuzione
- ✓ Stadio fenologico della coltura
- ✓ Andamento meteorologico della stagione



Piano di concimazione

Azoto

Agronomia - Esercitazione

Per ottenere la dose di concime a partire dalla dose di elemento che avete calcolato: utilizzare il **titolo (%)** del concime scelto

Dose concime (kg/ha) = dose di elemento/ (titolo/100)

TABELLA 9.6 Fattori di conversione tra le forme elementari degli elementi nutritivi e i loro ossidi

Elementi nutritivi	Ossidi	Fattori di conversione degli elementi nutritivi	Fattori di conversione ossidi
Calcio (Ca)	Ossido di calcio (CaO)	$Ca = 0,715 \cdot CaO$	$CaO = 1,399 \cdot Ca$
Fosforo (P)	Anidride fosforica (P ₂ O ₅)	$P = 0,436 \cdot P_2O_5$	$P_2O_5 = 2,291 \cdot P$
Magnesio (Mg)	Ossido di magnesio (MgO)	$Mg = 0,603 \cdot MgO$	$MgO = 1,658 \cdot Mg$
Potassio (K)	Ossido di potassio (K ₂ O)	$K = 0,830 \cdot K_2O$	$K_2O = 1,205 \cdot K$
Sodio (Na)	Ossido di sodio (Na ₂ O)	$Na = 0,742 \cdot Na_2O$	$Na_2O = 1,348 \cdot Na$
Zolfo (S)	Anidride solforica (SO ₃)	$S = 0,400 \cdot SO_3$	$SO_3 = 2,497 \cdot S$

(Fonte: «Agronomia», a cura di Ceccon, P., Fagnano, M., Grignani, C., Monti, M., Orlandini, S., 2017. Edises Edizioni Srl)



Piano di concimazione

Azoto

Agronomia - Esercitazione

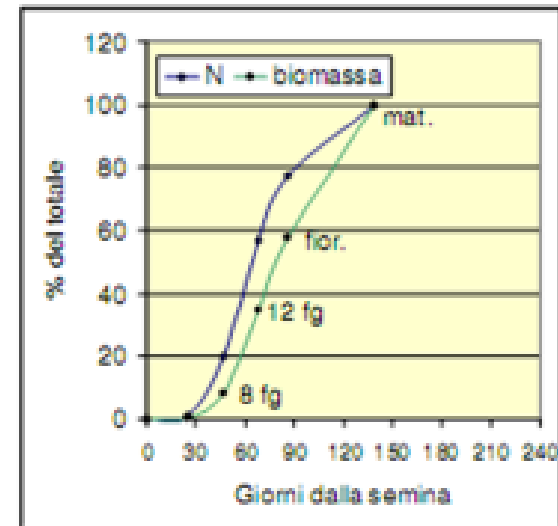
2. **Quando** intervenire: frazionamento della dose durante la stagione

Va definito considerando:

- ✓ Andamento meteorologico durante il ciclo colturale
- ✓ Tipologia di concime utilizzato
- ✓ Esigenze di N della coltura

3. **Cosa** distribuire: tipologia di concime organico e/o minerale da distribuire

4. **Come** effettuare l'intervento (modalità di distribuzione)



Mais



https://www6.paca.inrae.fr/stics_eng/

https://www6.paca.inrae.fr/stics_eng/About-us/Stics-model-overview

Brisson, N., Launay, M., Mary, B., Beaudoin, N. 2008. Conceptual basis, formalisation and parameterization of the STICS crop model. Éditions Quæ, Versailles, France, pp 297.

STICS (Simulateur mulTIdisciplinaire pour les Cultures Standard) è un modello colturale generico sviluppato dall'INRA (Institut national de la recherche agronomique) a partire dal 1996 in collaborazione con altri enti di ricerca

Rémi Vezy



CIRAD - AMAP
Scientific pole

Fabien Ferchaud



Inra UMR AgrolImpact
Scientific pole
Gatien Falconnier



Cirad - UPR AIDA
Scientific pole

Florent Levavasseur



Inra UMR ECOSYS
Scientific pole

Samuel Buis



Inra UMR Emmah
Assistant coordinator
Computer pole

Patrick Bertuzzi



Inra US AgroClim
Scientific pole

Benjamin Dumont



Université de Liège
Faculté de Gembloux Agro-Bio-Tech
Scientific pole

Eric Justes



CIRAD UMR SYSTEM
Coordinator
Scientific pole

Marie Launay



Inra US AgroClim
Assistant coordinator
Scientific pole

Eric Casellas



Inra UR MIAT
Computer pole

Jean-Louis Durand



Inra UPR P3F
Scientific pole

Scientific pole
Anne-Isabelle Graux



Inra UPR Pegase
Scientific pole

Dominique Ripoché



Inra US AgroClim
Assistant coordinator
Computer pole

Julie Constantin



Inra-Ensai UMR AGIR
Scientific pole

Iñaki Garcia de Cortazar Ataur



Inra US AgroClim
Scientific pole

Scientific pole
François Affholder



Cirad UPR Aida
Scientific pole

Guillaume Jégo



Agriculture et Agroalimentaire Canada
Scientific pole

Patrice Lecharpentier



Inra UMR Emmah
Computer pole

Loïc Strullu



Inra UMRP 3F
Scientific pole

Scientific pole
Alain Mollier



Inra UMRP ISPA
Scientific pole

Nicolas Beaudoin



Inra UR AgrolImpact
Scientific pole

Joël Léonard



Inra UR AgrolImpact
Scientific pole

Françoise Ruget



Inra UMR Emmah
Scientific pole

Una delle sue caratteristiche chiave è l'adattabilità a **diverse colture**

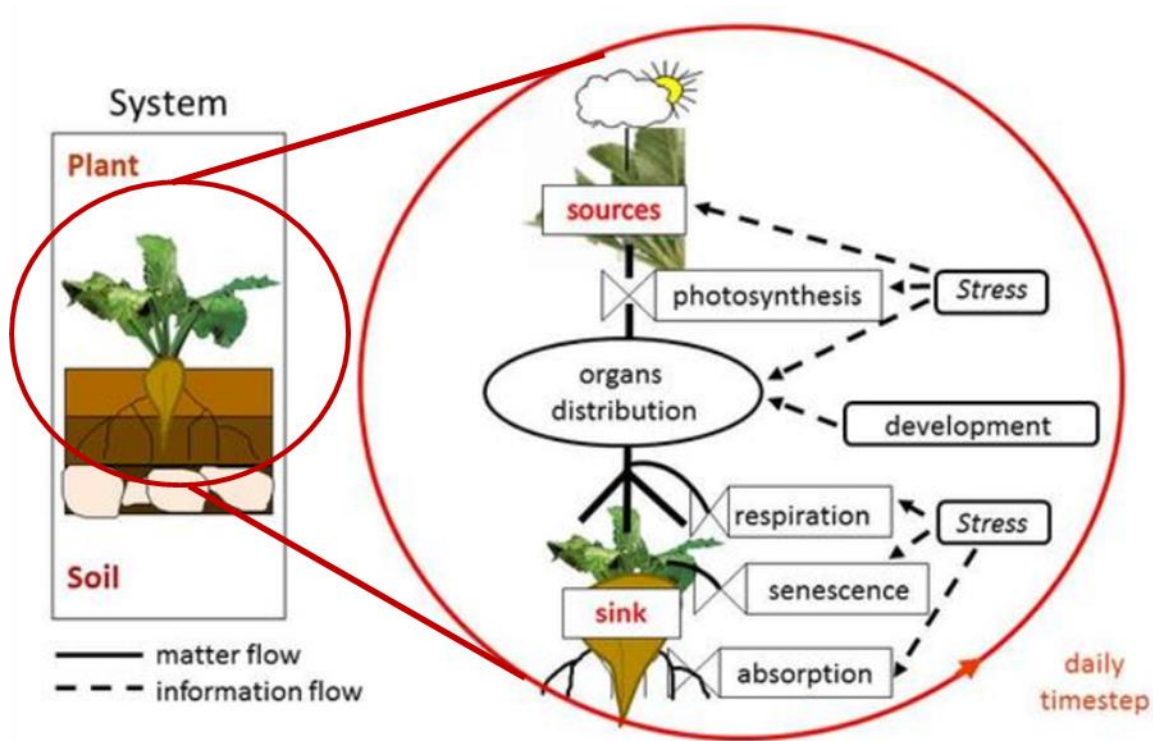
[...] frumento, mais, orzo, sorgo, soia, girasole, colza, canna da zucchero, medica, fagiolo, pomodoro, carota, lattuga, banano, vite, etc [...]



Altri punti di forza: la sua **robustezza** (Brisson et al. 2002) e **modularità** (inserire nuovi processi o sviluppare ulteriormente quelli già presenti)

STICS simula con **passo temporale giornaliero**

- la **crescita** e lo **sviluppo** della coltura
- il **bilancio idrico**, del **C** e dell'**N** del sistema



Inputs

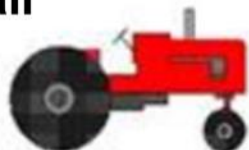
System - process

Outputs

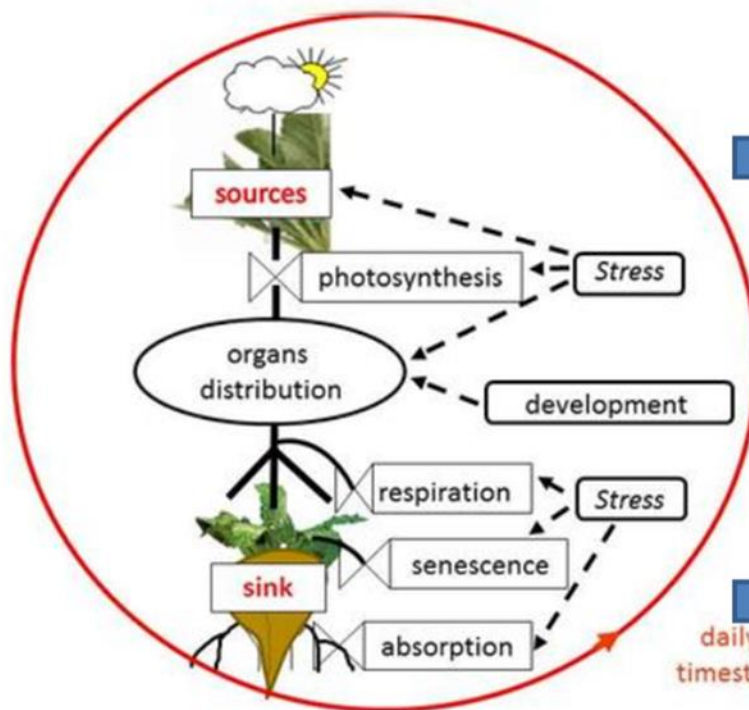
Clima



Pratiche gestionali



Caratteristiche costanti e iniziali del sistema



Variabili di interesse agronomico (e.g. resa)



Variabili di interesse ambientale



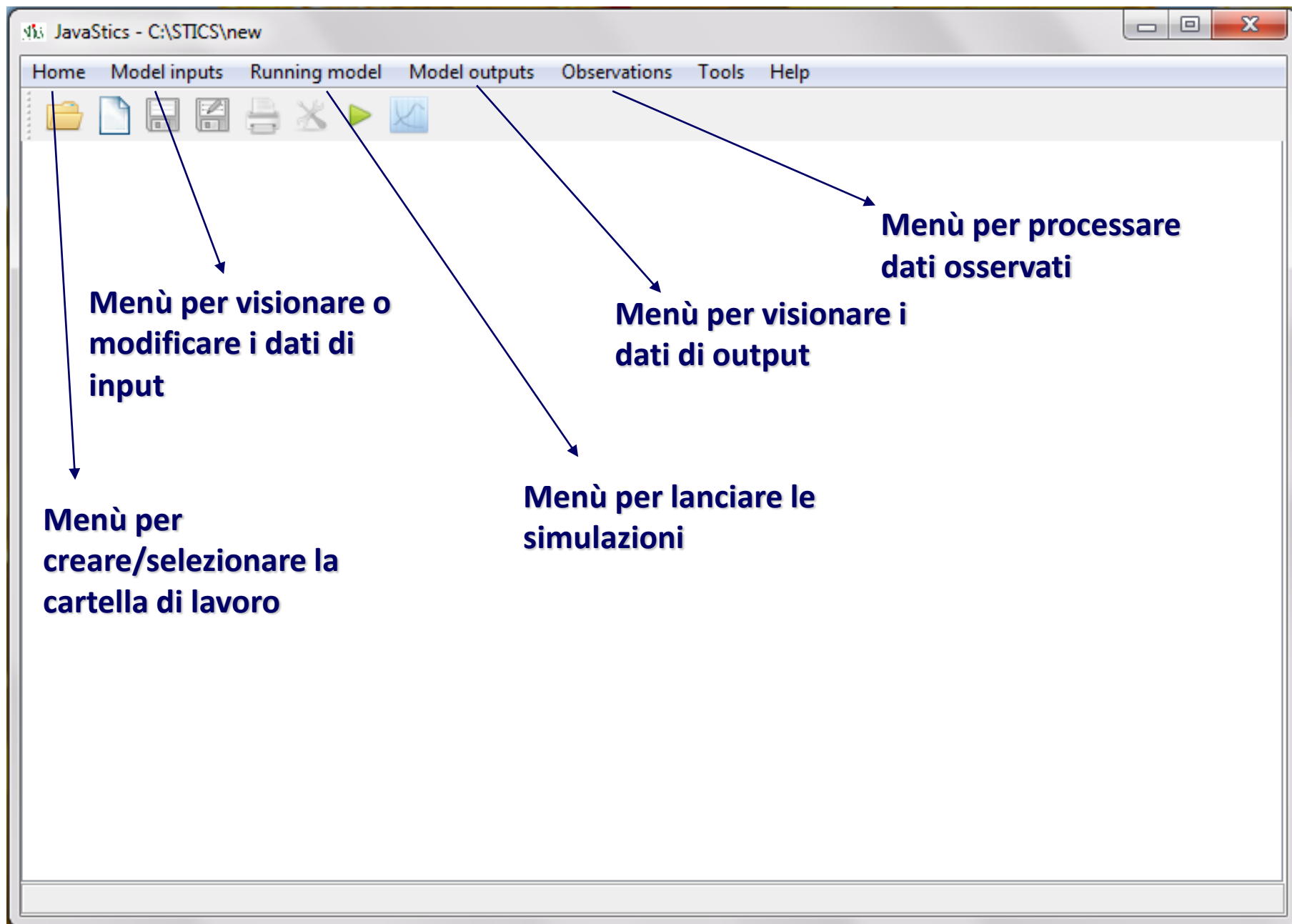


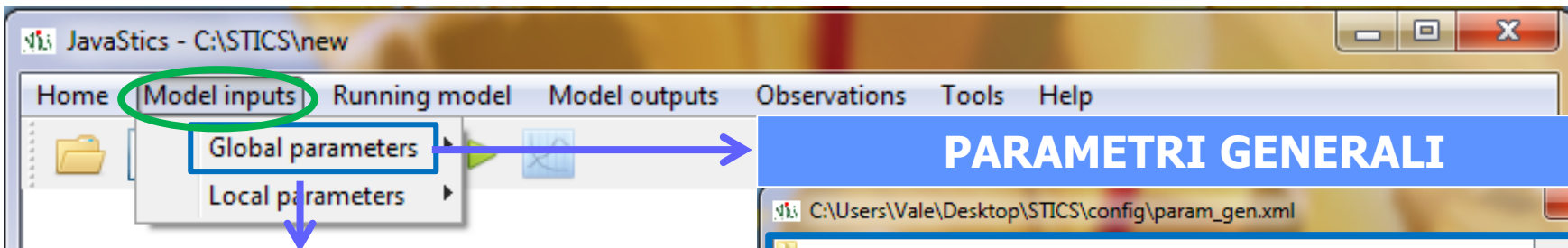
L'interfaccia grafica

Agronomia - Esercitazione

Nome	Ultima modifica	Tipo	Dimensione
bin	12/03/2019 18:33	Cartella di file	
config	12/03/2019 18:33	Cartella di file	
default	12/03/2019 18:33	Cartella di file	
doc	12/03/2019 18:33	Cartella di file	
example	12/03/2019 18:33	Cartella di file	
fichiers_plante	12/03/2019 18:33	Cartella di file	
logs	12/0		
new	03/0		
notice-adaptation-STICS-nouvelle-culture	12/0		
plant	27/0		
 JavaStics.exe	21/1		
 Stics.exe	21/1		







PARAMETRI SPECIFICI per specie e genotipo

plant name and group
codeplante mai
monocot or dicot monocotyledon
effect of atmospheric CO2 concentration
phasic development
tdmin 6.00000
tdmax 32.00000
driving temperature air temperature
photoperiodic plant no
delay effect of stress no
cold requirements no
emergence and starting
leaves
phyllotherme 70.00000
bdens 5.00000
laicomp 0.00000
hautbase 0.00000
hautmax 2.50000
tcxstop 35.00000
leaf dynamics LAI
radiation interception
shoot biomass growth
partitioning of biomass in organs
yield formation
roots
frost
water
nitrogen
correspondance code BBCH
cultivar parameters

Save Close

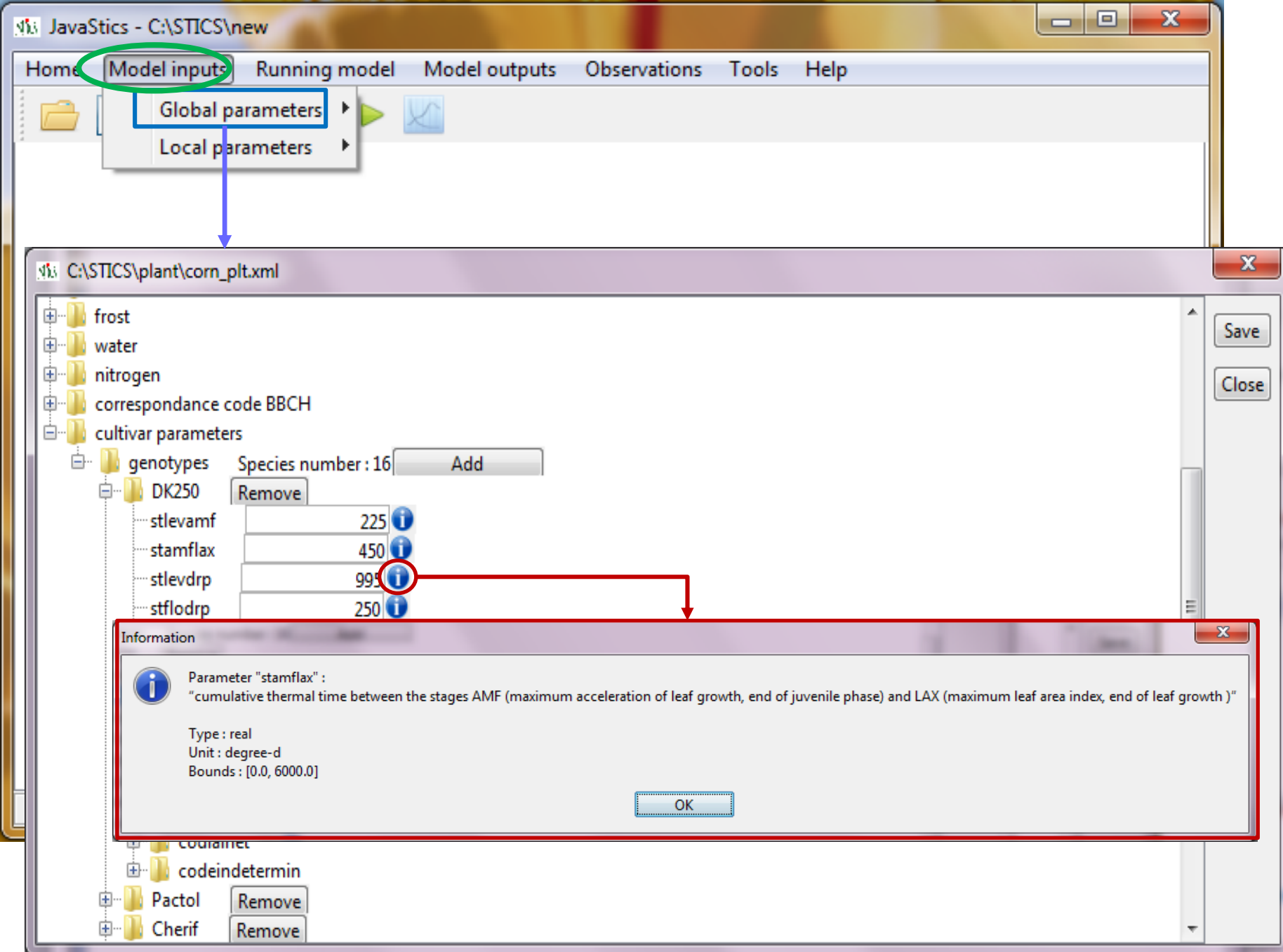
PARAMETRI GENERALI

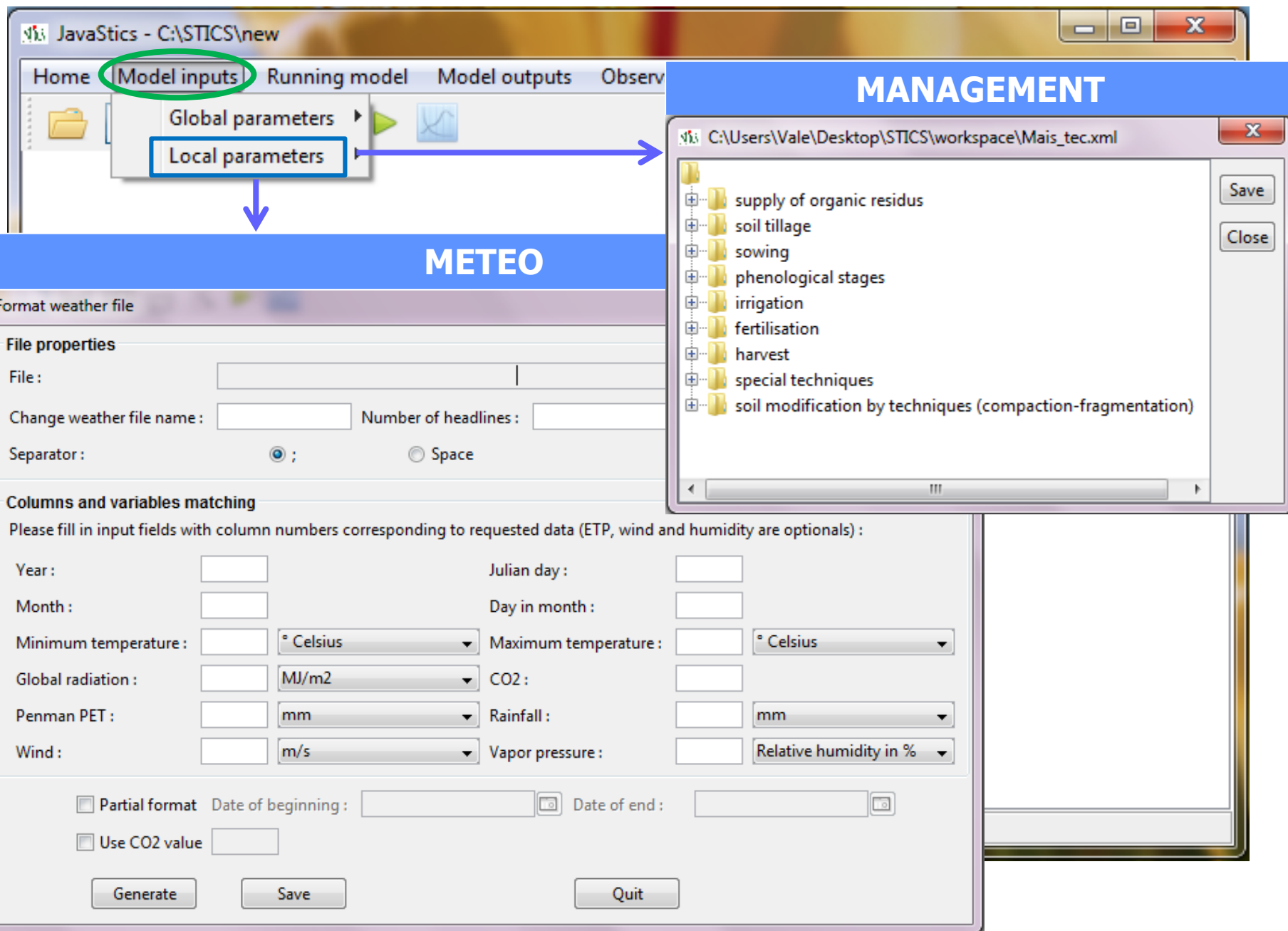
C:\Users\Vale\Desktop\STICS\config\param_gen.xml

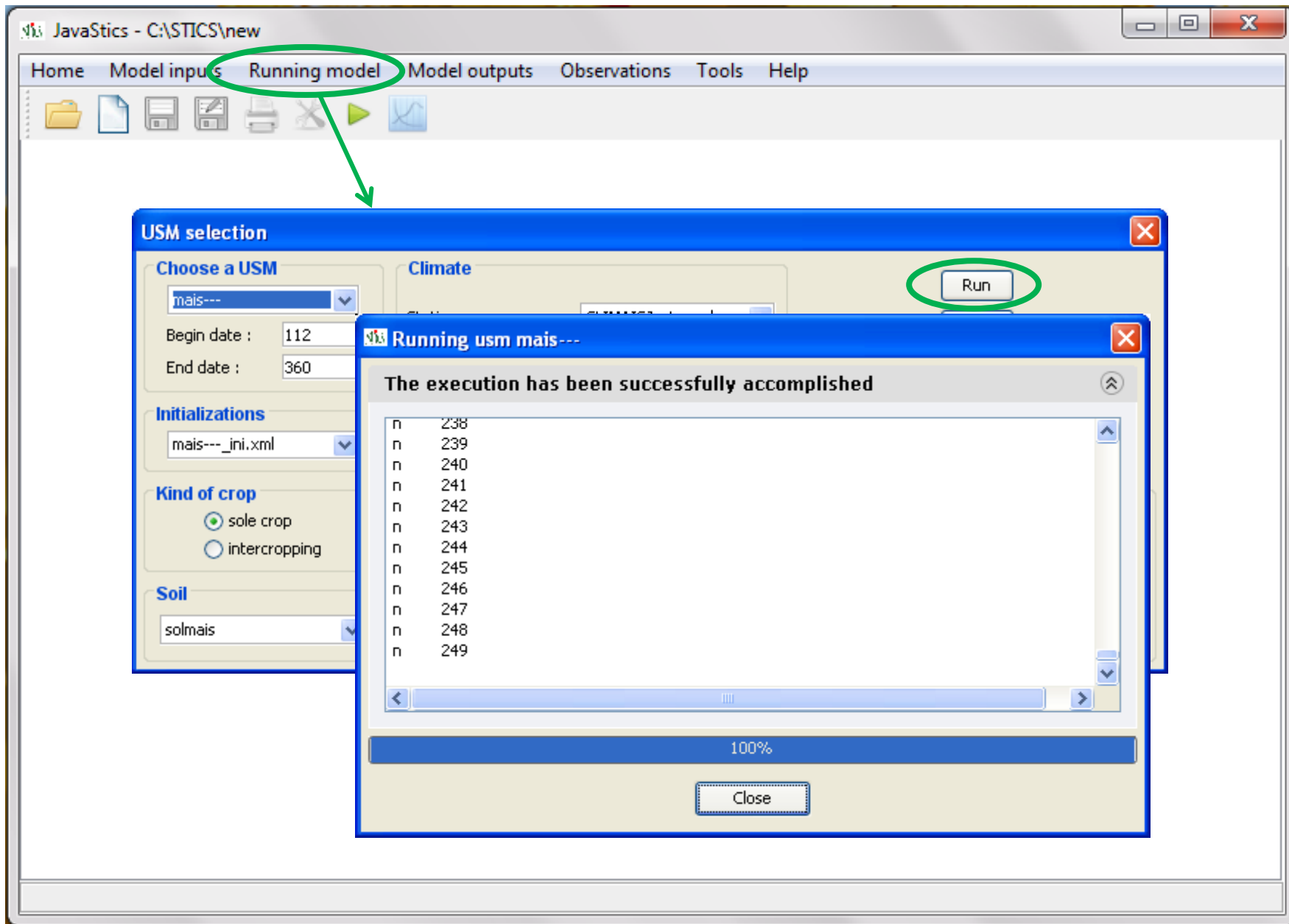
Simulation options
Nitrogen stress activation yes
Water stress activation yes
Optimum mineralisation in bare soil no
Smoothing of initial profiles no
Depth for mineral N and water stocks calculation profmes
Climatic series reset
Biomass and yield conservation after harvest yes
Take account of mulch effect (drying out of soil surface) yes
Fruit load all fruits (including ripe ones)
Hourly microclimate yes
Scientific writing in st2 and report
Separator spaces in report yes
Activation of model sensitivity analysis
flagcriture 31
Radiation interception
parsurr 0.48000
Shoot growth
coefb 0.08150
proprac 0.20000
y0msrac 0.70000
khaut 0.70000
Root growth
Water absorption and nitrogen content of the plant
Soil C and N processes and fertiliser losses
Soil hydrology and compaction
Soil tillage if soil compaction activated
Typology of pebbles fertilisers and residues

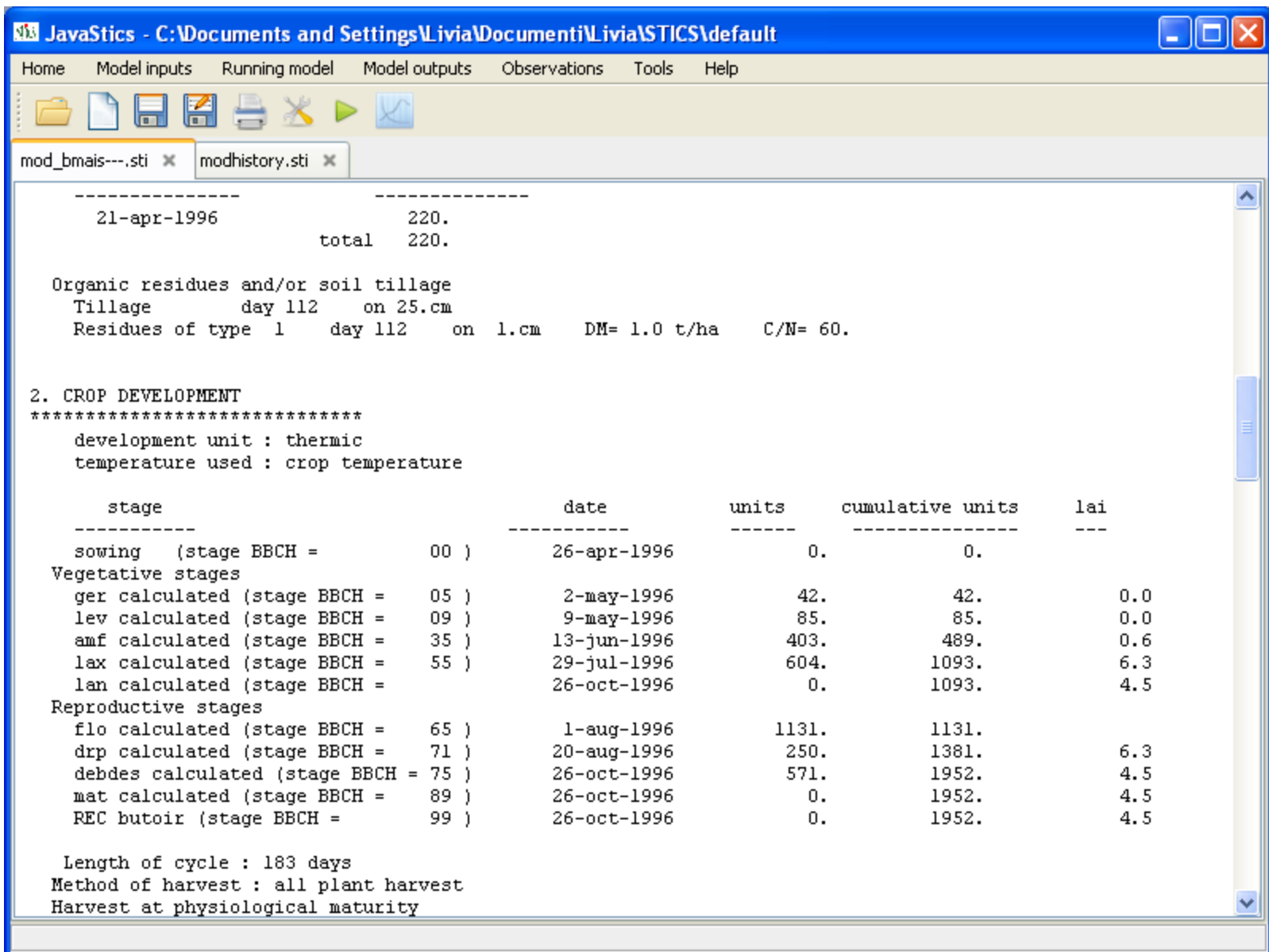
Save Close

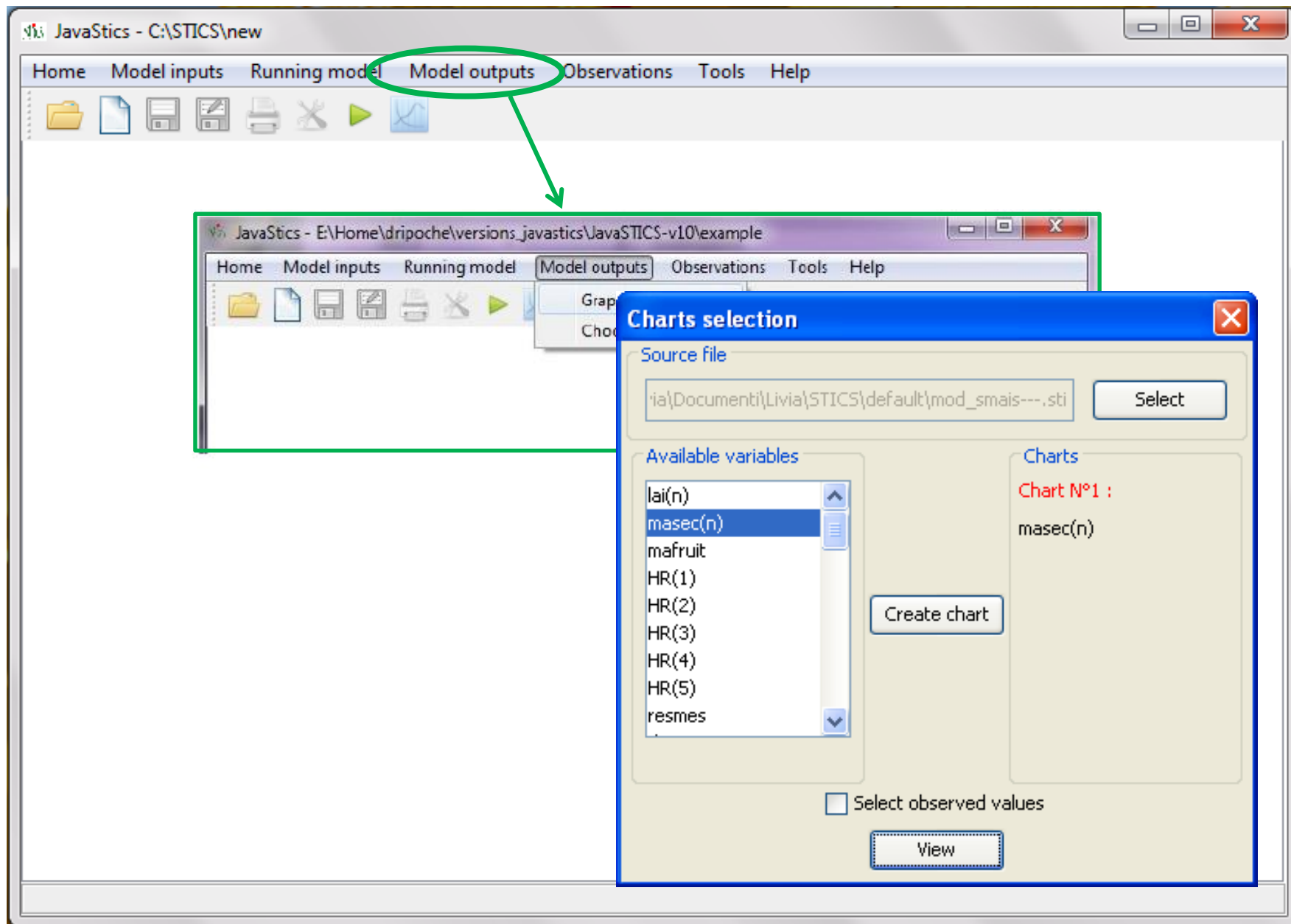


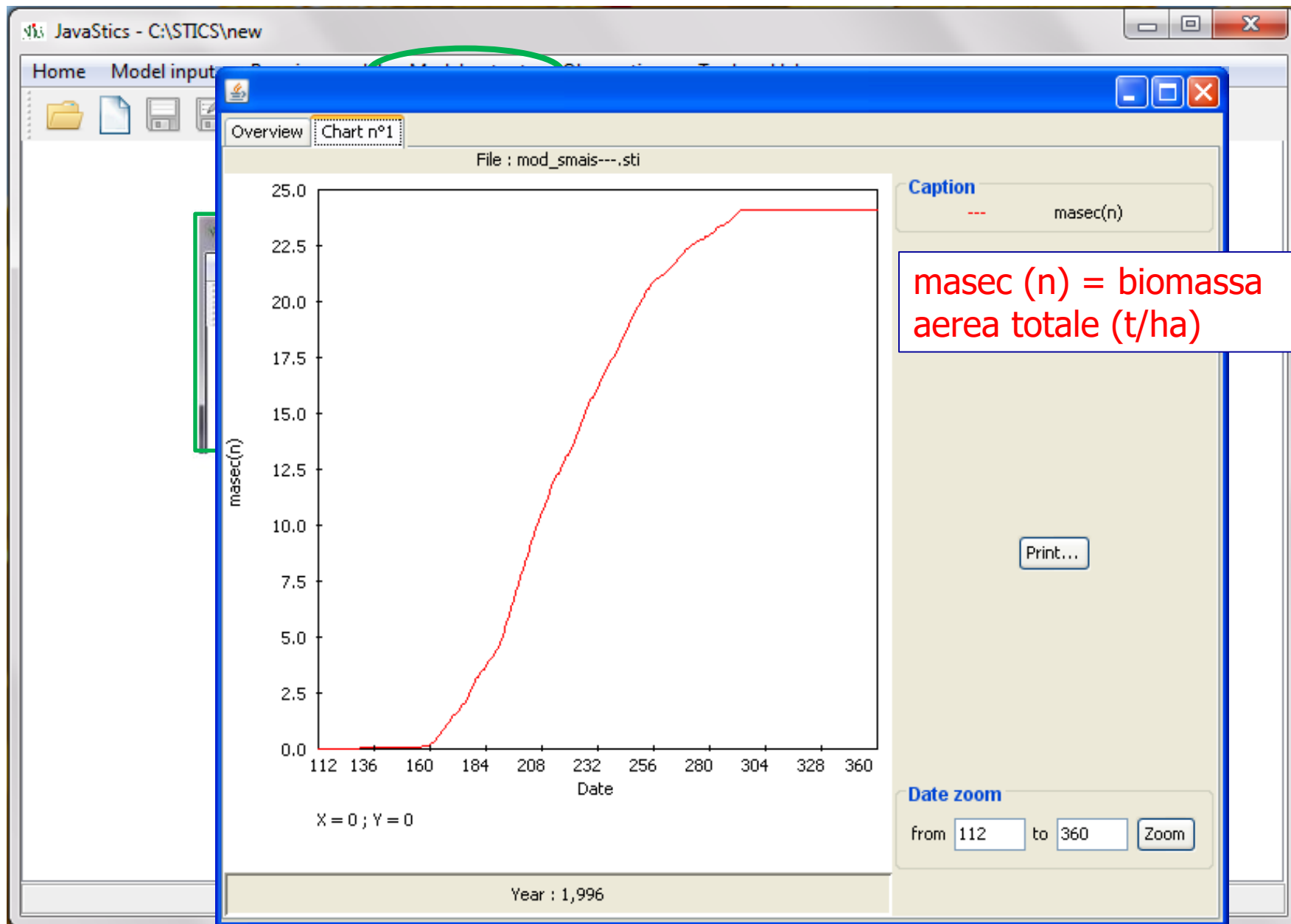








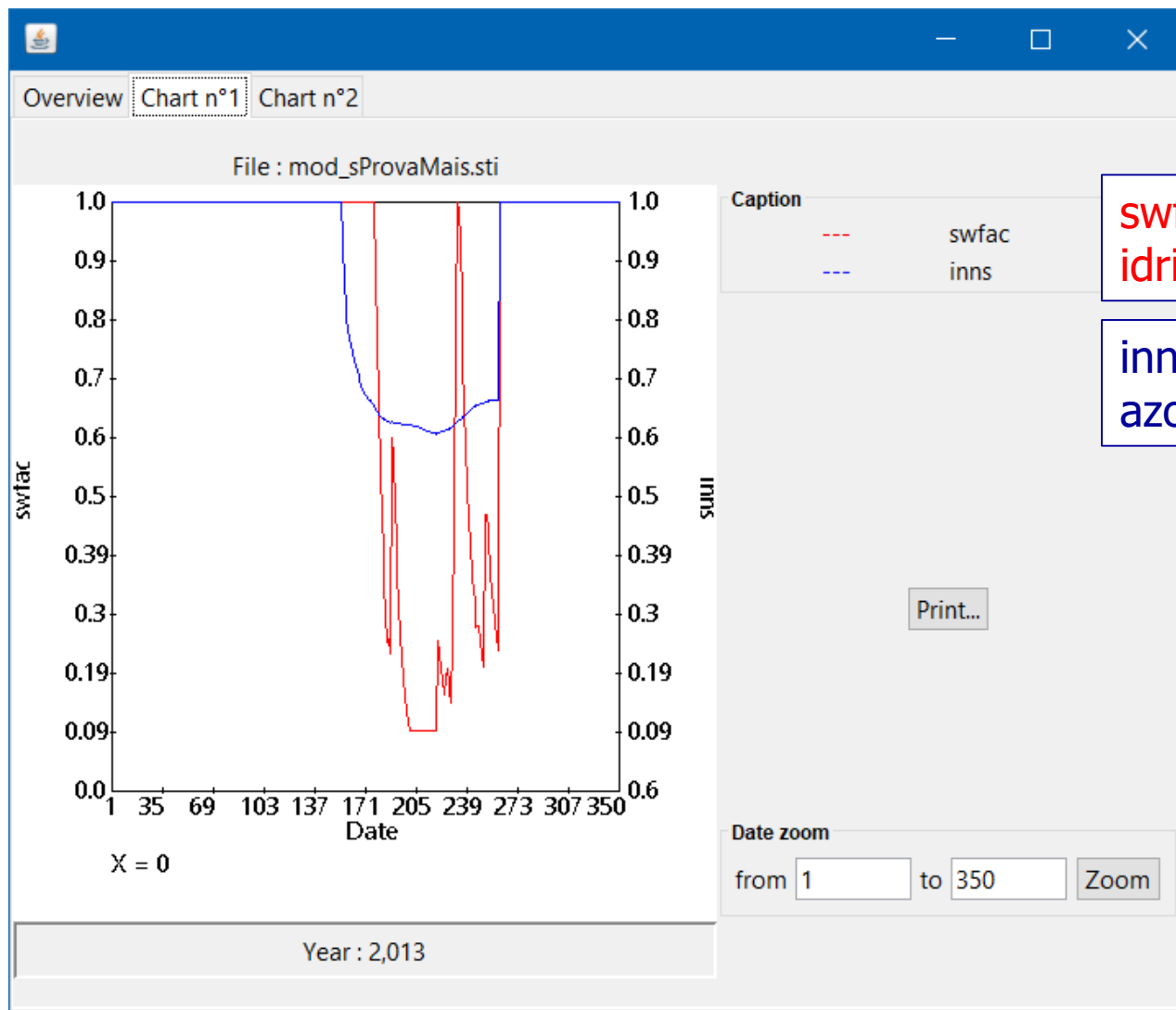






L'interfaccia grafica

Agronomia - Esercitazione



swfac = indice di stress idrico (0-1; 1= no stress)

inns = indice di stress azotato (0-1; 1= no stress)