

# Il climate change e la terra: l'impatto sulle caratteristiche dei suoli viticoli italiani

**Edoardo A.C. Costantini**

Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria,  
CREA-AA Centro di ricerca Agricoltura e Ambiente, Firenze

**[edoardo.costantini@crea.gov.it](mailto:edoardo.costantini@crea.gov.it)**



**fondazione banfi**

**SANGUIS JOVIS**  
ALTA SCUOLA DEL SANGIOVESE



**crea**  
Consiglio per la ricerca in agricoltura  
e l'analisi dell'economia agraria

# In questa lezione

1. Il suolo e le sue funzionalità viticole
2. Effetti sulla vite dell'interazione suolo-clima
3. Cambiamenti climatici e resilienza dei suoli
4. Possibilità agronomiche di adattamento agli effetti dei cambiamenti climatici sulla funzionalità dei suoli viticoli

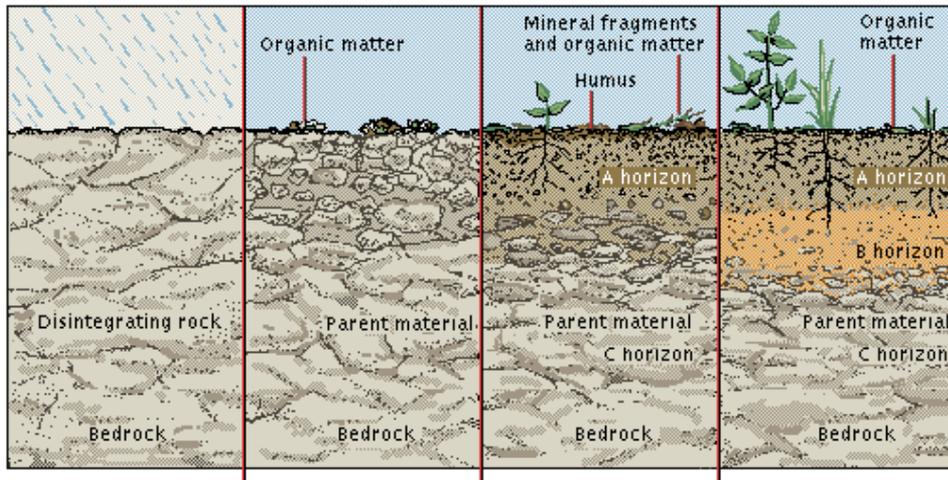


# 1. Il suolo e le sue funzionalità viticole

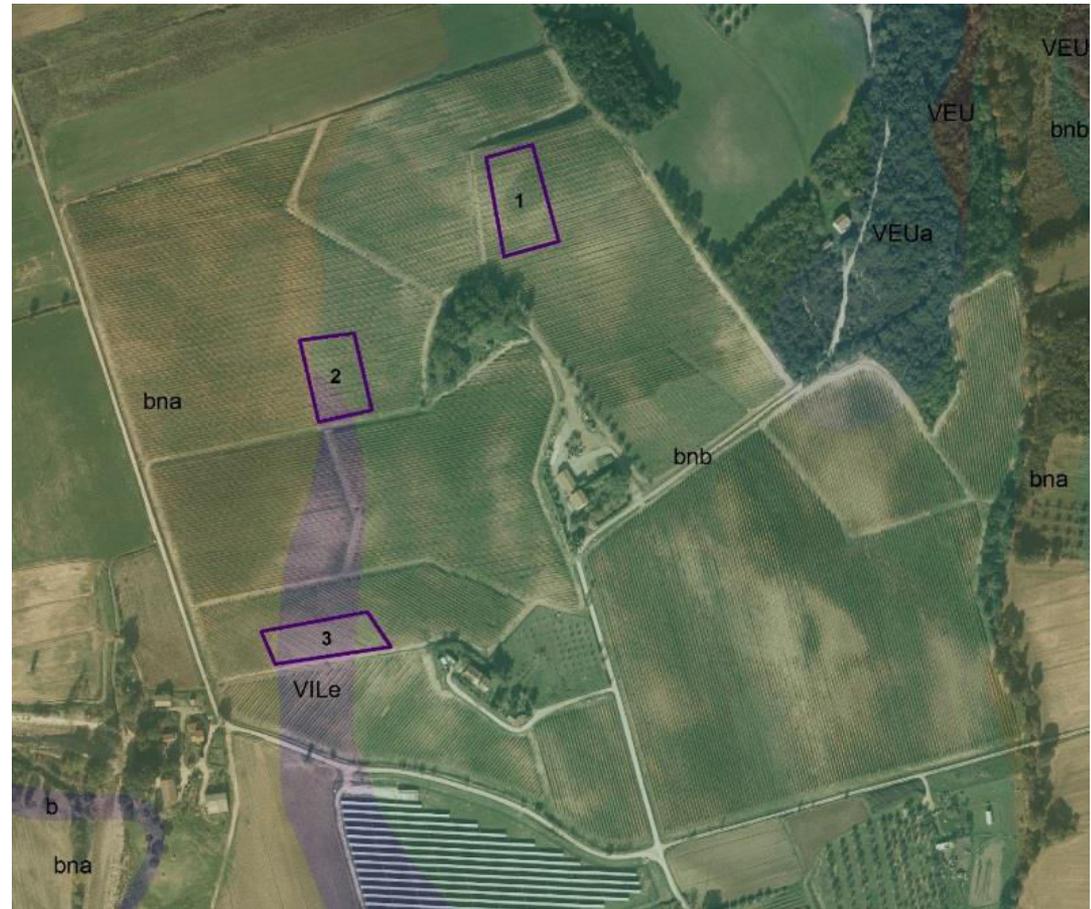
## Cos'è il suolo?

**Suolo (EU):** la parte più esterna della crosta terrestre, situata tra la roccia o il sedimento inalterato e l'atmosfera.

**Corpo naturale** che tende ad auto-organizzarsi nel tempo e nello spazio



# Variazioni del suolo nel profilo e nel paesaggio



# Funzionalità del suolo viticolo

Radicabilità:  
regolazione

Chimica:  
nutrienti

Idrologia:  
acqua

Microbiologia:  
nutrienti, riciclo

Fisica:  
ossigeno

Mesobiologia:  
riciclo



## 2. Effetti sulla vite dell'interazione suolo-clima

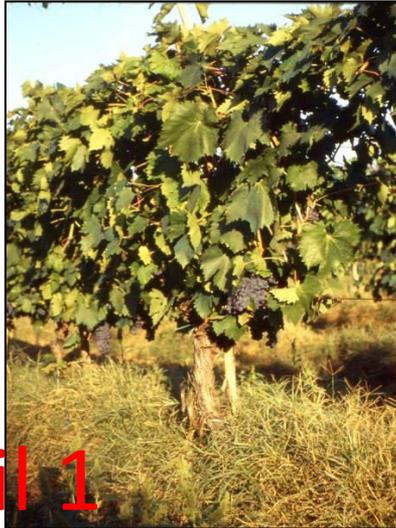
E' dal sistema radicale che partono i segnali ormonali



# Il Sangiovese su tre suoli viticoli nello stesso clima



Soil 1



Soil 2



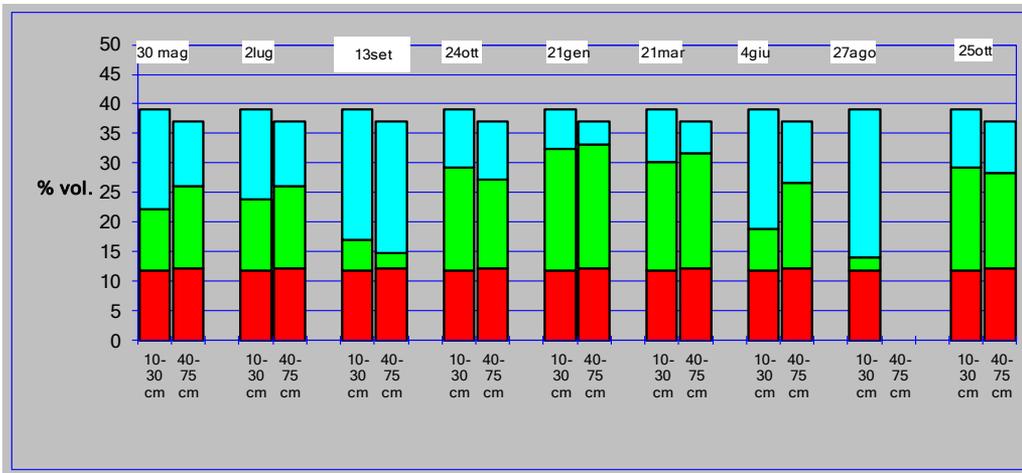
Soil 3



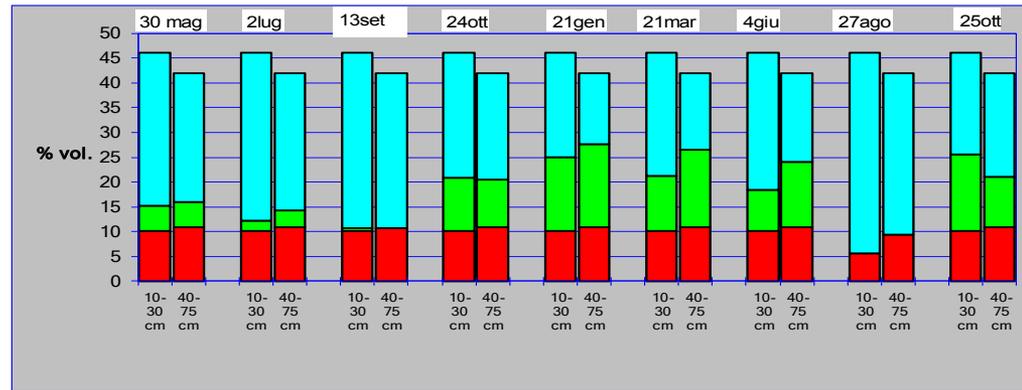
Storchi P., Costantini E.A.C., Bucelli P. (2005) The influence of climate and soil on viticultural and oenological parameters of Sangiovese grapevine under non-irrigated conditions. *Acta Horticulturae*

# Disponibilità idrica e di ossigeno

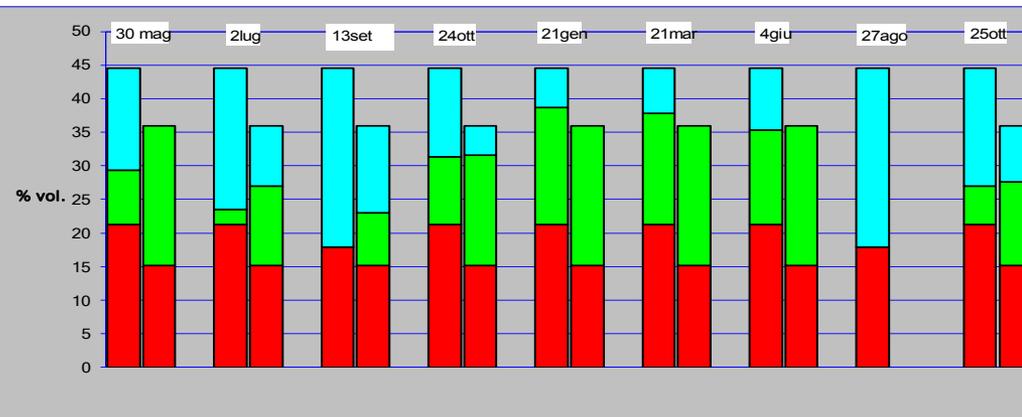
Suolo 1:  $AWC=175$  mm  
 $AC= 10,6\%$



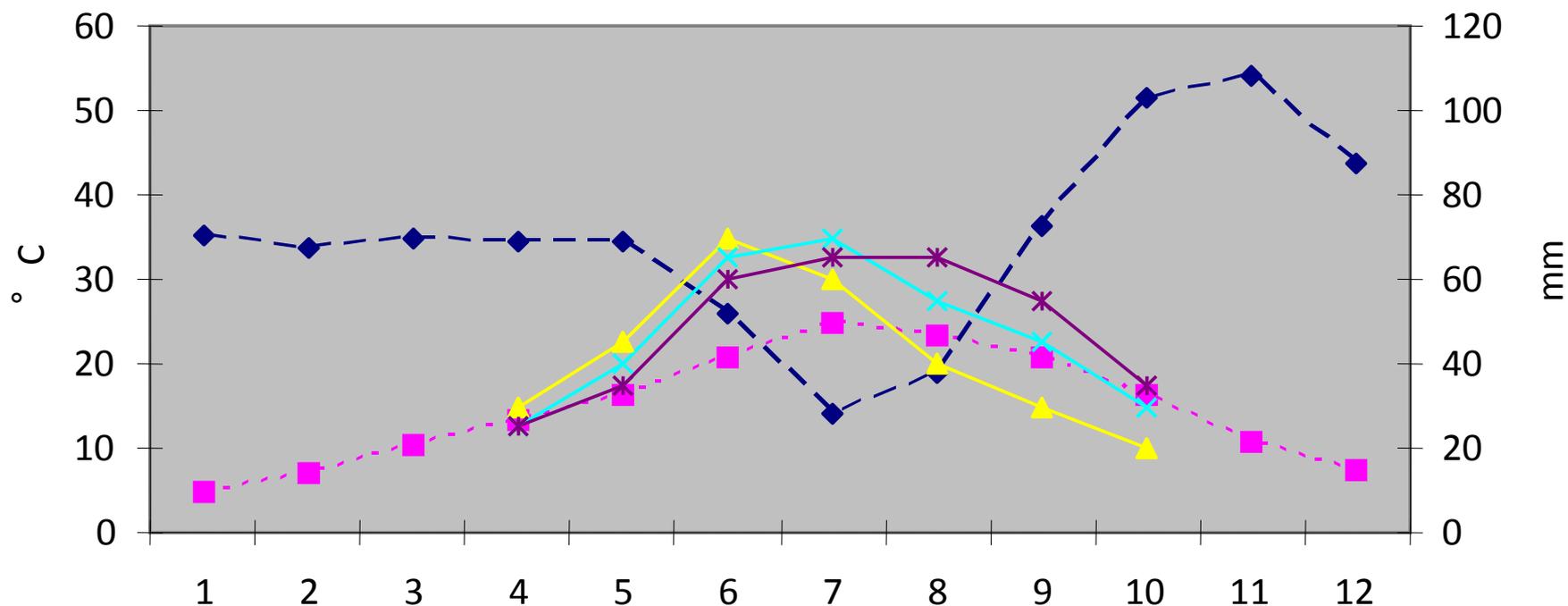
Suolo 2:  $AWC=80$  mm  
 $AC= 16,2\%$



Suolo 3:  $AWC=88$  mm  
 $AC= 1,4\%$



# Evapotranspirazione del Sangiovese in tre suoli viticoli nello stesso clima



Temp. (° C)

Pioggia (mm)

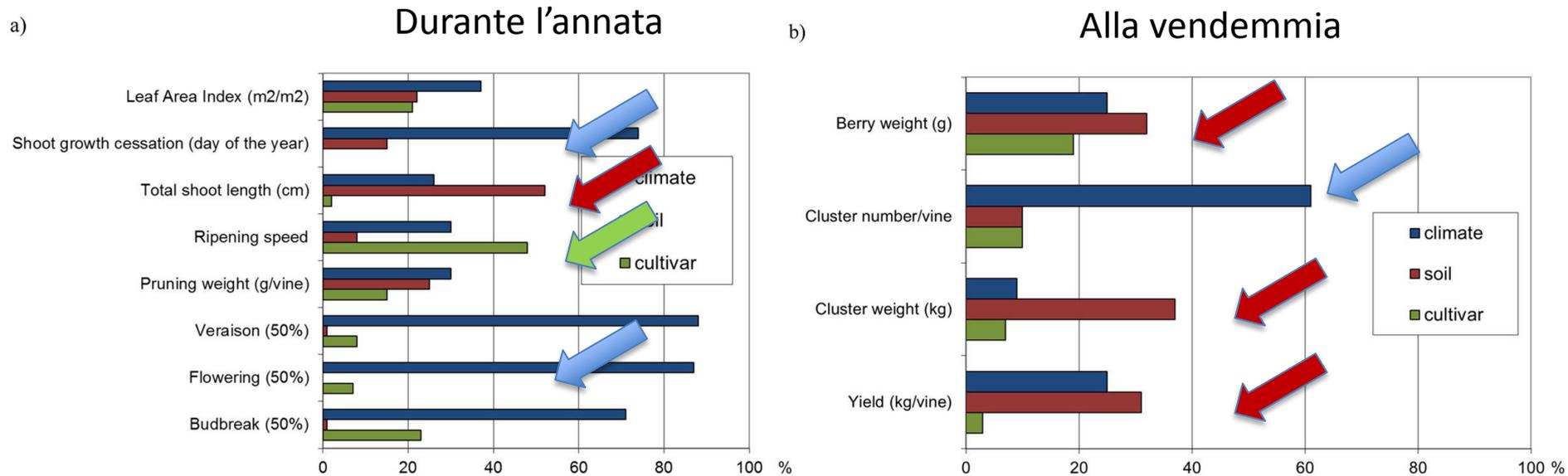
EtcSuolo1 (mm)

EtcSuolo 2 (mm)

EtcSuolo 3 (mm)

# Fattori di variazione dei caratteri fenologici

Merlot, Cabernet franc, Cabernet Sauvignon

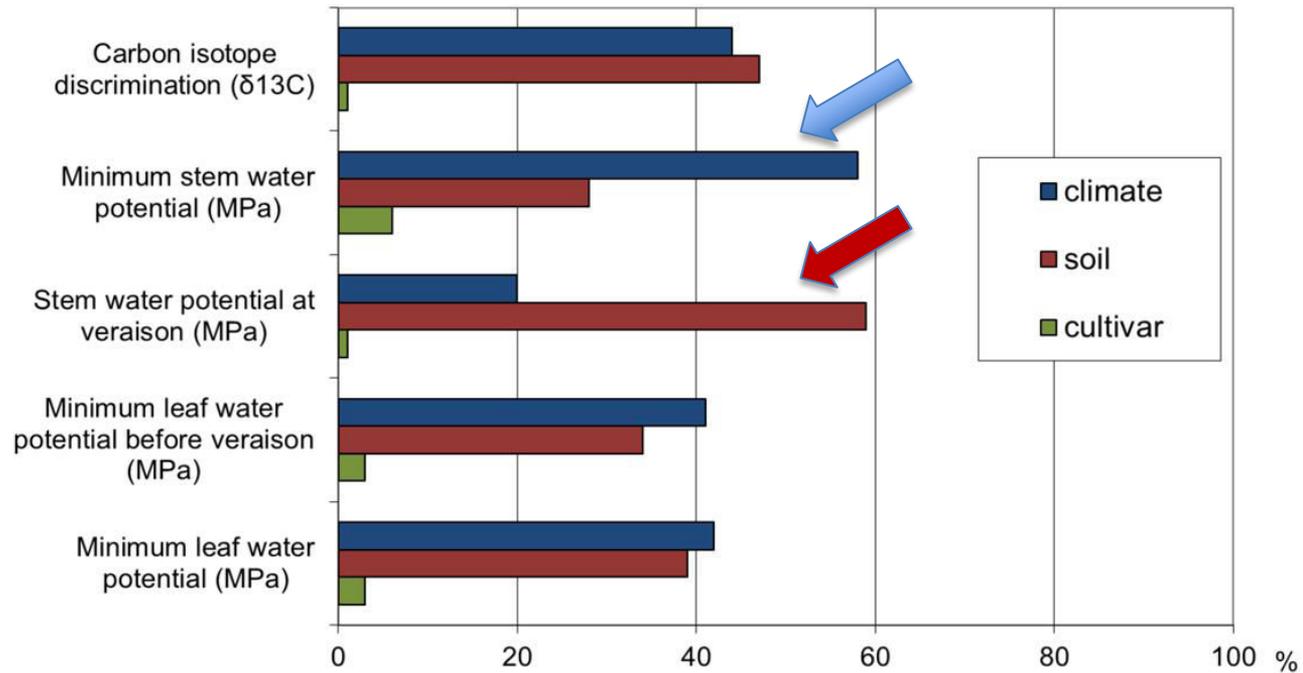


**fondazione banfi**  
SANGUIS JOVIS

Cornelis van Leeuwen, Jean-Philippe Roby and Laure de Rességuier. Soil-related terroir factors: a review  
Oeno Volume 52 > Number 2 > 2018

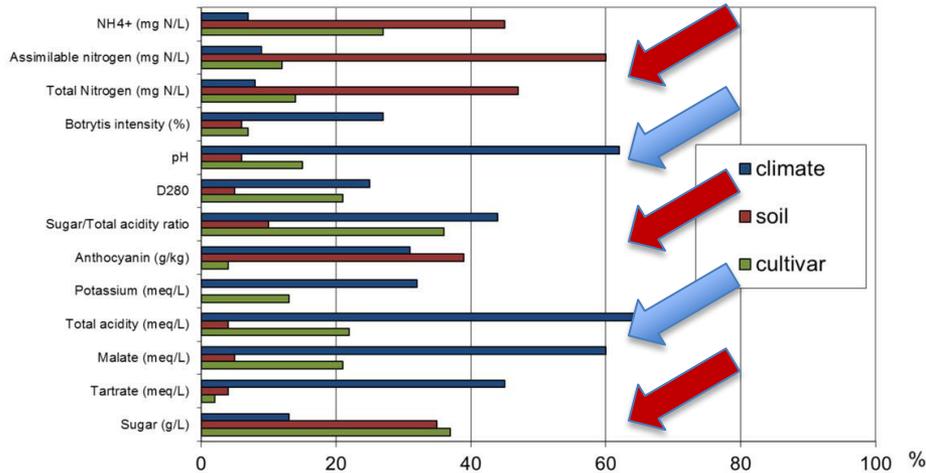
# Fattori di variazione della nutrizione idrica e dello stress idrico

e)

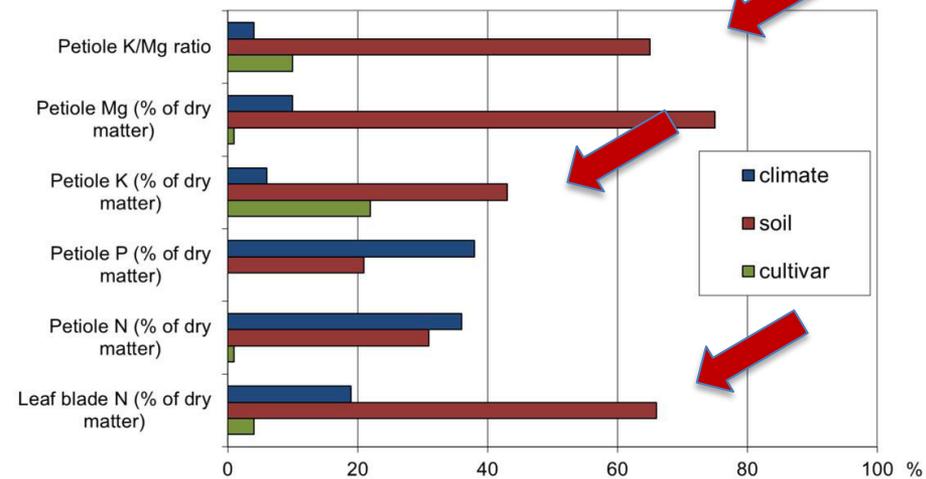


# Fattori di variazione della nutrizione minerale

c)



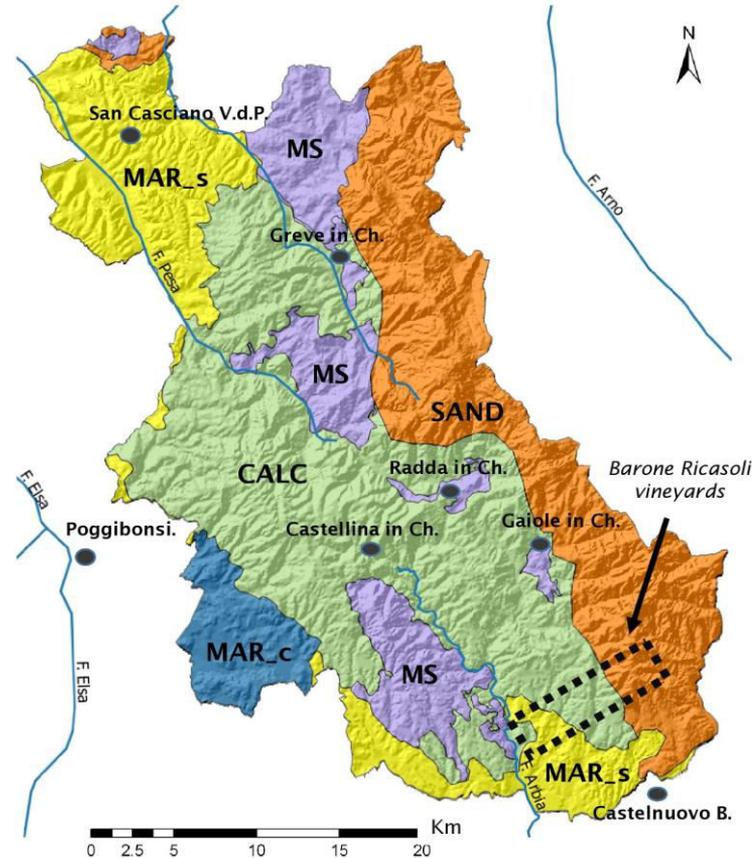
d)



# Risposta viticola e sensoriale del Sangiovese alle variazioni di clima, geologia e suolo



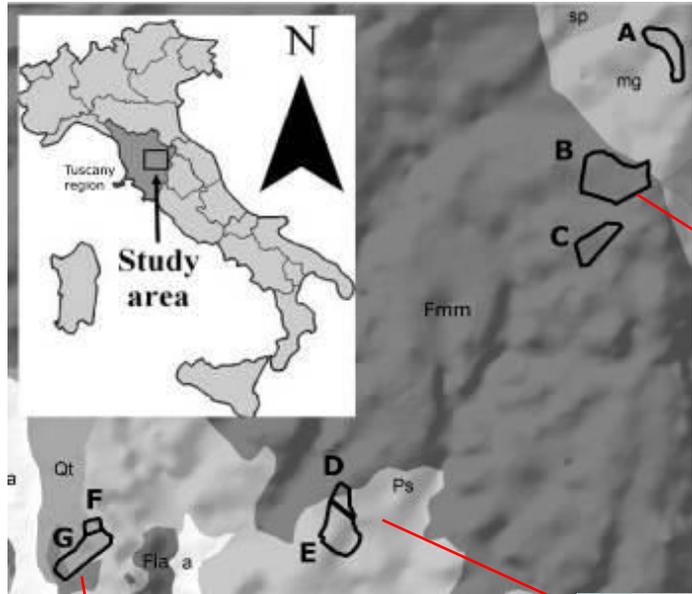
**Macroterroir (MT):**  
a) arenarie, b) flysh, c)  
sabbie, d) alluvioni



**fondazione banfi**  
SANGUIS JOVIS

Simone Priori, Sergio Pellegrini, Rita Perria, Sergio Puccioni, Paolo Storchi, Giuseppe Valboa, Edoardo A.C. Costantini, Scale effect of terroir under three contrasting vintages in the Chianti Classico area (Tuscany, Italy), *Geoderma*, Volume 334, 15 January 2019, Pages 99-112. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.07.048>

# Macro-terroir



**SAND:** Feldspathic sandstone (Oligocene), elevation: 400-500 m a.s.l.



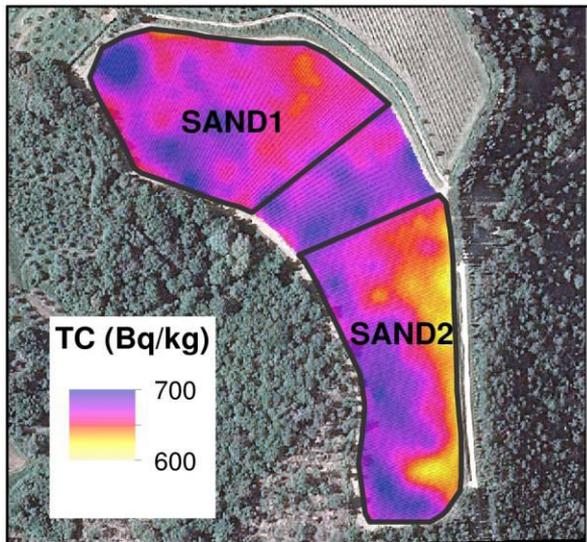
**CALC:** Clay-calcareous flysch (Cretaceous) elevation: 350-450 m a.s.l.



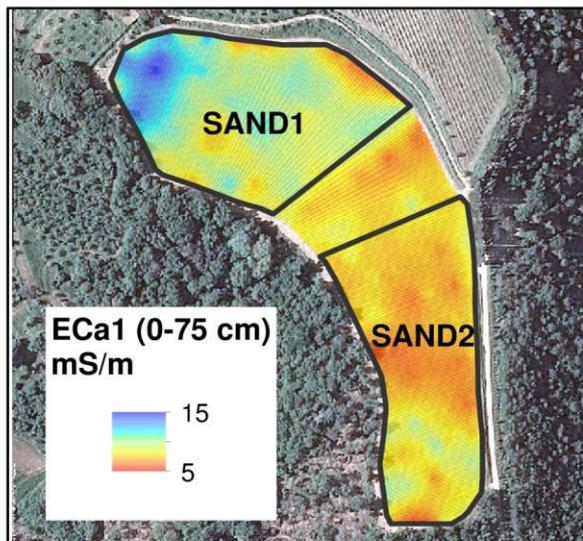
**FLUV:** Ancient fluvial terraces; elevation: 250-300 m a.s.l.



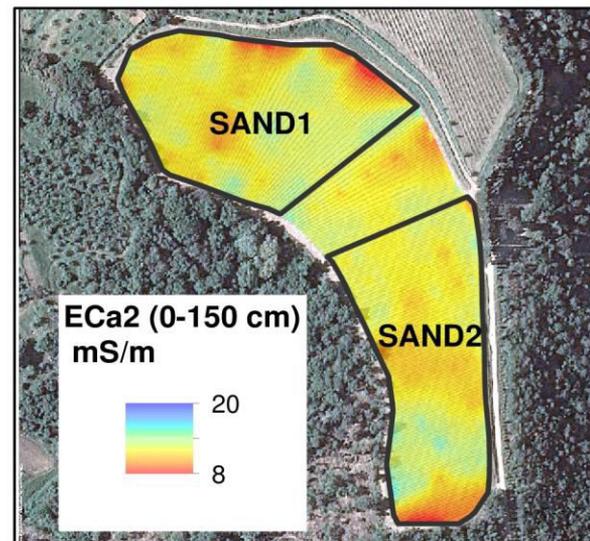
**MAR:** Marine deposits (Pliocene), elevation: 300-350 m a.s.l.



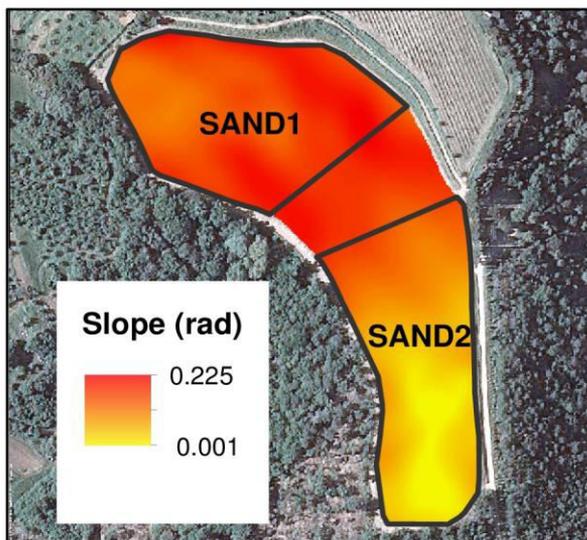
**Gamma-ray TC (Bq/kg)**



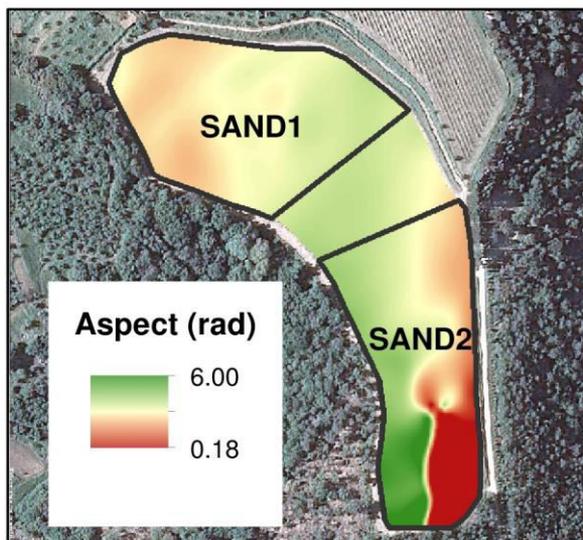
**ECa1 (mS/m)**



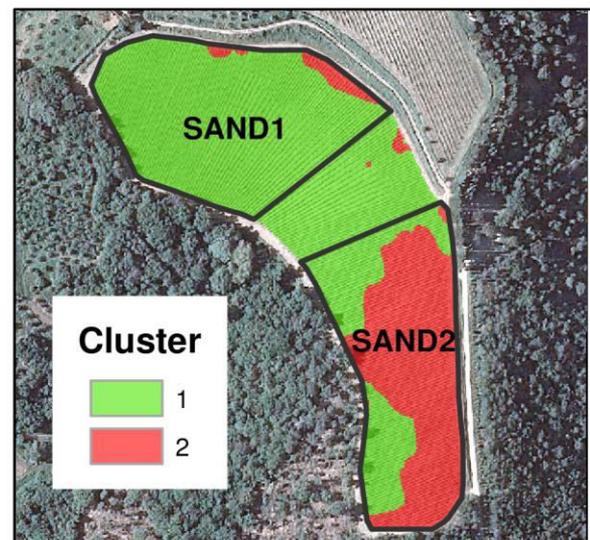
**ECa2 (mS/m)**



**Slope (rad)**

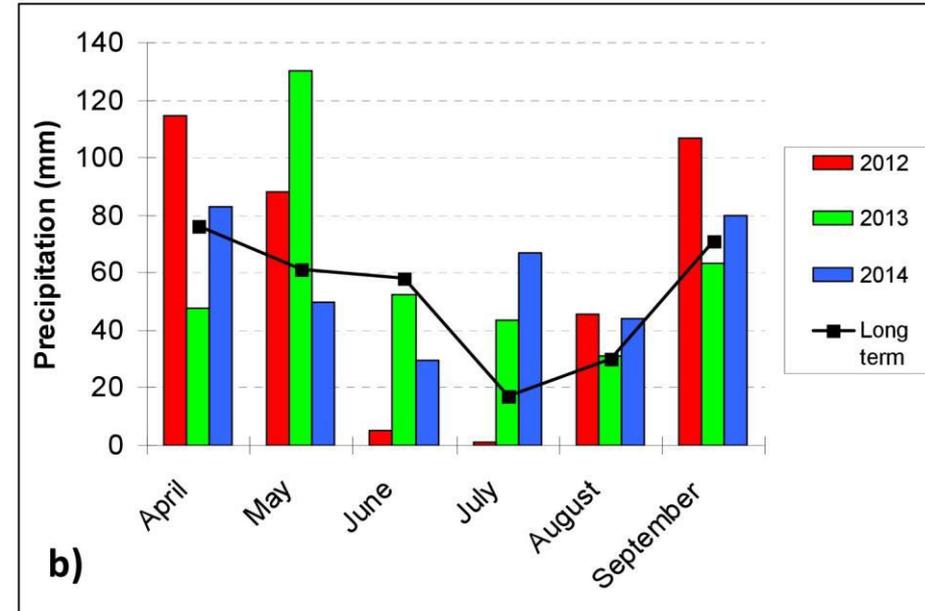
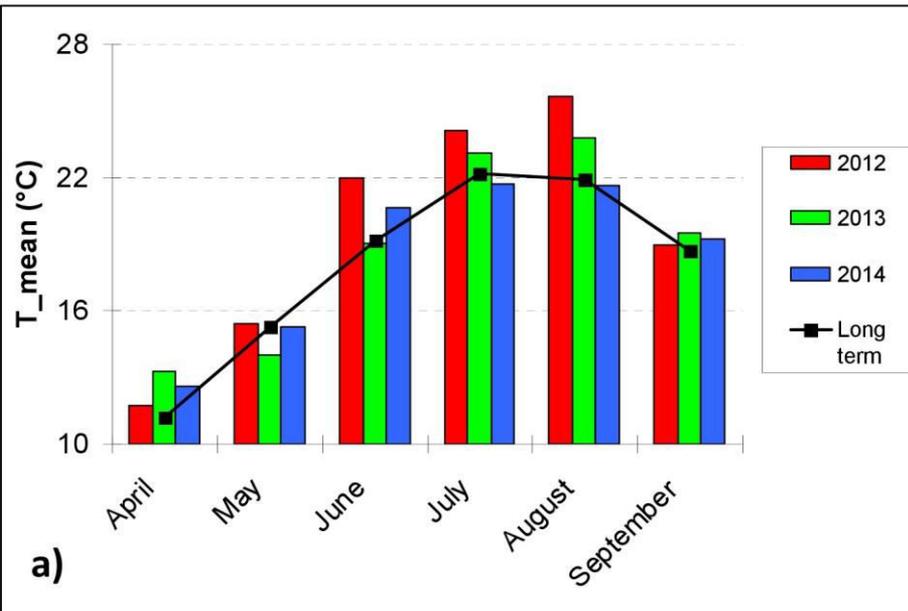


**Aspect (rad)**



**Cluster**

# Il clima e le annate in prova



fondazione banfi

SANGUIS JOVIS

# Vigneti su su arenaria feldspatica (SAND)

- Vini con colore più debole e acidità totale più bassa.
- Alla degustazione i vini sono eleganti e profumati ma hanno il più basso colore e acidità.
- Maggiore intensità del sapore e fruttato e note floreali in SAND2 rispetto a SAND1 in tutte le annate
- La relazione inversa tra pH del suolo e vino è stata trovata anche da altri autori e potrebbe essere dovuta a due cause principali: alto contenuto di potassio e molto basso contenuto di carbonato di calcio nel terreno.



# Vigneti su flysch argilloso-calcareo (CALC)

- Le analisi dei vini indicano intensità di colore, alcol, antociani e estratto secco più alti.
- La degustazione di vini ha confermato i risultati dei dati analitici: vini con colore più forte, note sensoriali e aromi più forti
- Differenze non significative tra le UTB CALC1 e CALC2



**fondazione banfi**

**SANGUIS JOVIS**

# Vigneti su depositi marini (MAR)



- I vini con estratto secco e glicerina inferiori rispetto alla media, intensità del colore intermedia
- UTB: vini con alcool basso (MAR1) o medio (MAR2).
- MAR2, con suoli sabbiosi limosi, bassissima fertilità, ricchi di ghiaia produce vini caratterizzati da un alta intensità di sapore e note floreali e fruttate più elevate di MAR1.
- Le differenze tra le due UTB sono scomparse durante l'annata 2014, la più umida.

# Vigneti su antiche terrazze fluviali (FLUV)

- Vini con più polifenoli, estratto secco, intensità di colore e contenuto di glicerina.
- La degustazione dei vini ha mostrato nel 2013 maggiore intensità di colore in FLUV1 che in FLUV2 e nel 2014 più alte note di fruttato.



**fondazione banfi**

**SANGUIS JOVIS**

# Fattori di variazione della risposta viticola

Variable		% variability due to:		
		MT	vintage	MT x vintage
Must	Must sugar	24,2	4,6	<b>31,5</b>
	Must pH	<b>48,4</b>	15,9	19,1
	Must malic acid	17,8	<b>75,8</b>	3,7
Wine	Total acidity	<b>40,5</b>	25,1	15,8
	Polyphenols	20,0	<b>64,8</b>	4,7
	Anthocyanins	23,4	<b>45,4</b>	20,7
	Dry extract	19,0	<b>44,8</b>	25,7
	Glycerine	<b>43,5</b>	4,3	26,6
	Colour intensity	<b>56,0</b>	1,1	30,0



**fondazione banfi**

SANGUIS JOVIS

# Fattori di variazione della risposta sensoriale

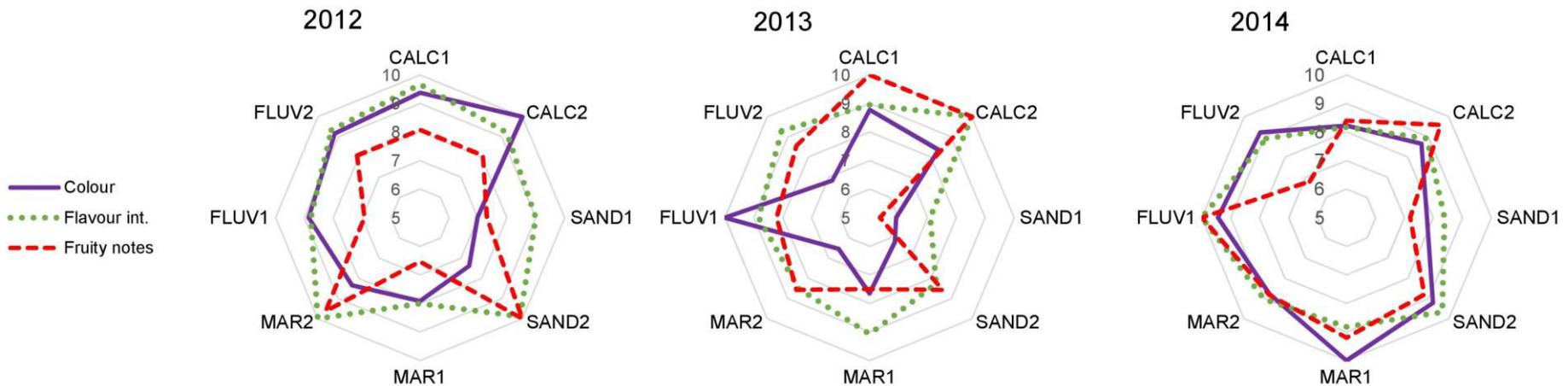
Tasting parameter	% variability due to:		
	MT	vintage	MT x vintage
Colour	<b>15,0</b>	4,1	8,7
Flavour	0,2	4,3	<b>5,3</b>
Fruity	2,5	1,5	<b>3,6</b>
Floral	0,3	1,1	<b>5,8</b>
Herbaceous	0,1	<b>8,0</b>	1,2
Spicy	0,6	<b>5,9</b>	1,2
Body	1,6	3,8	<b>11,6</b>
Acidity	4,3	<b>4,9</b>	4,4
General Eval.	0,6	0,5	<b>17,6</b>



**fondazione banfi**

**SANGUIS JOVIS**

# L'effetto terroir si è esaltato nel 2012 e 2013, annate più calde e asciutte



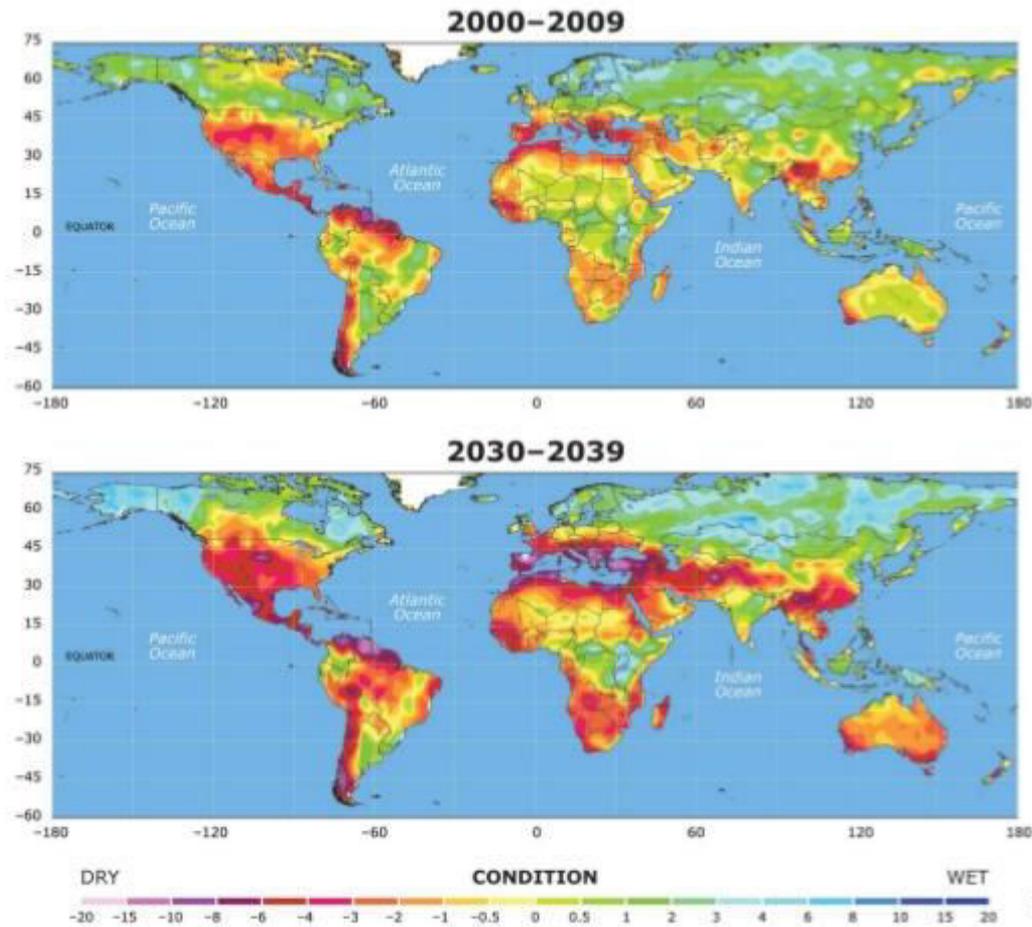
# Effetto del MT, delle UTB e dell'annata

- Il clima dell'annata agisce sul contenuto di acido malico, polifenoli, antociani ed estratto secco.
- MT (geologia e caratteristiche mesoclimatiche) forniscono alcune delle principali peculiarità del vino nel tempo.
- L'interazione clima dell'annata-MT è responsabile della valutazione complessiva del vino
- Le UTB all'interno dei MT (caratteristiche fisico-idrologiche del suolo) sono responsabili del carattere distintivo del vino soprattutto durante le annate asciutte.



# 3. Cambiamenti climatici e resilienza dei suoli

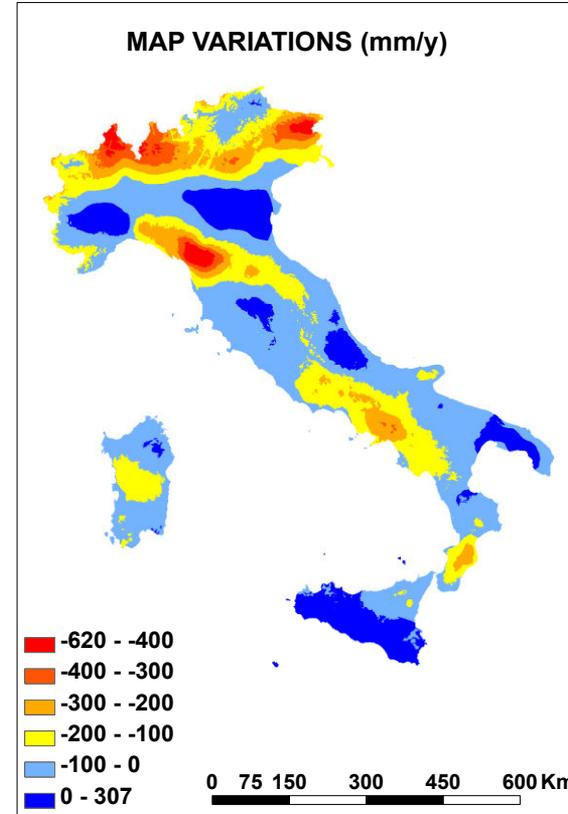
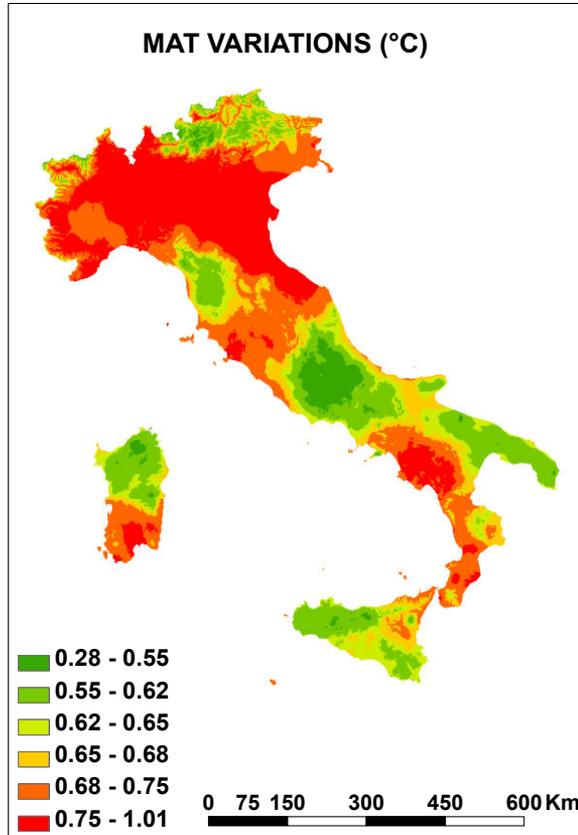
**Climate change: Drought may threaten much of globe within decades**



From NCAR



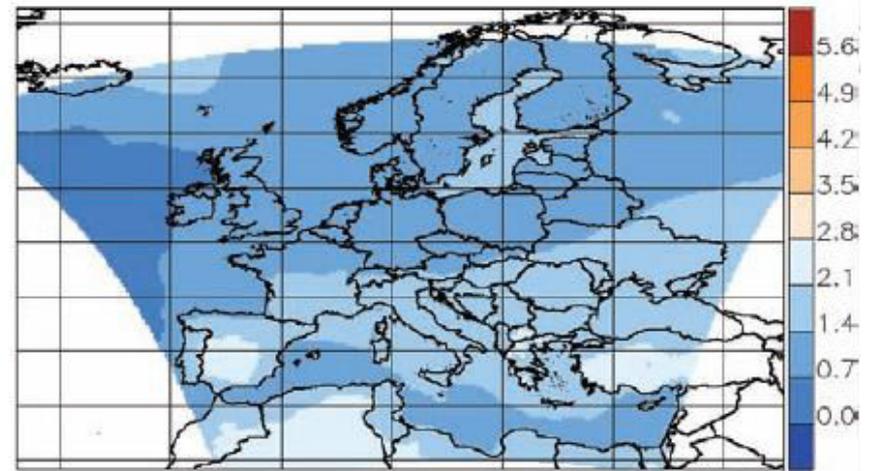
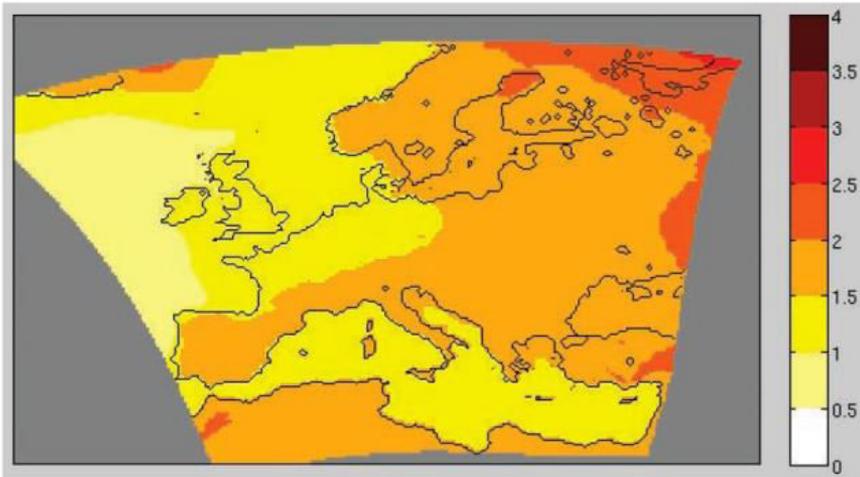
# Variazioni delle temperature e delle piogge dal 1961-1990 al 1991-2006



**fondazione banfi**  
**SANGUIS JOVIS**

Fantappiè M., L'Abate G., Costantini E.A.C. (2011). The influence of Climate Change on the Soil Organic Carbon Content in Italy from 1979 to 2008. *Geomorphology* 135, 343–352

# Temperature medie annuali ed estive 2021-2050 versus 1961-1990, scenario A1b



- average of 50 climatic predictions - model: *ensemble mean* – RCM

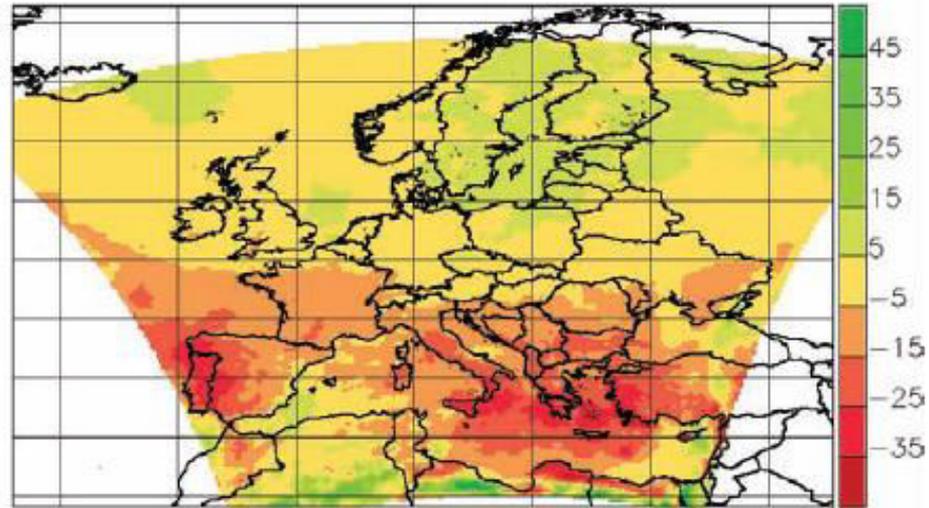
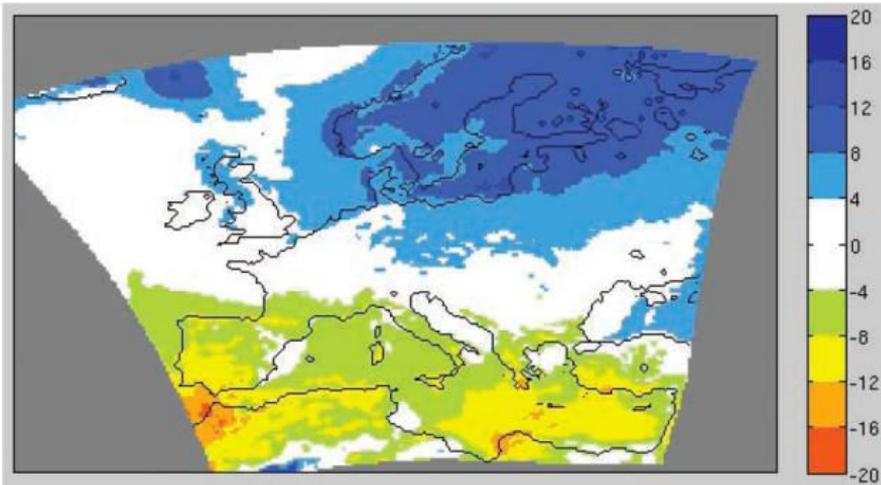
[//ensemble.eu.metoffice.com/docs/Ensembles\\_final\\_report\\_Nov09.pdf](http://ensemble.eu.metoffice.com/docs/Ensembles_final_report_Nov09.pdf)



**fondazione banfi**

SANGUIS JOVIS

# Precipitazioni totali ed estive 2021-2050 versus 1961-1990, scenario A1b



- average of 50 climatic predictions - model: *ensemble mean* – RCM  
[//ensemble.eu.metoffice.com/docs/Ensembles\\_final\\_report\\_Nov09.pdf](http://ensemble.eu.metoffice.com/docs/Ensembles_final_report_Nov09.pdf)

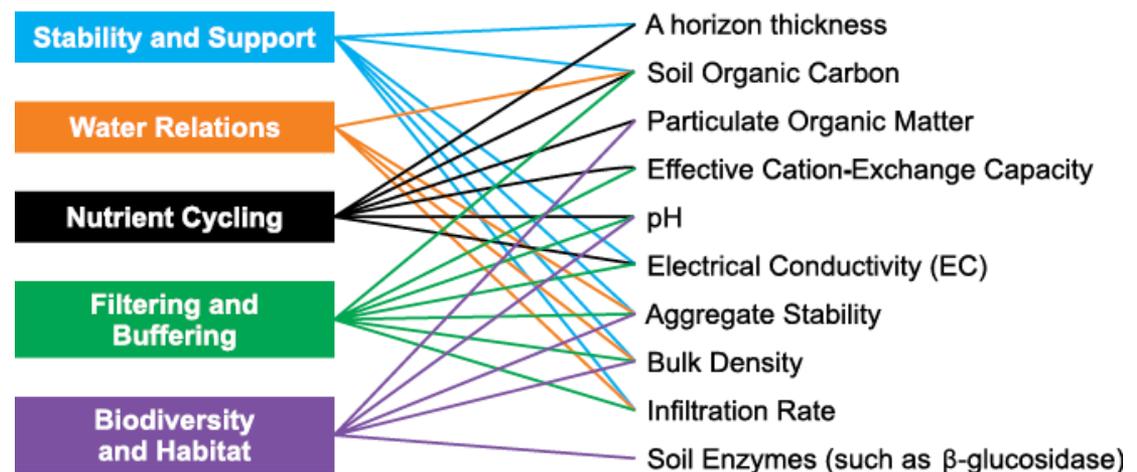


**fondazione banfi**

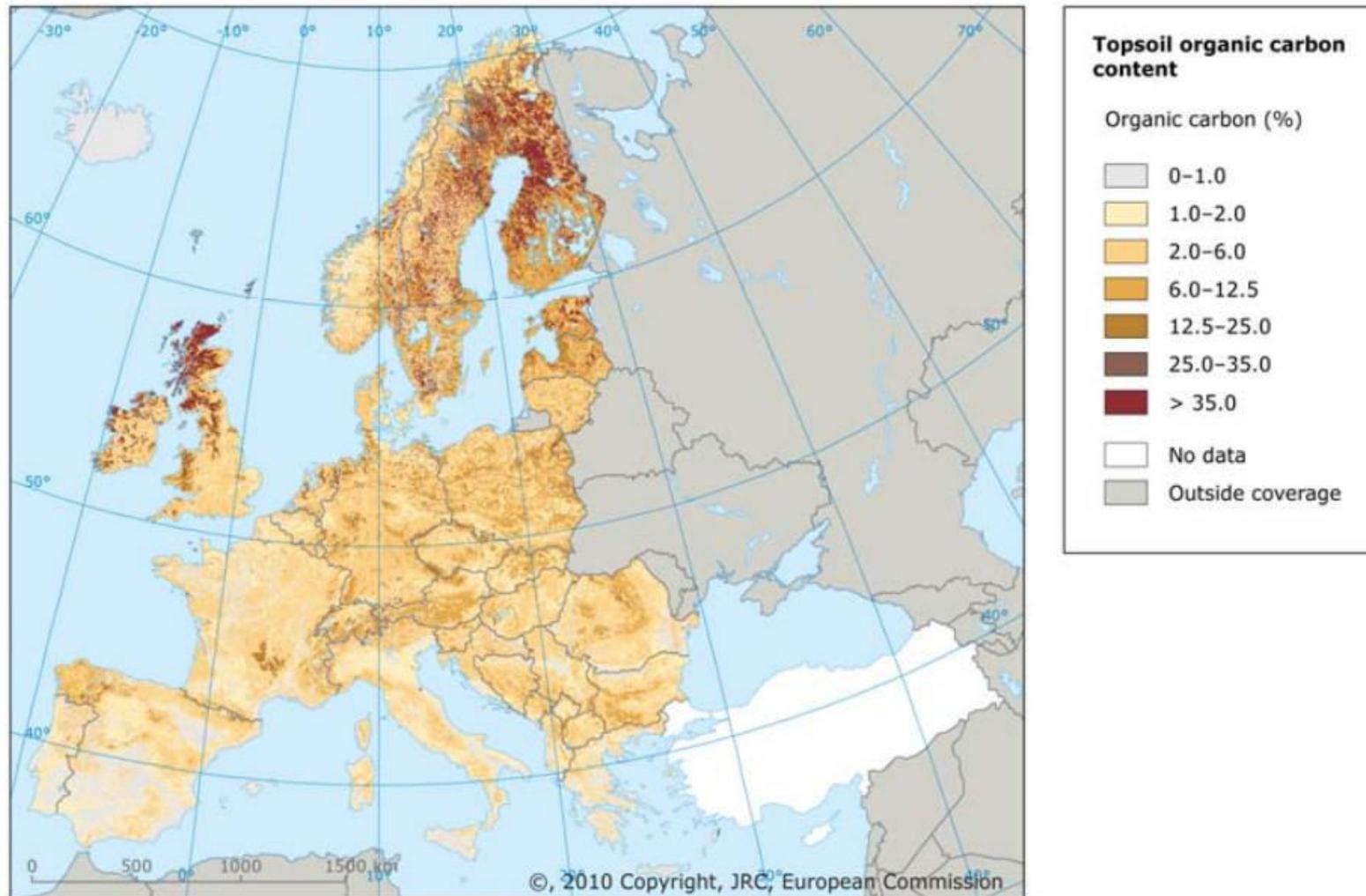
SANGUIS JOVIS

# Cambiamenti climatici e proprietà del suolo viticolo

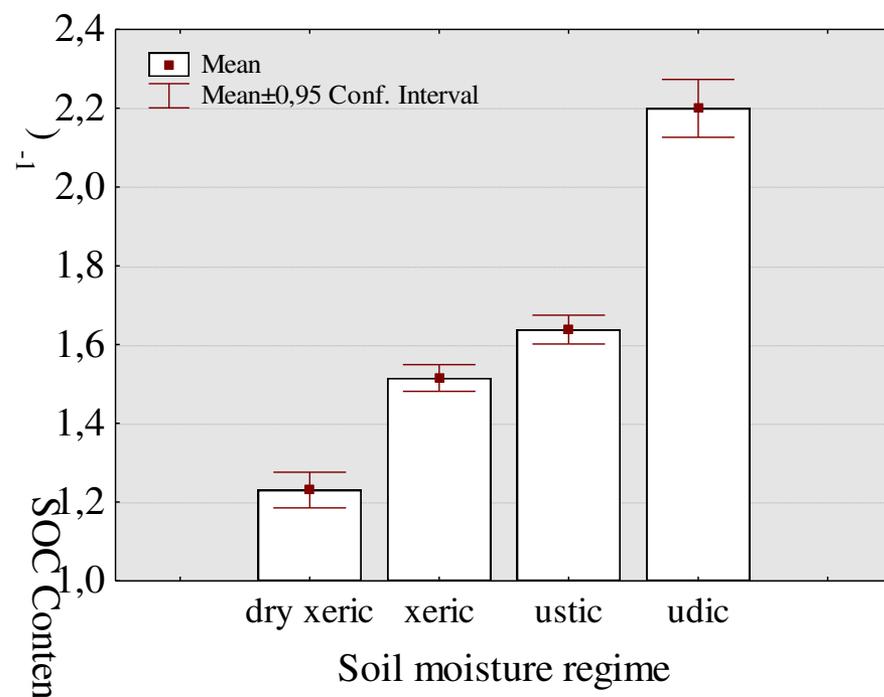
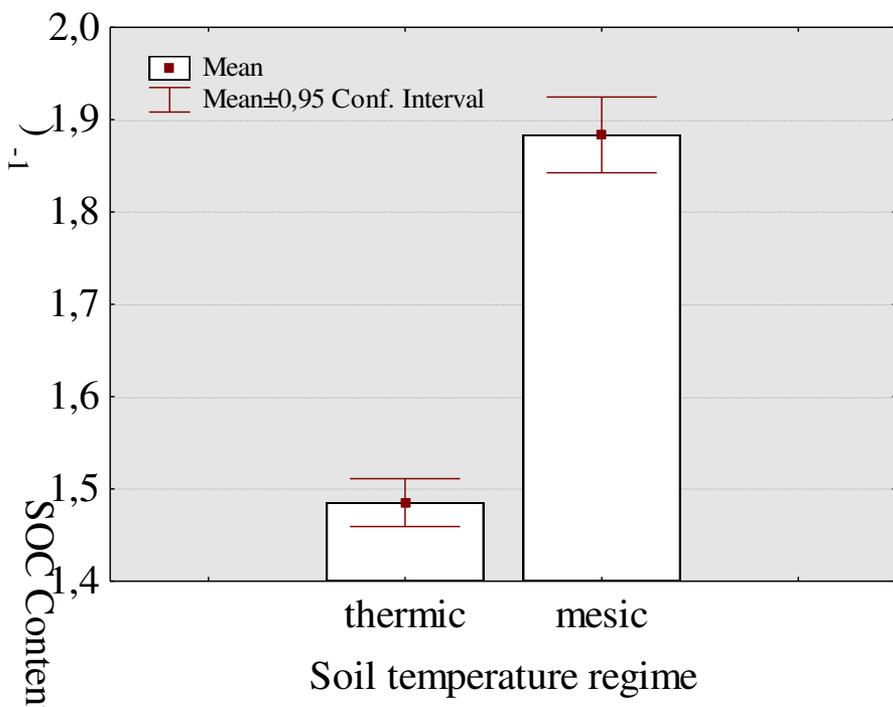
- Sostanza organica
- Calcare totale e attivo
- Salinità
- Aridità



# I suoli italiani sono poveri di SOC (JRC, 2010)



# Clima e sostanza organica del suolo



# Usi del suolo e sostanza organica (primi 30 cm; 8579 siti)

SOC	n	e. s.	Uso del suolo
1,10	1225	0,05	Vigneti
1,11	1405	0,03	Oliveti
1,14	343	0,08	Zone agricole eterogenee
1,18	129	0,15	Risaie
1,19	65	0,19	Aree urbanizzate
1,19	192	0,12	Colture orticole
1,30	8548	0,02	Seminativi non irrigui
1,39	106	0,22	Zone aperte con vegetazione rada o assente
1,56	1815	0,05	Prati stabili
1,65	1031	0,11	Frutteti
2,07	14	1,29	Zone umide
2,08	672	0,13	Praterie di alta quota
2,30	2019	0,10	Prati stabili

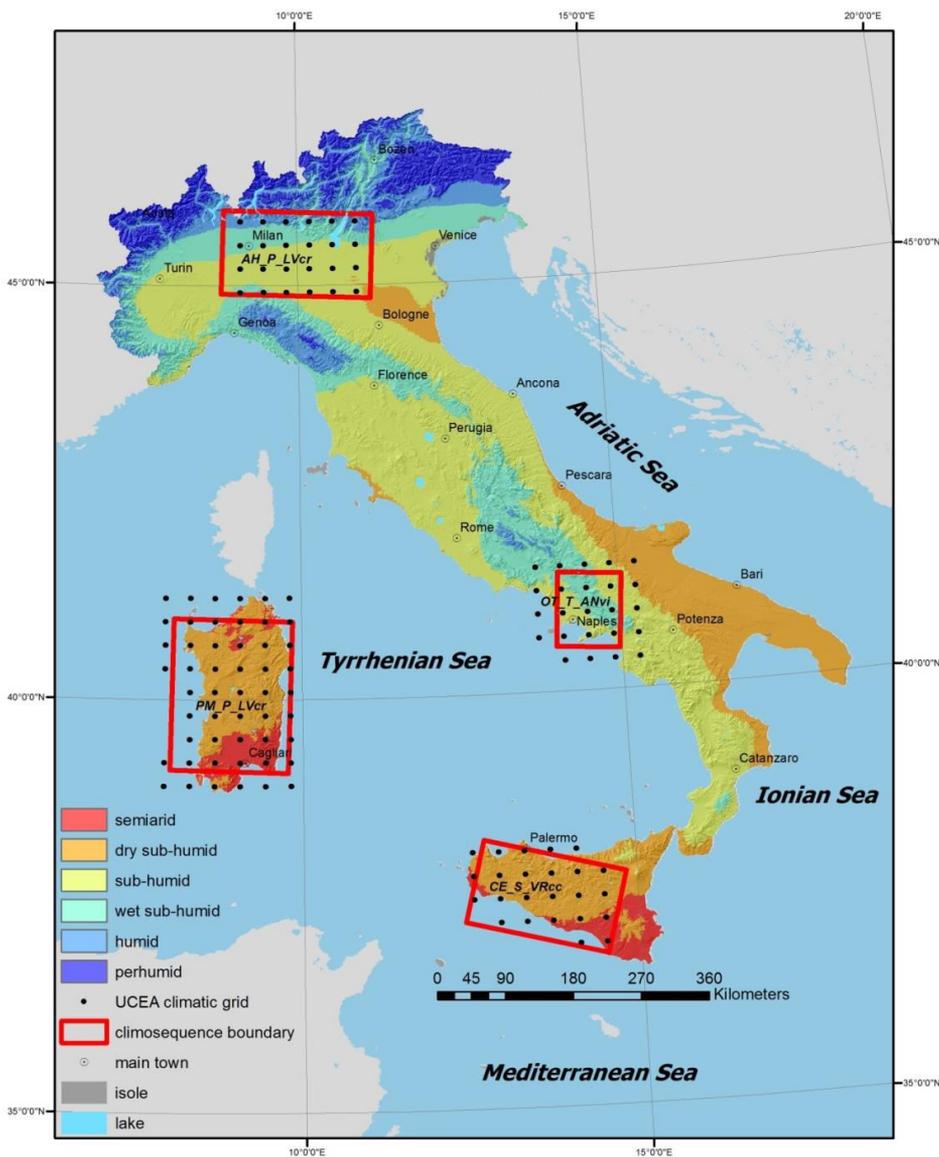


**fondazione banfi**

**SANGUIS JOVIS**

Costantini E.A.C., Lorenzetti R., 2013. Soil degradation processes in the Italian agricultural and forest ecosystems. Italian Journal of Agronomy 8 (4) , art. no. e28 , pp. 233-243.  
doi:10.4081/ija.2013.e28

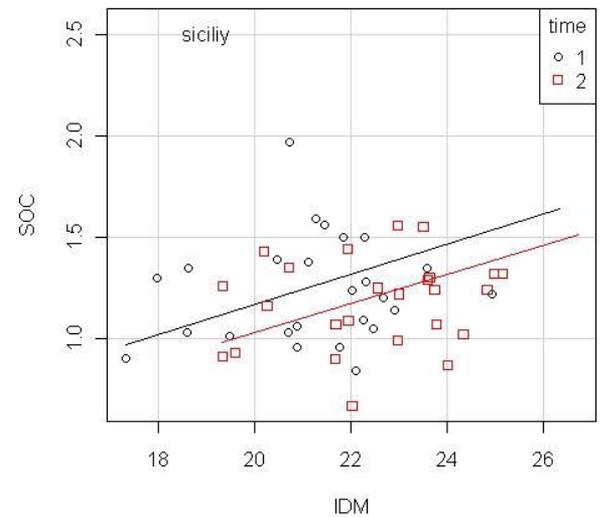
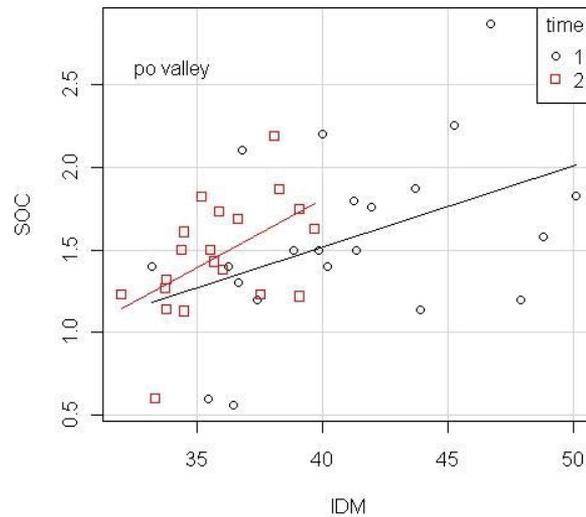
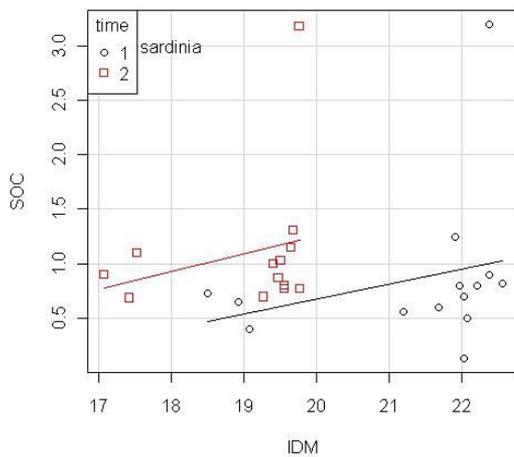
# Effetto dei cambiamenti climatici sulla sostanza organica dei suoli



114 suoli campionati lungo gradienti climatici negli anni 1960-2000 e ricampionati nel 2010-2011

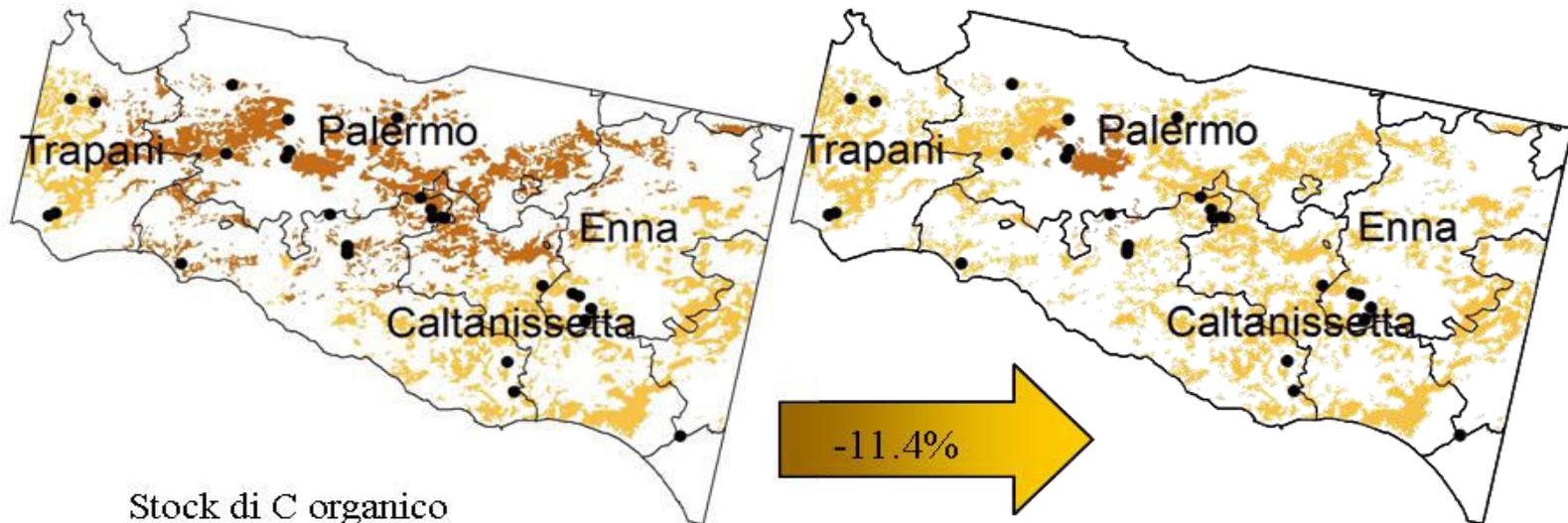
S. Pellegrini, A.E. Agnelli, M.C. Andrenelli, R. Barbetti, G. Lo Papa, S. Priori, E.A.C. Costantini. 2018. Using present and past climosequences to estimate soil organic carbon and related physical quality indicators under future climatic conditions, *Agriculture, Ecosystems and Environment* 266, 17–30 <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.07.015>

# Relazione tra clima e SOC nel tempo

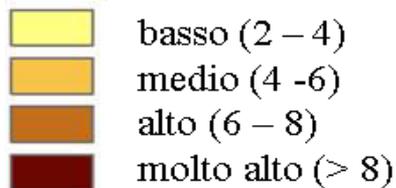


# Calcic Vertisols di Sicilia

1981-2010 vs 2021-2050 (IPCC A1B scenario, mod. ensemble)



Stock di C organico



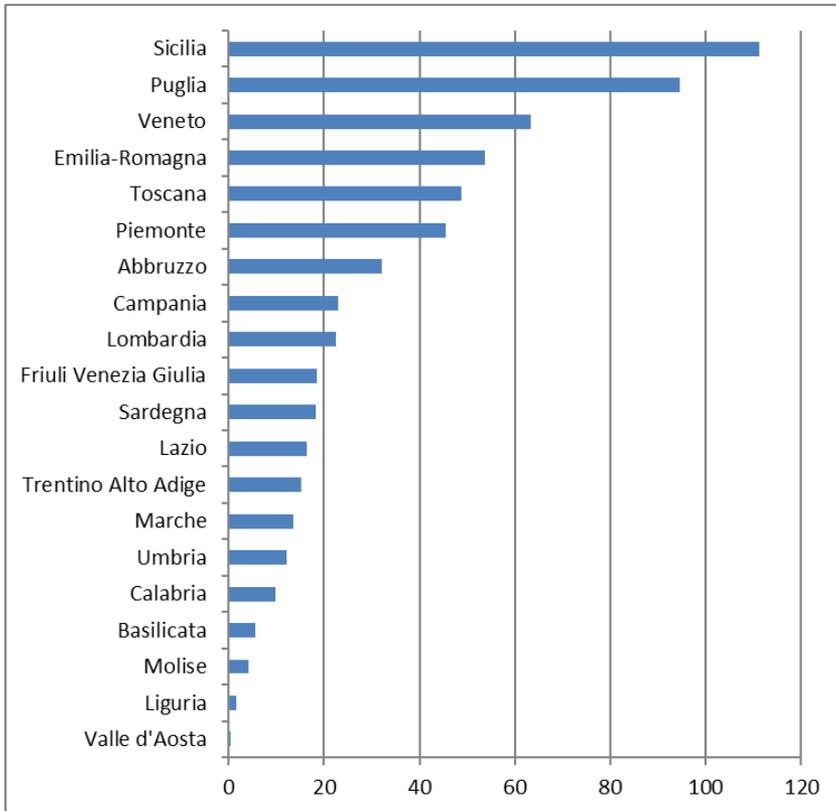
**fondazione banfi**

SANGUIS JOVIS

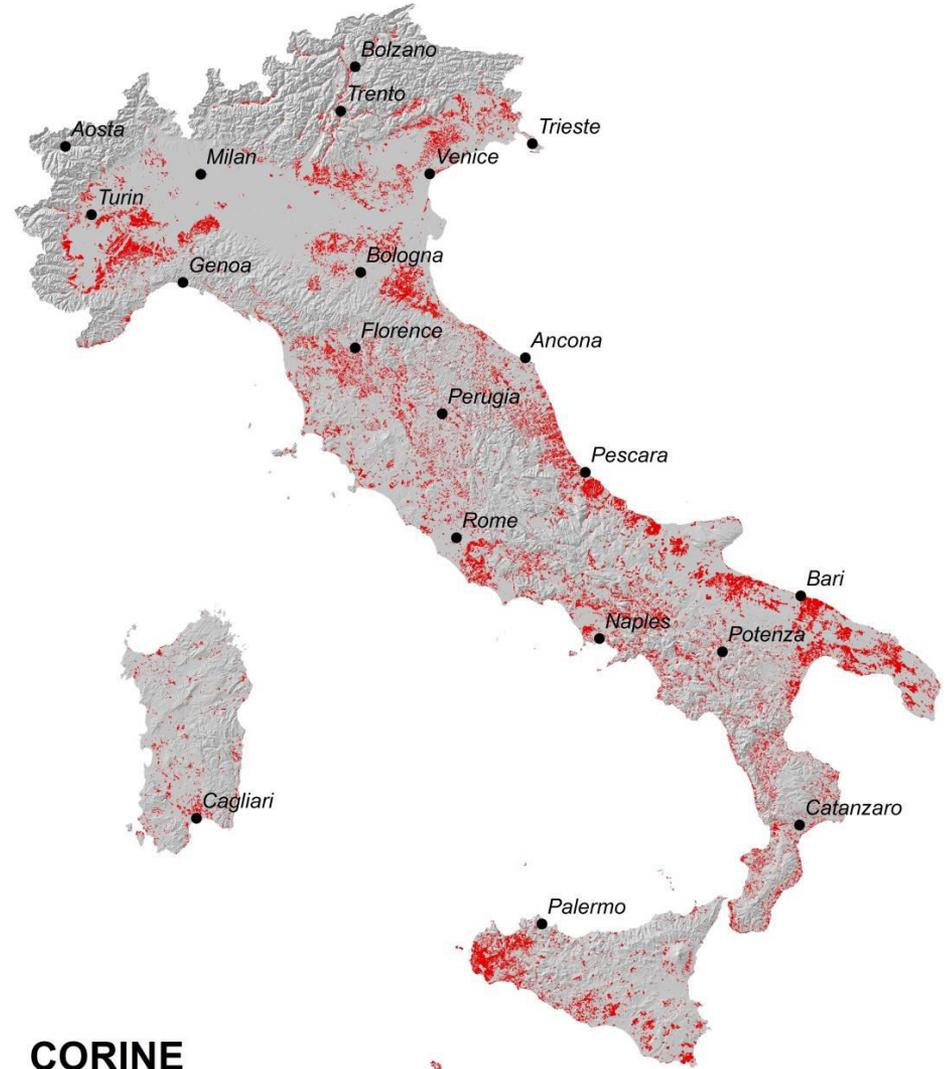


# I vigneti italiani

(CORINE 2006)



Tot ha: 610,200 (ISTAT, 2010)

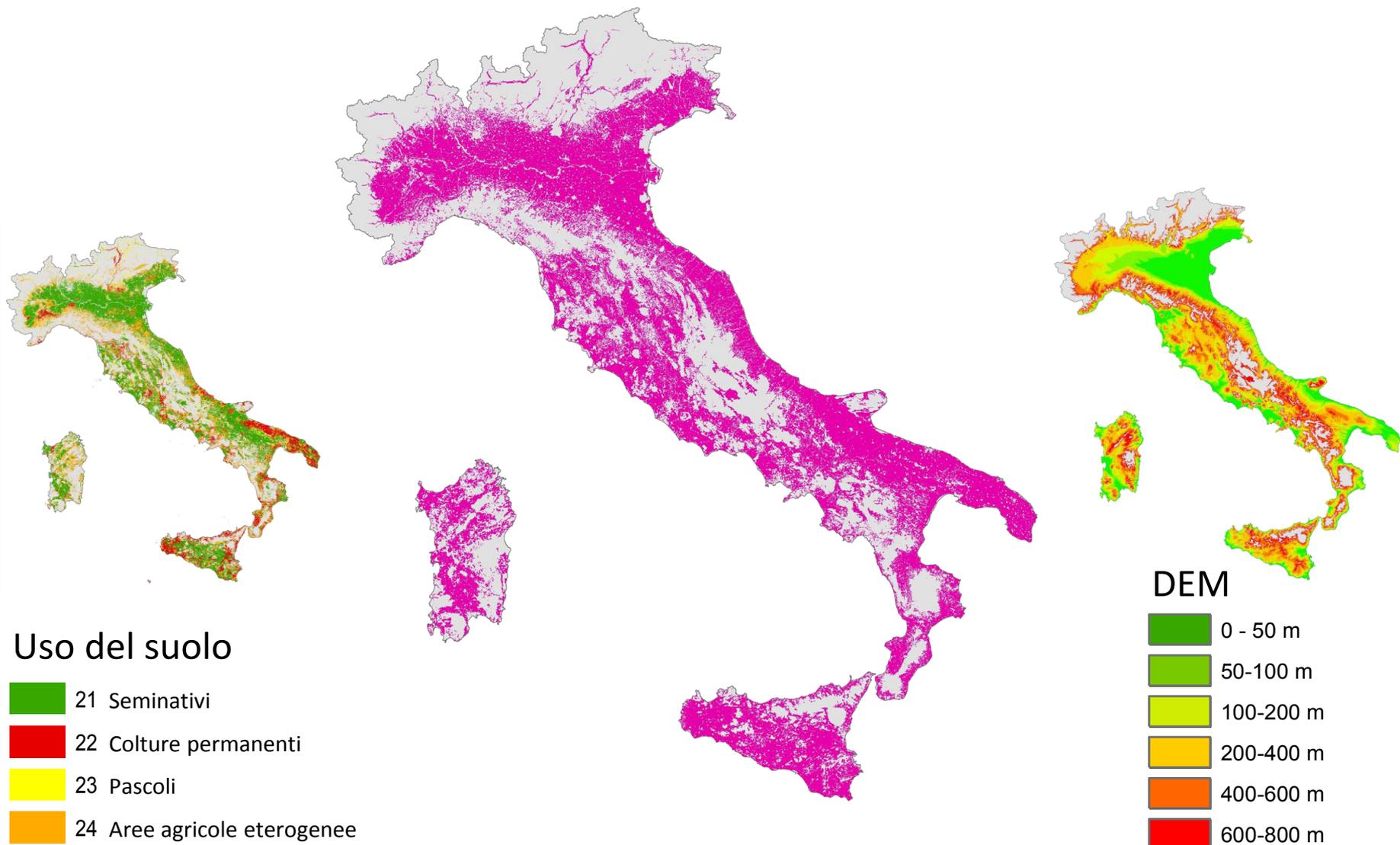


CORINE

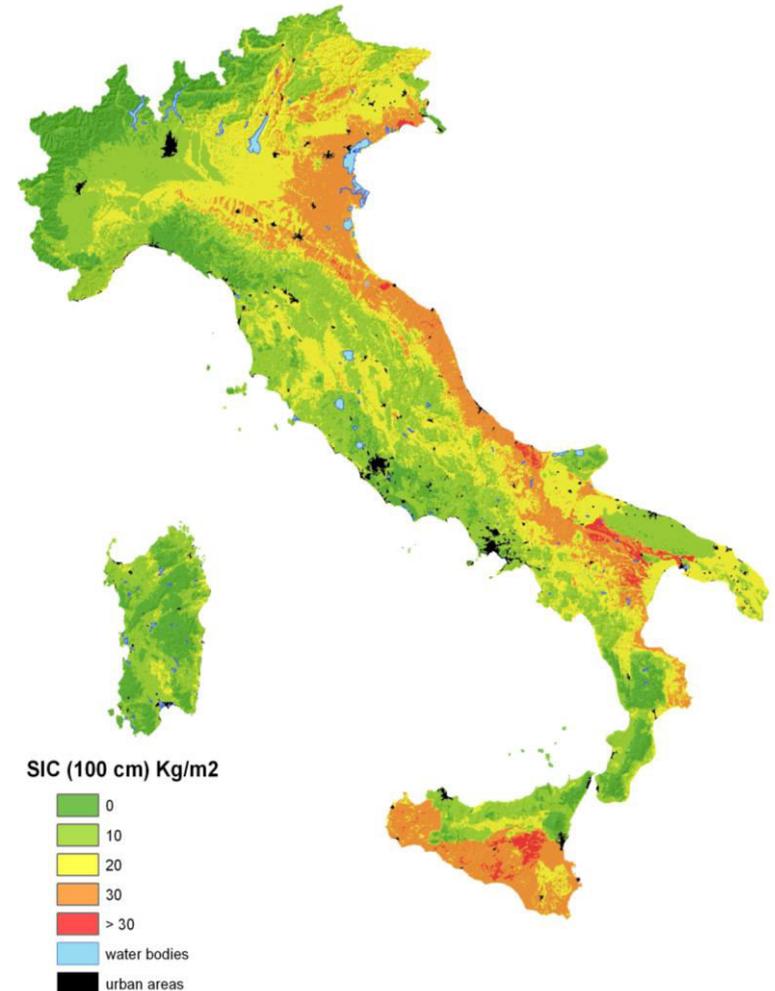
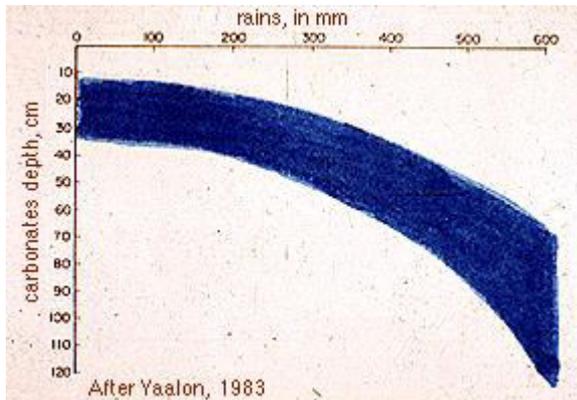
221, 241, 242

0 2500 100 150 200 250 Kilometers

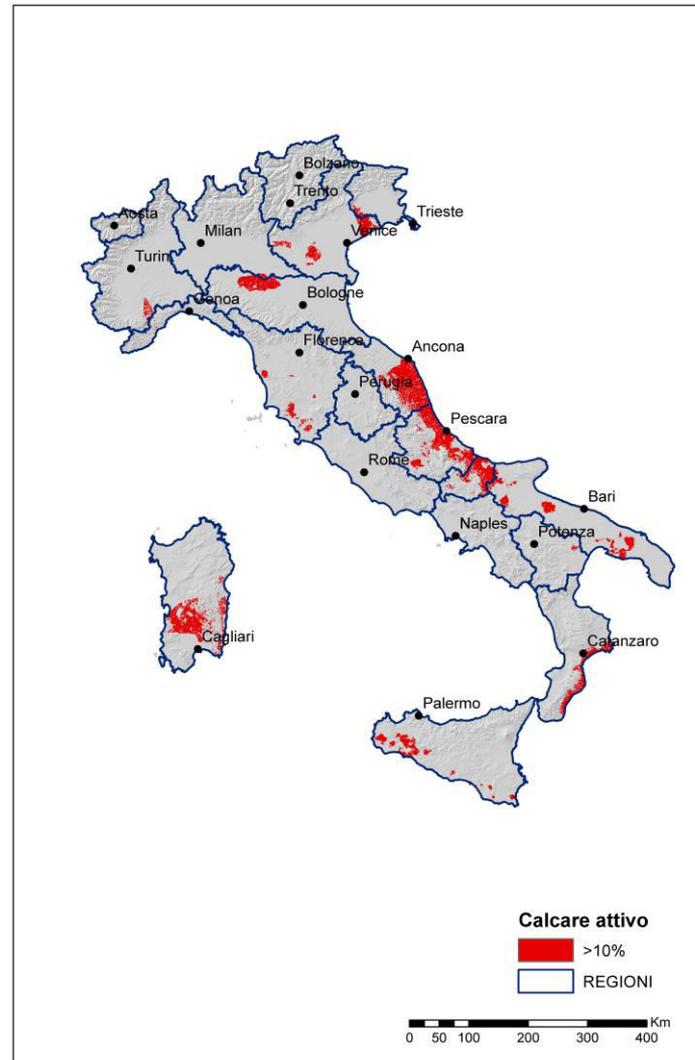
# Le aree potenzialmente vitate



# Limitazioni pedologiche per la vite e clima: contenuto in carbonati di calcio



# Limitazioni pedologiche per calcare attivo nei suoli potenzialmente viticoli



# Limitazioni pedologiche per salinità nei suoli potenzialmente viticoli



# Limitazioni per aridità del suolo: il soil aridity index (SAI)

Il SAI esprime il numero medio annuale di giorni in cui la sezione di controllo dell'umidità del suolo (10-30 cm) è completamente asciutta.



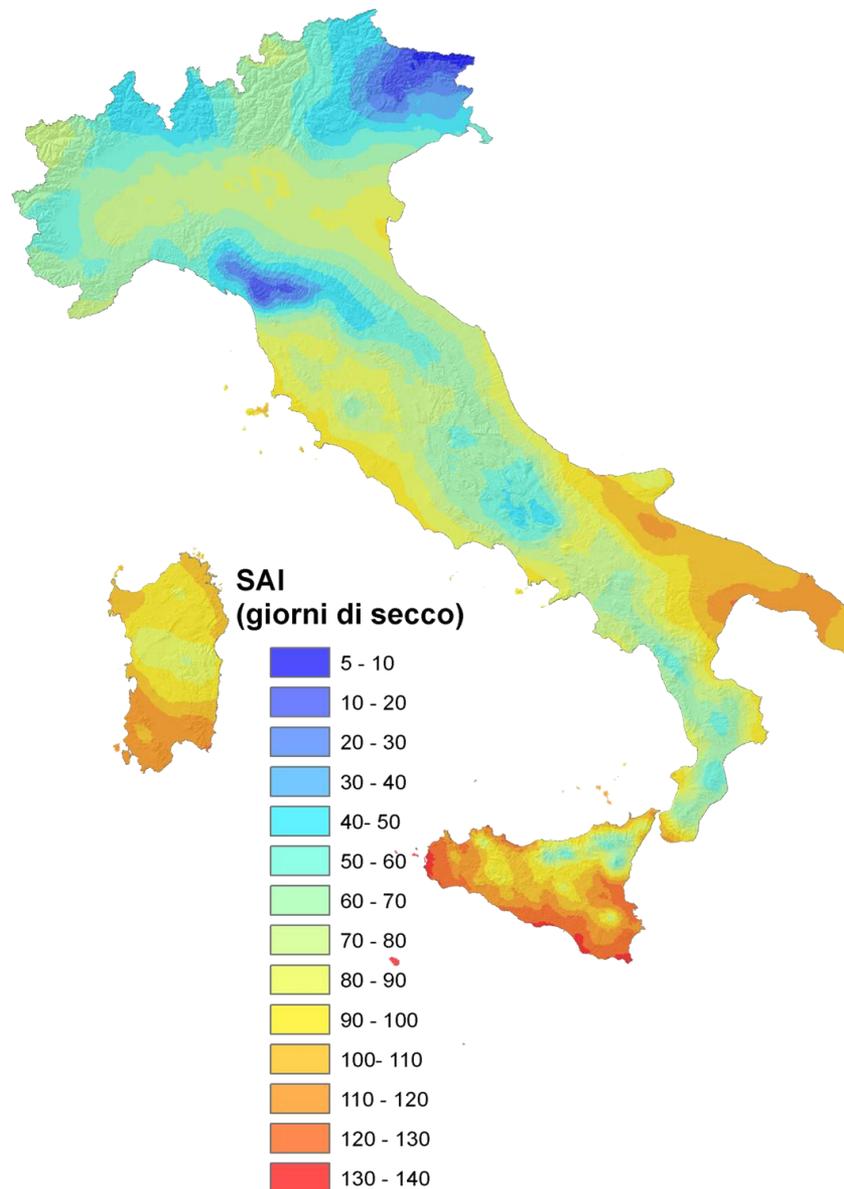
Costantini, E.A.C.; Barbetti, R.; L'Abate, G. , 2009. The soil aridity index to asses desertification risk for Italy. Advances in GeoEcology. Catena Ed.



**fondazione banfi**  
**SANGUIS JOVIS**

# Aridità potenziale dei suoli italiani

Il SAI evidenzia le differenze pedoclimatiche dovute alla copresenza di suoli poco profondi, o con limitata AWC (differenza tra contenuto d'acqua alla capacità di campo e punto di appassimento) e di clima secco.



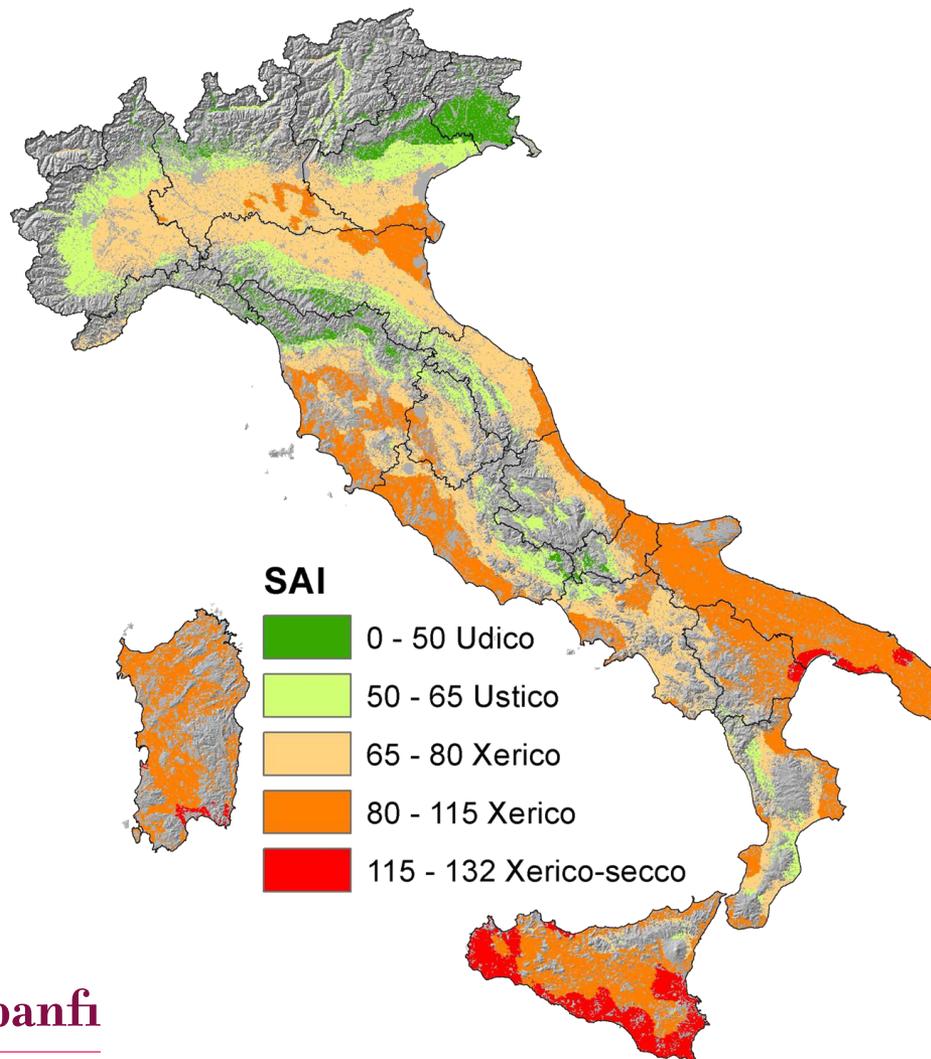
Galletto, L.; Barisan, L.; Boatto, V.; Costantini, E.A.C. ; Lorenzetti, R.; Pomarici, E.; Vecchio R. (2014). More Crop for Drop – Climate Change and Wine: An Economic Evaluation of a New Drought-Resistant Rootstock. Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture, 2014, 6, 100-112, ISSN: 1876-1429 (Online)



**fondazione banfi**

SANGUIS JOVIS

# Classi di aridità dei suoli italiani



fondazione banfi

SANGUIS JOVIS

# Scenari di aridità dei suoli viticoli

Proiezioni climatiche:

<http://www.worldclim.org/>

- Future conditions: [IPCC 4](#) from CIAT ;

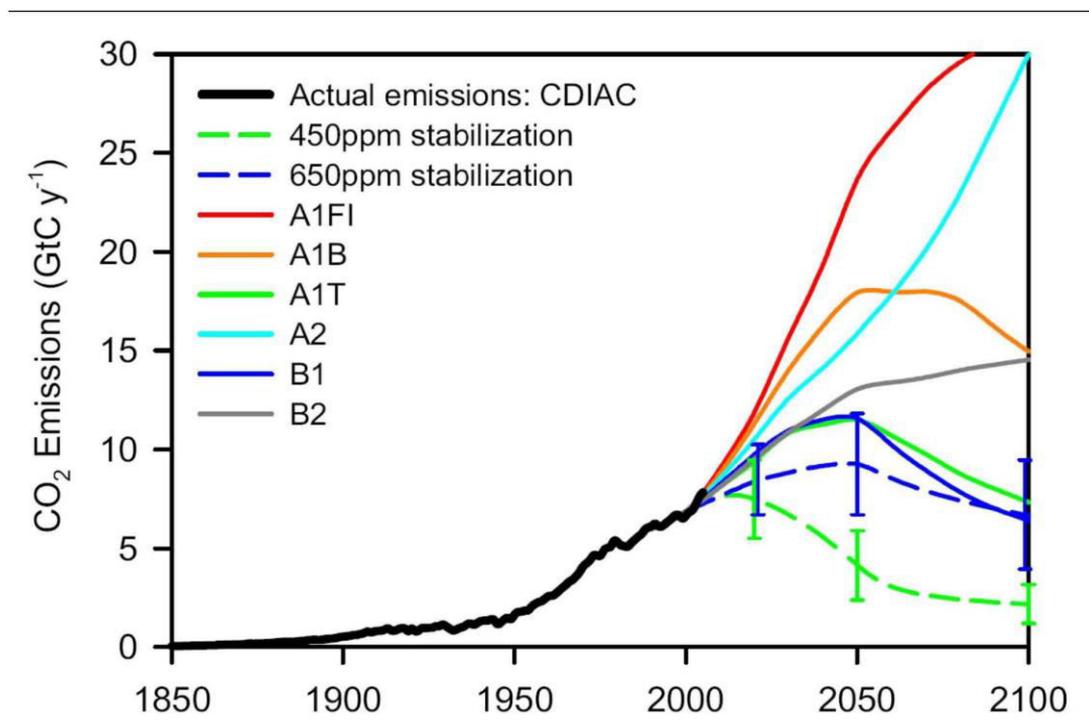
- Method: DELTA method ;

- Scenario: SRES\_ **A1B**;

- Model : cccma\_cgcm3\_1\_t47;

- Period: 2030s, 2050s;

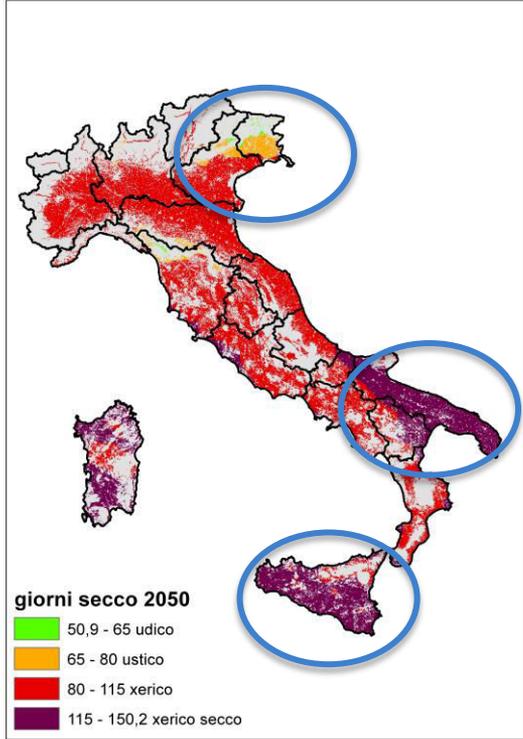
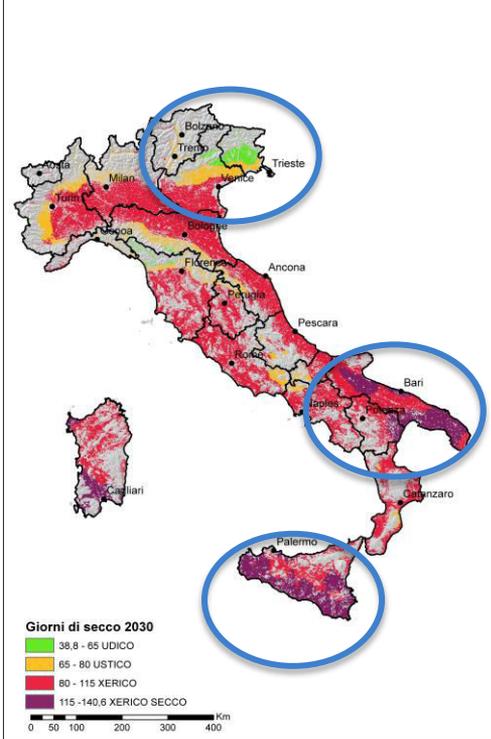
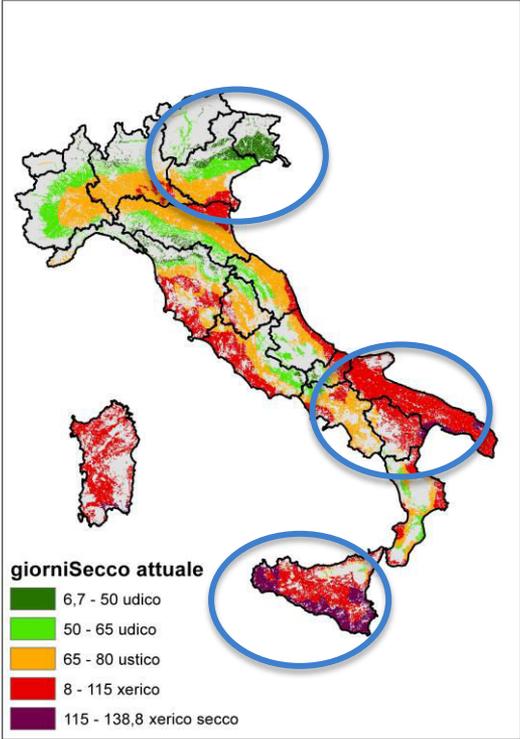
- Resolution: 30seconds.



**fondazione banfi**

**SANGUIS JOVIS**

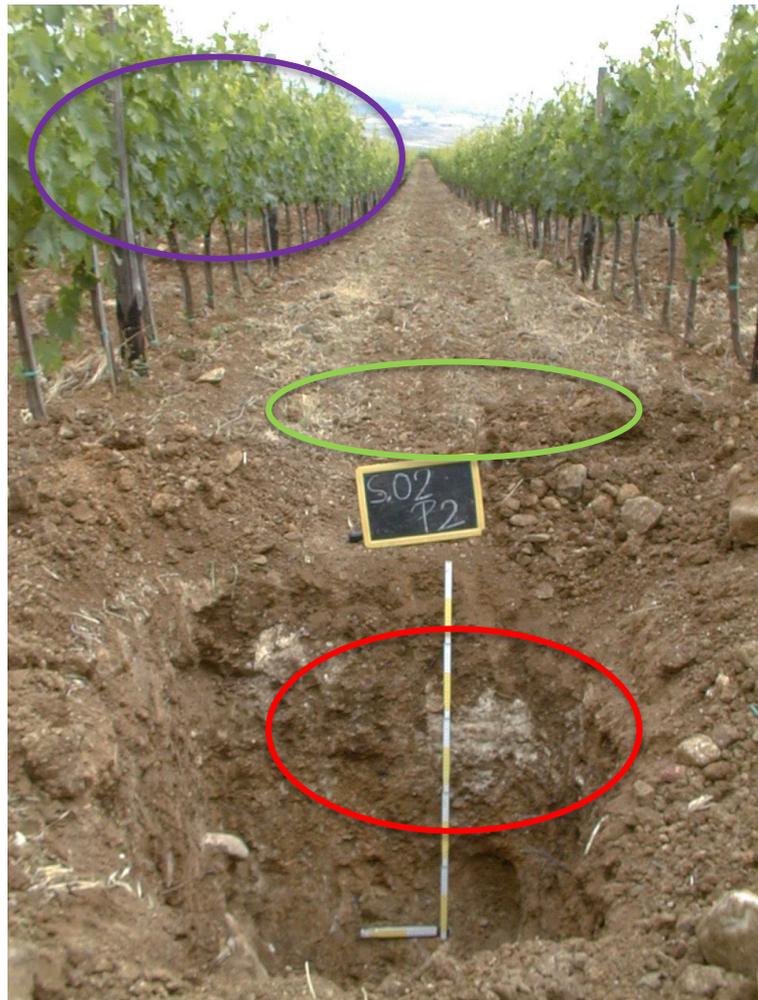
# Aridità attuale e nel 2030 e 2050



## 4. Possibilità agronomiche di adattamento agli effetti dei cambiamenti climatici sulla funzionalità dei suoli viticoli



# Progettare e gestire il suolo viticolo: la pedotecnica



# La modifica morfologica della superficie si ripercuote sulla funzionalità del suolo



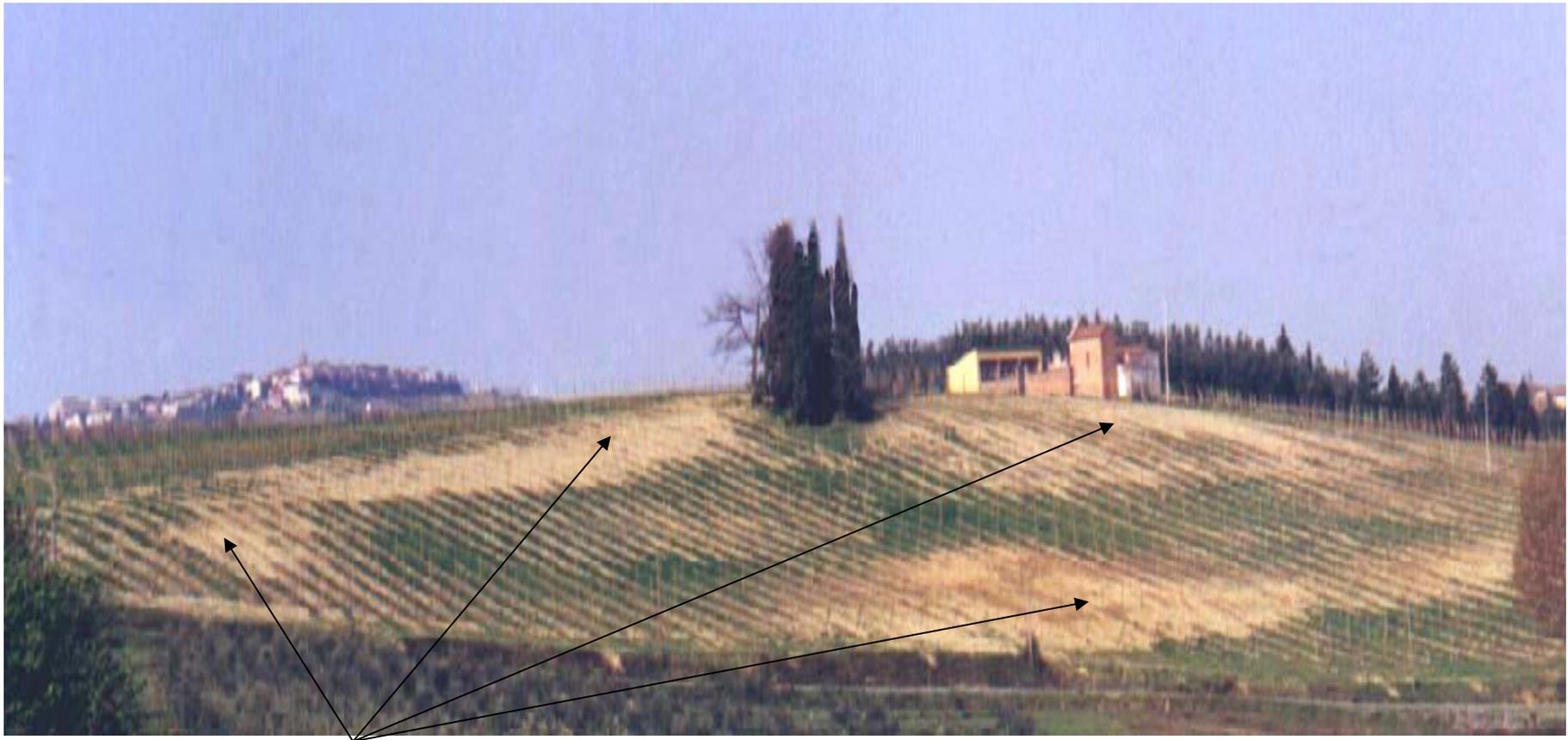
# Perdite di suolo pre-impianto



175.7 ± 14.9 t/ha



# Erosione del suolo e affioramento del substrato improduttivo



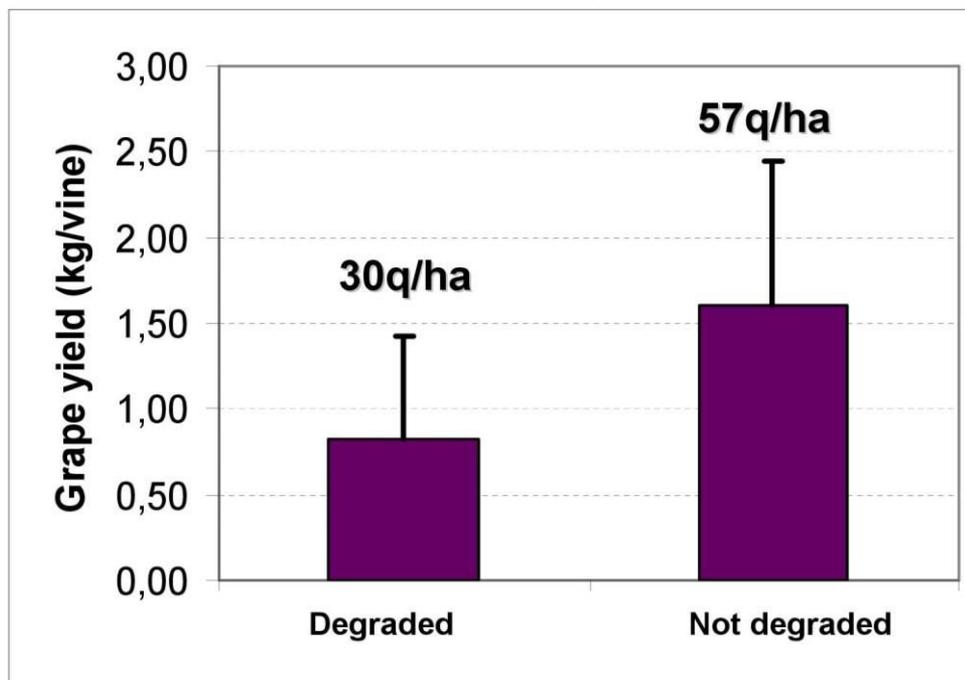
Substrato improduttivo.

# La risposta dell'ecosistema viticolo: le viti hanno una radicabilità limitata e soffrono uno stress idrico e nutrizionale eccessivo



# Produzione viticola

Organic vineyards (Tuscany),  
ReSolVe project



Eccessiva concentrazione dei succhi nelle  
bacche (pochi grappoli striminziti)

Eccesso di zuccheri (24-26 ° Brix) e  
polifenoli (circa 3500 mg/kg) nell'uva,  
bassa acidità.

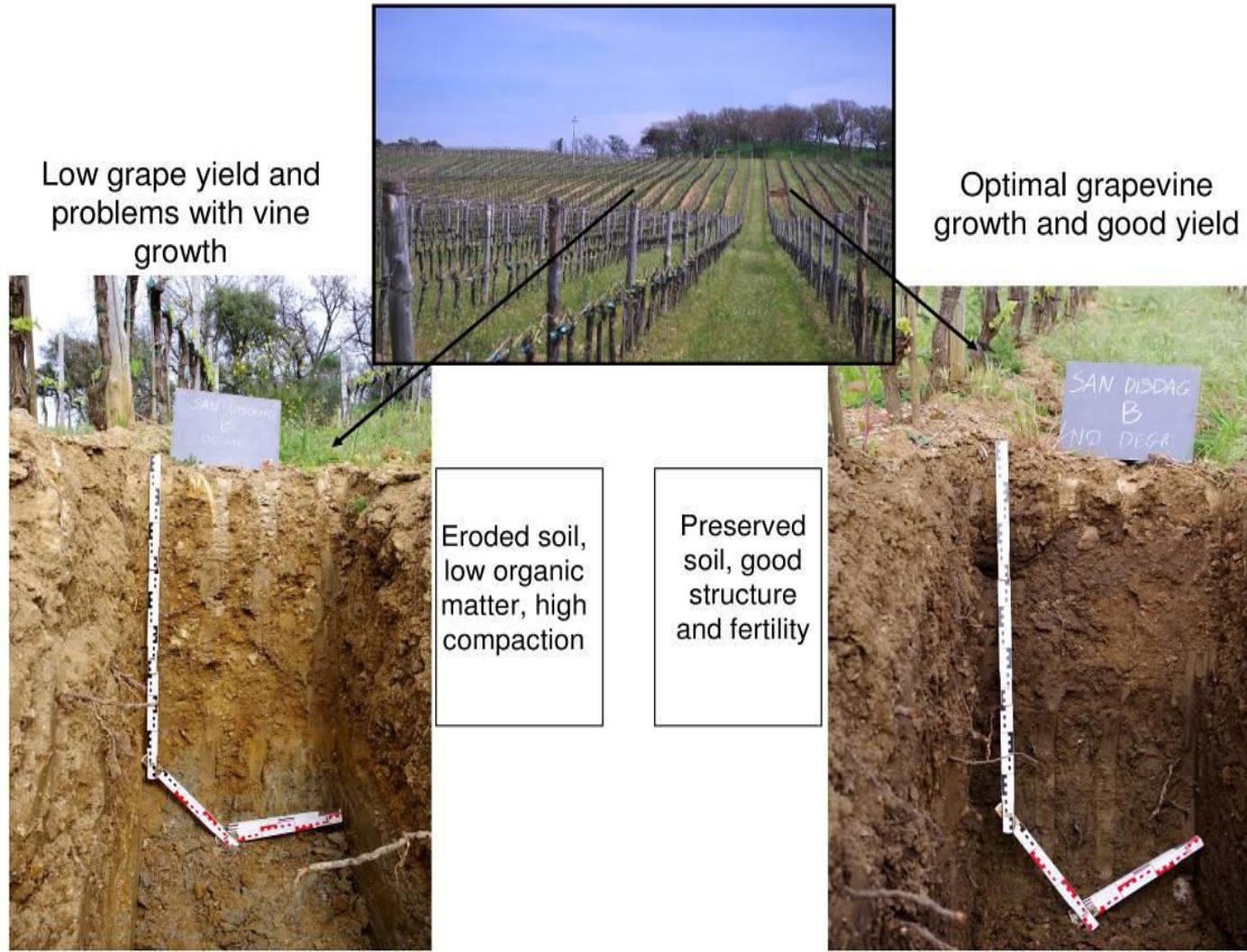
Costantini, E. A., et al. (2018). Effects of soil erosion on agro-ecosystem services and soil functions: A multidisciplinary study in nineteen organically farmed European and Turkish vineyards. *Journal of environmental management*, 223, 614-624.

# Criteri di progettazione e gestione del suolo viticolo in funzione dei cambiamenti climatici

- i) evitare livellamenti che asportino completamente il suolo



## ii) Dimensionare lo spessore del suolo e la sua capacità di trattenuta idrica



### iii) Ripristinare lo strato di suolo fertile, ricco di attività biologica

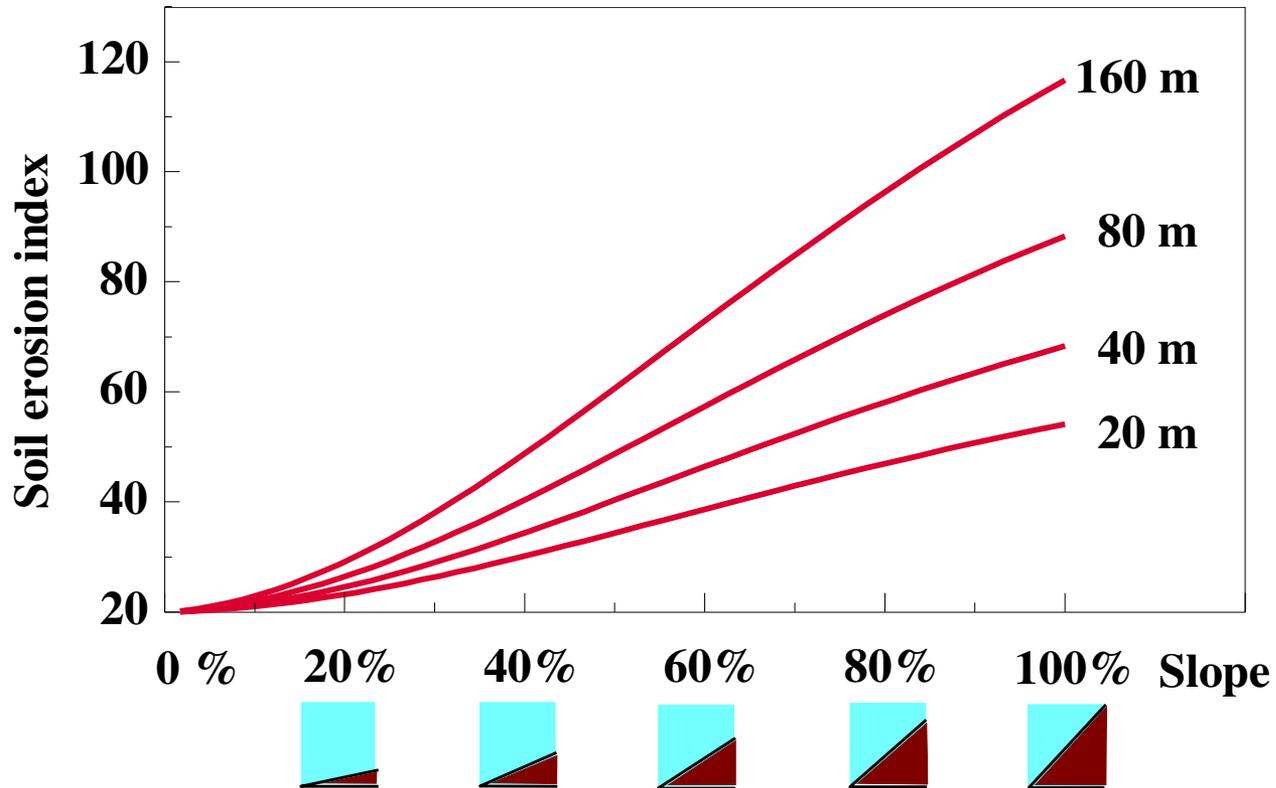


Accumulo del  
topsoil prima  
del livellamento

Ridistribuzione del  
topsoil, con  
sovescio,  
compost, letame



iv) ridurre la pendenza e la lunghezza dei campi



v) evitare il rittochino



NO



SI

vi) adattare la lunghezza dei campi alla morfologia

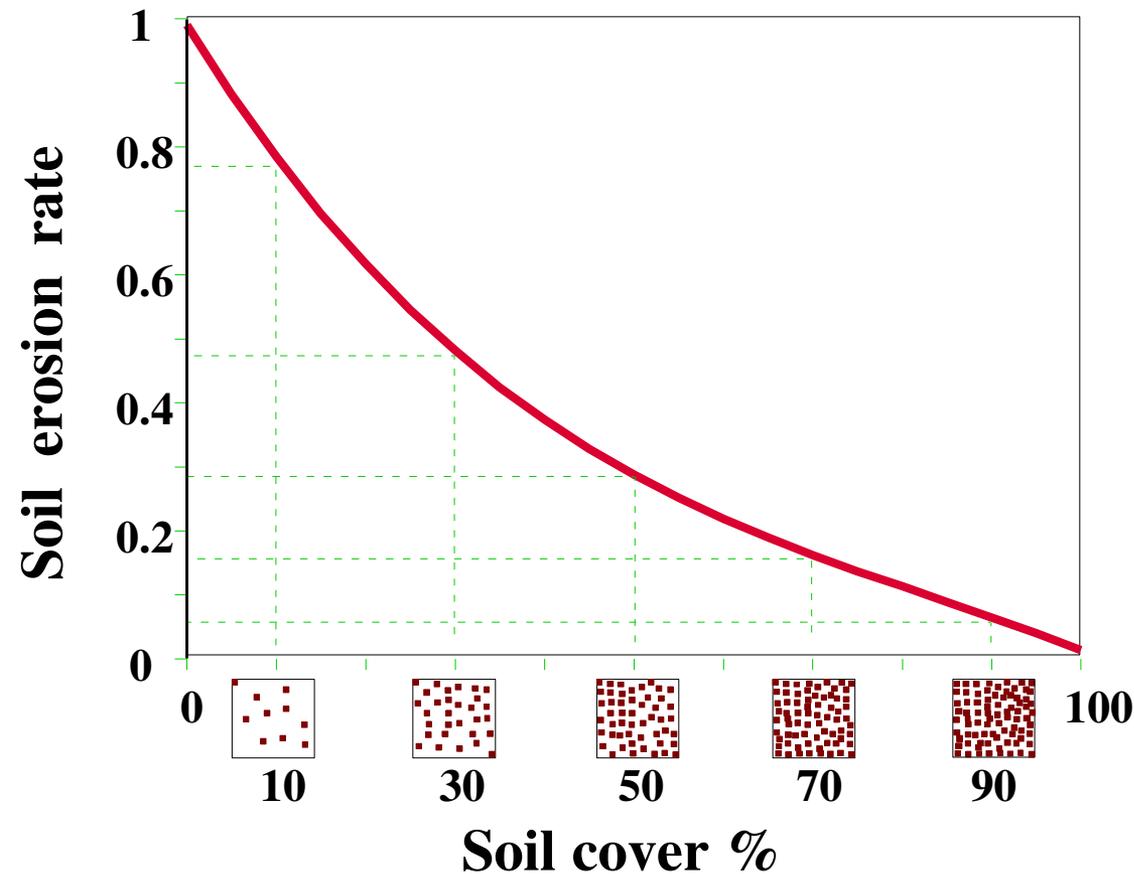
Anziché campi lunghi e suoli troncati



# Campi corti con suoli preservati



vii) mantenere la superficie del suolo protetta dalla copertura erbacea e dai residui colturali, o assicurare una adeguata rugosità e infiltrazione



## viii) Evitare il costipamento



**fondazione banfi**  

---

**SANGUIS JOVIS**

## ix) Alternare le lavorazioni superficiali e profonde



x) Gestire la fertilità del suolo attraverso il ciclo della materia organica e l'attività biologica, piuttosto che con la concimazione chimica



**Il nuovo paradigma agronomico:  
sostenere un agroecosistema  
invece che nutrire una coltura**

# Conclusioni

- In molti casi il clima agisce sulla risposta viticola ed enologica in modo dipendente dal tipo di suolo
- I cambiamenti climatici possono influenzare alcune importanti funzionalità dei suoli viticoli, soprattutto quelle legate al contenuto di sostanza organica, alla salinità e alla disponibilità idrica
- Il cambiamento climatico porterà ad un aumento dello stress idrico e all'aumento dell'effetto terroir sul vino, in particolare per varietà come il Sangiovese
- E' possibile adattare il vigneto agli effetti dei cambiamenti climatici, oltre che con le scelte varietali ed agronomiche, con:
  1. Un' accurata scelta dei siti di impianto in funzione del clima previsto e dei suoli presenti
  2. Una attenta progettazione degli interventi sul suolo destinato al nuovo vigneto, funzionale al cambiamento climatico atteso
  3. Una gestione del suolo sito-specifica e volta a sostenere la funzionalità dell'intero ecosistema viticolo

**Il cambiamento climatico può essere una opportunità!**

<http://www.resolve-organic.eu/>

<https://scholar.google.it> e.a.c. costantini



**fondazione banfi**

**SANGUIS JOVIS**  
ALTA SCUOLA DEL SANGIOVESE

[fondazionebanfi.it](http://fondazionebanfi.it)