

CAMBIAMENTI CLIMATICI E VITICOLTURA

di Luigi Mariani

Museo Lombardo di Storia dell'Agricoltura

Università degli Studi di Milano - DISAA

La produzione viticola si fonda sulla radiazione solare che, intercettata dalla chioma, fornisce energia al processo di fotosintesi, il quale utilizza anidride carbonica e acqua per produrre glucosio. Da quest'ultimo prende il via la vasta gamma di biosintesi che conduce alle molecole organiche che compongono foglie, fusti, radici e frutti. Dal canto suo la produzione lorda di sostanza organica derivante dalla fotosintesi subirà decurtazioni per effetto delle limitazioni termiche (la vite opera in un intervallo grossomodo compreso fra 7 e 35°C, con un optimum a 22 - 28°C ma ognuna delle biosintesi sopra accennate ha propri intervalli termici specifici, non sempre noti), di quelle idriche (la vite, grazie ad un apparato radicale profondo, è in grado di sfruttare con grande efficacia la riserva idrica dei suoli, il cui livello è frutto del bilancio fra apporti da precipitazioni e perdite evapotraspirative, perdite che a loro volta sono funzione di temperatura, umidità relativa, vento e radiazione), di quelle nutrizionali (azoto, fosforo, potassio, macroelementi secondari e microelementi) e infine di quelle da avversità biotiche (insetti, funghi, acari, batteri, ecc.) e abiotiche (gelo, vento forte, ecc.).

In virtù di quanto sopra sommariamente descritto, la radiazione solare, la temperatura, la precipitazione, il vento e l'umidità relativa sono variabili guida essenziali, in grado di influire in modo relevantissimo sulla quantità e qualità della produzione viticola ed enologica. Da ciò la necessità primaria per il produttore di misurare queste variabili per avere il "polso" del proprio vigneto. Nessun panettiere si sognerebbe mai di cuocere il proprio pane senza conoscere la temperatura del forno; analogamente le misure meteorologiche dovrebbero essere viste come un supporto essenziale per le decisioni del produttore ed in particolare per le decisioni strategiche in grado di condizionare l'intera vita dell'impianto (scelta della varietà, della sistemazione del suolo, della forma di allevamento, ecc.) e per quelle tattiche da cui dipende la produzione di una particolare annata (concimazioni, trattamenti, diserbi, lavorazioni, potature, sfogliatura, diradamento grappoli, ecc.).

Cambiamento climatico globale: dalla prospettiva millenaria agli ultimi 160 anni

Citando Giambattista Vico è utile dire che non possiamo interpretare un fenomeno se non ne indaghiamo le origini e come esso è venuto evolvendo nel tempo. Ciò è particolarmente vero per una coltura con un passato d'eccezione: *Vitis vinifera* come specie ha oltre 20 milioni di anni e la viticoltura ne ha più di 6000.

Le prime tracce fossili di semi di piante del genere *Vitis* sono state reperite in Nord Europa e risalgono al Terziario antico che ha inizio 65 milioni di anni fa (Mullins et al., 1992). Durante il Terziario recente, iniziato 23 milioni di anni fa, la separazione tra l'America e l'Eurasia favorì i processi di speciazione dal genere *Vitis* ancestrale, per cui mentre in America e in Asia Orientale si generarono diverse specie, in Europa e in Asia Occidentale emerse l'unica specie *Vitis vinifera* L., la quale subì un'interazione molto

lunga con la forte variabilità del clima che interessa il nostro pianeta da epoche remote e che è attestata dalla [figura 1](#).

Nel corso delle glaciazioni quaternarie (ultimi 2 milioni di anni) la zona sub-caucasica mite fu una zona rifugio per la vite (Grassi et al. 2008) e ciò con ogni probabilità promosse il consumo dei frutti di vite da parte dei cacciatori-raccoglitori, gettando così le basi del rapporto di simbiosi dell'uomo con questa pianta, concretizzatosi poi con la domesticazione, che in base ai dati a nostra disposizione ha avuto luogo in ambito sub caucasico, fra il Caucaso e gli Zagros, oltre 6000 anni fa' (Mc Govern, 2003). Da allora il clima ha vissuto periodi caldi, chiamati optimum in quanto in grado di favorire il progresso della civiltà (grande optimum postglaciale, optimum miceneo, optimum romano, optimum medioevale) e che si sono alternati a fasi fredde rivelatesi problematiche per i nostri progenitori.

Limitandoci al millennio più recente, possiamo segnalare che nel 1850 si conclude per convenzione la Piccola Era Glaciale (PEG), fase freddo-umida che a partire dal XV secolo era subentrata alla precedente fase caldo-arida e cioè l'Optimum Climatico Medioevale (OCM). Sia l'OCM sia la PEG ebbero un impatto enorme sulla viticoltura europea: nello specifico se l'OCM aveva visto la viticoltura spingersi sulle Alpi a quote inusitate e verso il centro-nord dell'Europa, durante la PEG l'areale della vite si contrasse considerevolmente, abbandonando ad esempio il sud della Scozia e il nord della Germania (Beriger, 2010). Al contempo nel corso della PEG (a) in ambito alpino (Valtellina, Vallese, val d'Aosta, ecc.) presero corpo grandi opere di terrazzamento, utili a meglio sfruttare le temperature più miti e la maggiore radiazione solare dei versanti rivolti a sud ed a favorire il drenaggio delle acque piovane in eccesso e (b) in Francia si mise a punto il metodo *champenoise* che mirava alla vinificazione in banco di uve rosse che per cause climatiche non erano più in grado di raggiungere soddisfacenti livelli di maturità e colore.

Un giudizio complessivo porta comunque a ritenere che durante la PEG la viticoltura europea fu soggetta ad evidenti condizioni di sofferenza, di cui si ritrova traccia in svariate cronache (Mariani, 2006; Parisi et al., 2014).

Venendo ad analizzare il periodo successivo alla fine della PEG, non si può anzitutto trascurare che nella seconda metà dell'800 si verifica l'introduzione dall'America di oidio, peronospora e fillossera, tre eventi critici che con il clima hanno forse solo un legame indiretto¹ e che hanno avuto un impatto enorme ed indelebile sulla viticoltura europea. Peraltro tali eventi critici furono superati grazie a grandi innovazioni nel settore genetico (l'introduzione dei portinnesti da "viti americane") e delle agrotecniche (trattamenti antifungini a base di zolfo e di solfato di rame).

Venendo poi in modo più diretto a parlare di clima, nei 160 anni che ci separano dalla fine della PEG le temperature globali hanno manifestato un incremento complessivo di 0.85°C. Ce lo mostra la [figura 2](#), da cui si coglie anche che l'aumento non è stato affatto continuo. Più in particolare si nota l'alternarsi di fasi di graduale aumento (1850-1878, 1919-1946 e 1977-1998) e di fasi stazionarie o di diminuzione (1879-1918, 1947-1976, dal 1999 ad oggi).

Gli scienziati si stanno ovviamente interrogando in merito alle cause dell'aumento delle temperature misurato negli ultimi 160 anni (Mariani, 2012) e le loro analisi non possono

¹ Non è da escludere che il fiorire degli scambi commerciali con l'America che porta ad introdurre tali nuove malattie abbia qualcosa a che vedere con la conclusione della PEG.

ovviamente non tener conto che il XX secolo ha vissuto la rara congiunzione fra:

- un'attività solare molto intensa: per trovare un sole tanto attivo si deve tornare al grande optimum postglaciale – circa 8000 anni orsono
- livelli di CO₂ che non hanno precedenti da centinaia di migliaia di anni.

Per cercare di spiegare l'aumento delle temperature globali si è così fatto ricorso a due teorie fra loro alternative:

- la Teoria Solare (TS) che attribuisce l'incremento delle temperature globali all'aumentata attività solare
- la teoria del Anthropogenic Global Warming (AGW) che attribuisce l'incremento delle temperature globali all'aumento di CO₂ indotto dalle attività umane.

Entrambe queste teorie hanno alcuni punti di forza ma un elemento di debolezza e cioè che l'aumento di energia al suolo indotto sia dall'aumentato forcing da CO₂ sia dalla maggiore attività solare è di per sé troppo contenuto per giustificare un riscaldamento globale di entità rilevante. Da ciò deriva che i seguaci della due teorie si sono messi alla caccia di amplificatori (in gergo feed-back positivi). Nello specifico i seguaci della teoria solare hanno individuato come amplificatori più accreditati le interazioni stratosferiche con l'UV solare il cui effetto si propagherebbe nella troposfera (teoria top-down) oppure l'effetto sulle nubi dei raggi cosmici galattici (GCR) mentre i seguaci della teoria AGW hanno individuato come amplificatori più accreditati il vapore acqueo e la copertura nuvolosa.

Le temperature europee dal 1850 ad oggi e le tendenze per i prossimi anni

L'andamento delle temperature europee dal 1850 ad oggi (diagramma più in basso della **figura 4**) è frutto del sovrapporsi di tre fenomeni distinti:

1. un trend al riscaldamento di circa + 1,3 °C negli ultimi 150 anni che è legato al riscaldamento globale successivo all'uscita dalla PEG;
2. una variabilità interannuale molto forte che è una delle caratteristiche più "fondamentale" del clima europeo, tant'è vero che la ritroviamo anche nel diagramma delle date di vendemmia di Beaune in **figura 5**, il quale documenta il sussistere di tale variabilità per le temperature da aprile a giugno nel lunghissimo periodo che va dal 1370 ad oggi. La grande variabilità interannuale deriva in sostanza dal fatto che da un anno all'altro cambia in modo sensibile la frequenza e la persistenza dei diversi tipi circolatori che interessano il nostro continente. Di tale variabilità, che si traduce ad esempio nell'alternarsi di estati fresco-umide come la 2014 e di estati caldo-aride come la 2015, il viticoltore non può in alcun caso prescindere per le proprie scelte imprenditoriali;
3. una ciclicità di 60 anni che è frutto delle ciclicità che manifestano le temperature oceaniche e che è descritto all'indice AMO (**figura 4**, diagramma centrale). Quando AMO è in fase positiva (oceano caldo) anche le temperature europee sono più elevate mentre quando AMO passa in fase negativa (oceano freddo) le temperature europee sono più basse. Si noti che la transizione di AMO da fase fredda a fase calda è innescata da un periodo a correnti atmosferiche atlantiche (grandi correnti occidentali o westerlies) molto intense, il che è segnalato da valori molto positivi dell'indice circolatorio atmosferico NAO in inverno (**figura 4**, diagramma in alto). La potenza dell'indice AMO è molto rilevante. Si osservi ad esempio che nella fase fredda che va grossomodo dal 1960 al 1987 le temperature europee sono ridiscese a valori prossimi a quelli che presentavano fra il 1900 e il 1930.

Un esempio concreto del meccanismo dianzi descritto e che chiama in causa la circolazione atmosferica e quella oceanica ci è offerto nella **figura 6**, la quale mostra che le temperature medie annue in Europa nel periodo 1951-2011 hanno manifestato un incremento di circa 1°C, che si concentra in un "gradino" collocato nel 1987 (Mariani et al., 2012). All'origine di tale gradino è, negli anni che vanno dal 1987 al 1994, l'intensificazione delle grandi correnti occidentali, il grande fiume d'aria che incessantemente scorre alle medie latitudini del nostro pianeta con direzione media da ovest verso est, apportando sul continente aria subtropicale atlantica mite. Tale intensificazione è indicata dai valori molto positivi assunti dall'indice NAO. Sotto la spinta della NAO positiva, nel 1994 la temperatura oceanica è passata anch'essa ad una fase positiva (indice AMO positivo), stabilizzando la nuova fase climatica calda. In estrema sintesi siamo dunque di fronte ad un meccanismo che.

Ma cosa accadrà nei prossimi anni? I climatologi si attendono la transizione delle temperature oceaniche verso una fase negativa, il che dovrebbe spingere verso il basso anche le temperature europee, contrastando così il segnale di riscaldamento globale.

In sintesi pertanto la diagnosi può così sostanzarsi: in Europa nel 1987 ha avuto luogo un cambiamento climatico brusco il quale ha inaugurato una nuova fase climatica che rispetto alla precedente si caratterizza per:

- temperature medie annue al suolo più elevate di 1°C (+0.5°C sul Nord Europa e +1.5°C sul Sud Europa, Italia inclusa).
- precipitazioni in aumento sul Nord Europa e relativamente stabili sul sud Europa.
- aumento delle risorse radiative (più ore di sole, più radiazione solare globale) sul Sud Europa e diminuzione sul Nord Europa.

A questo punto occorre però un minimo di attenzione in più: se infatti in teoria possiamo dire che la fase circolatoria post 1987 sta presentando le caratteristiche sopra descritte, la realtà può scostarsi da questo schema per quello che è un rilevante problema di scala: fintanto che si resta su grandi territori i fenomeni funzionano in un certo modo mentre se ci si sposta verso il piccolo, fino al singolo vigneto, ci si accorge che rispetto a tale comportamento generale possono esservi deviazioni anche considerevoli. Per chiarire il concetto mi limiterò al seguente esempio: è noto che la maggior parte delle precipitazioni che interessano l'area mediterranea è la conseguenza di grandi depressioni atlantiche a forma di V (saccature) che, trasportate dalle grandi correnti occidentali fluiscono dall'Atlantico verso l'Europa ed interagiscono con le catene montuose che circondano il Mediterraneo (Pirenei, Atlante, Alpi, ecc.) generando le depressioni secondarie mediterranee, le quali si muovono con traiettorie spesso bizzarre, portando pioggia sulle diverse aree del bacino. Ad esempio l'interazione fra le Alpi e le saccature atlantiche genera depressioni mediterranee che si sviluppano sul Golfo di Genova (minimi di Genova). Tali minimi a volte transitano sulla Val Padana interessando poi l'Adriatico e lo Ionio mentre altre volte seguono traiettorie verso Sud, interessando in modo più diretto l'areale tirrenico fino alla Sicilia. Traiettorie altrettanto variabili e che spesso interessano l'area italiana meridionale sono proprie delle depressioni che si generano per interazione delle saccature atlantiche con l'Atlante (minimi dell'Africa del Nordovest) e con i Pirenei (minimi delle Baleari).

E' chiaro che tutto questo si traduce in una complessa distribuzione delle precipitazioni sul nostro Paese che non può essere certo risolta ragionando a grande scala. Ma tutto questo discorso cosa dice al viticoltore? Gli dice che per capire come sta andando la

precipitazione (e di conseguenza la temperatura e la radiazione, che alla pioggia sono strettamente legate) sul suo vigneto è necessario misurare.

La nuova fase climatica e il vigneto

Fra gli effetti più rilevanti dei fenomeni sopra descritti sulla coltura della vite in Italia si segnalano i seguenti:

- l'aumento delle temperature si è tradotto in anticipi in tutte le fasi fenologiche della vite, per cui la raccolta risulta oggi mediamente anticipata di 10-15 giorni rispetto alla fase climatica precedente al 1988 (determinanti di tale fenomeno sono soprattutto le più alte temperature massime del periodo aprile-giugno). Per inciso una raccolta anticipata è spesso favorevole alla qualità poiché consente con più facilità di sfuggire al periodo piovoso autunnale

- aldilà di cosa possa essere accaduto alle precipitazioni, il solo aumento delle temperature ha generato un aumento dell'evapotraspirazione che è stimabile in modo assai grossolano in 50 – 100 mm l'anno, il che si è tradotto in un aumento dell'aridità. Diviene dunque importantissimo verificare il soddisfacimento delle esigenze idriche della vite, ad esempio con modelli di bilancio idrico basati su misure meteorologiche in campo
- le maggiori risorse termiche e radiative hanno comportato incrementi degli zuccheri, del colore e degli aromi, con tutta una serie di conseguenze da gestire a livello di cantina

- l'aumento delle temperature ha comportato un effetto negativo sulle masse glaciali alpine e sugli accumuli invernali di neve su Alpi ed Appennini, con inevitabili effetti negativi sulle portate estive dei corsi d'acqua e sugli apporti idrici ai grandi laghi prealpini ed agli invasi appenninici. Ciò può influire sulle disponibilità idriche irrigue estive che in viticoltura trovano ad esempio impiego per le irrigazioni di soccorso

- i vecchi criteri di vocazionalità che indicavano come adatti alla vite i versanti a mezzogiorno e ad ovest e che fissavano particolari limiti di quota dovrebbero essere rilette alla luce del nuovo clima. Più in particolare l'aumento di 1,5°C delle temperature sull'area italiana comporta un innalzamento del limite dell'areale collinare e montano della vite di circa 250 m. L'aumento di quota dev'essere tuttavia operato con grande prudenza perché le quote più elevate sono più soggette a gelate tardive. In tal senso alle quote più elevate è consigliabile limitarsi alle pendici esposte a mezzogiorno ed evitare le zone di compluvio favorevoli all'accumulo dell'aria fredda

Consigli operativi che mi sento di dare sono pertanto (e mi ripeto) quelli di misurare le variabili meteorologiche in azienda ed interpretarle con modelli idonei a valutare le risorse termiche, radiative e idriche e il loro effetto in termini produttivi e fitosanitari (Cola et al., 2009; Cola et al., 2011). Sono inoltre a mio avviso essenziali le osservazioni fenologiche in vigneto con registrazione delle date di accadimento delle fasi principali (quantomeno germogliamento, fioritura, allegazione, invaiatura e raccolta). A ciò si aggiungano periodiche misure di campo sui caratteri qualitativi delle uve (zuccheri e non solo). Da qui poi l'assunzione di decisioni conseguenti in vigneto e in cantina.

Bibliografia

Beringer W., 2010. Storia culturale del clima, Boringhieri, 349 pp.

Cola G., Failla O., Mariani L., 2009. BerryTone—A simulation model for the daily course of grape berry temperature, Agricultural and Forest Meteorology 149 (2009) 1215–1228

Cola G., Mariani L., Failla O., 2011. *Tempo termico e fenologia della vite*, *Acta Italus Hortus* 3: 31-34.

McGovern P., 2003. *Ancient Wine: The Search for the Origins of Viniculture*, Princeton University Press.

Mariani L., 2006. *Clima ed agricoltura in Europa e nel bacino del Mediterraneo dalla fine dell'ultima glaciazione*, *Rivista di storia dell'agricoltura*, anno XLVI, n.2, 3-42.

Mariani L., Cola G., Parisi S., Failla O., 2012. *Climate change in Europe and effects on thermal resources for crops*. *International Journal of Biometeorology*

Mariani L., 2012. *Il fattore forzante della CO₂*, in Pedrocchi E. e Alimonti G. (a cura di), *Energia, sviluppo, ambiente*, Osservatorio per l'Energia Mario Silvestri, Soc. editrice Esculapio, Collana progetto Leonardo, Bologna, 323-329.

Mariani L., 2014. *Clima e agricoltura: storia, attualità e prospettive di un rapporto inscindibile*, ed. Scienza attiva Torino, 64 pp. Reperibile al sito:

http://www.scienzattiva.eu/wp-content/uploads/2014/10/INNO_B_Clima-e-Agricoltura_MARIANI.pdf

Mullins M., Bouquet A., Williams L.E. 1992 *Biologia della vite*. Cambridge University Press pag. 239

Parisi S.G., Antoniazzi M.M., Cola G., Lovat L., Mariani L., Moreale G., Zoltan K., Calò A., 2014. *Spring thermal resources for grapevines in Koszeg (Hungary) deduced from a very long pictorial time series (1740 – 2009)*, *Climatic change*, DOI 10.1007/s10584-014-1220-2.

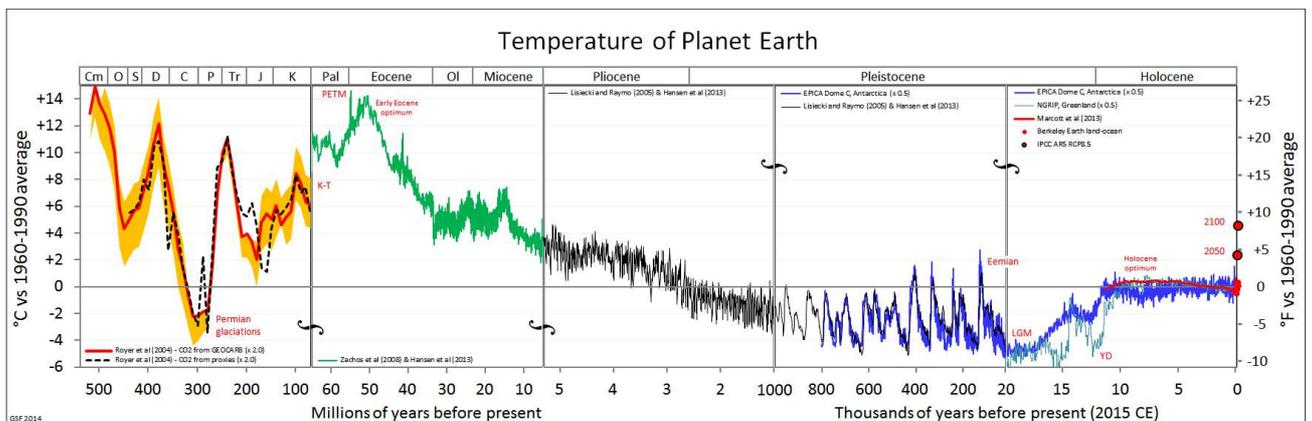


Figura 1 – Andamento delle temperature globali nel secondario, nel terziario e nel quaternario (digramma tratto da Wikipedia). Si noti che la scala dei tempi non è uniforme ed è più ristretta nelle fasi più remote per le quali i dati disponibili sono molto minori rispetto a quelli delle fasi più recenti.

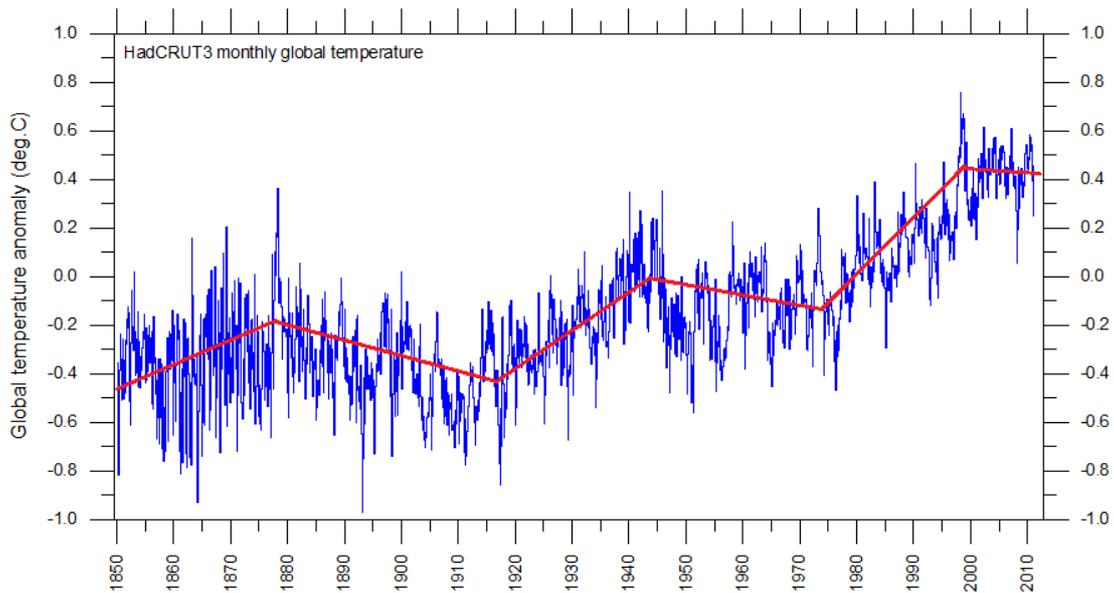


Figura 2 – In blu è mostrato l'andamento temperature globali dal 1850 al 2012 espresse come anomalia rispetto alla temperatura media 1961-90 (fonte: East Anglia University - CRU). Le linee tracciate dall'autore e frutto di analisi visuale aiutano il lettore a cogliere i trend presenti nei diversi sottoperiodi.

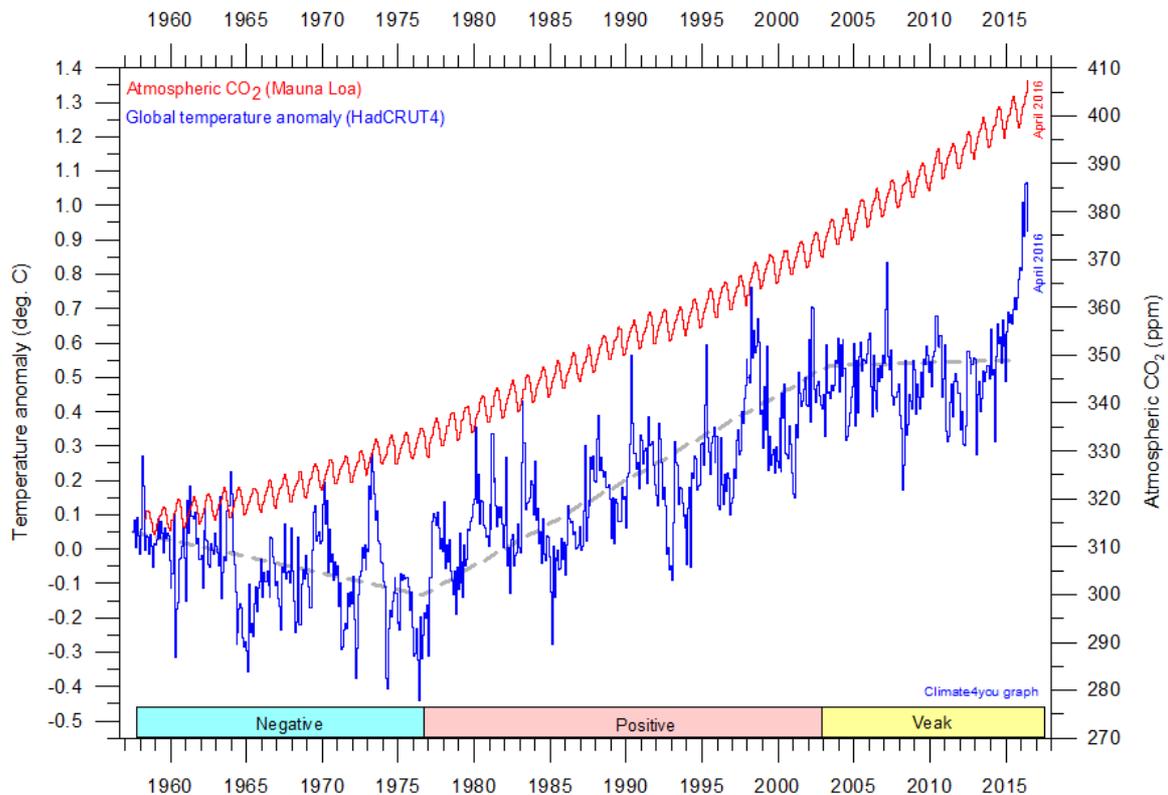


Figura 3 - Per il periodo 1957-2016 si riporta l'andamento della CO₂ atmosferica misurato a Mauna Loa (Haway) e l'andamento delle temperature globali. Si noti che la

CO₂ aumenta in modo assai regolare passando da 320 a 395 ppmv mentre la temperatura globale presenta una fase di raffreddamento (1957-1977), una di riscaldamento intenso (1978-2003) e una di riscaldamento più contenuto (da 2004 ad oggi). Per inciso l'andamento ondulato della CO₂ è frutto della fotosintesi (poiché le terre dominano nel nostro emisfero, durante l'estate la vegetazione asporta CO₂ dall'atmosfera diminuendone in modo evidente il livello). Questo ci addita il fatto che le piante potrebbero rivelarsi uno strumento importante per contenere i livelli atmosferici di CO₂, trasformandola in cibo, vino, vestiario e quant'altro si produce con le piante coltivate (fonte del diagramma: prof. Ole Humlum - www.climate4you.com).

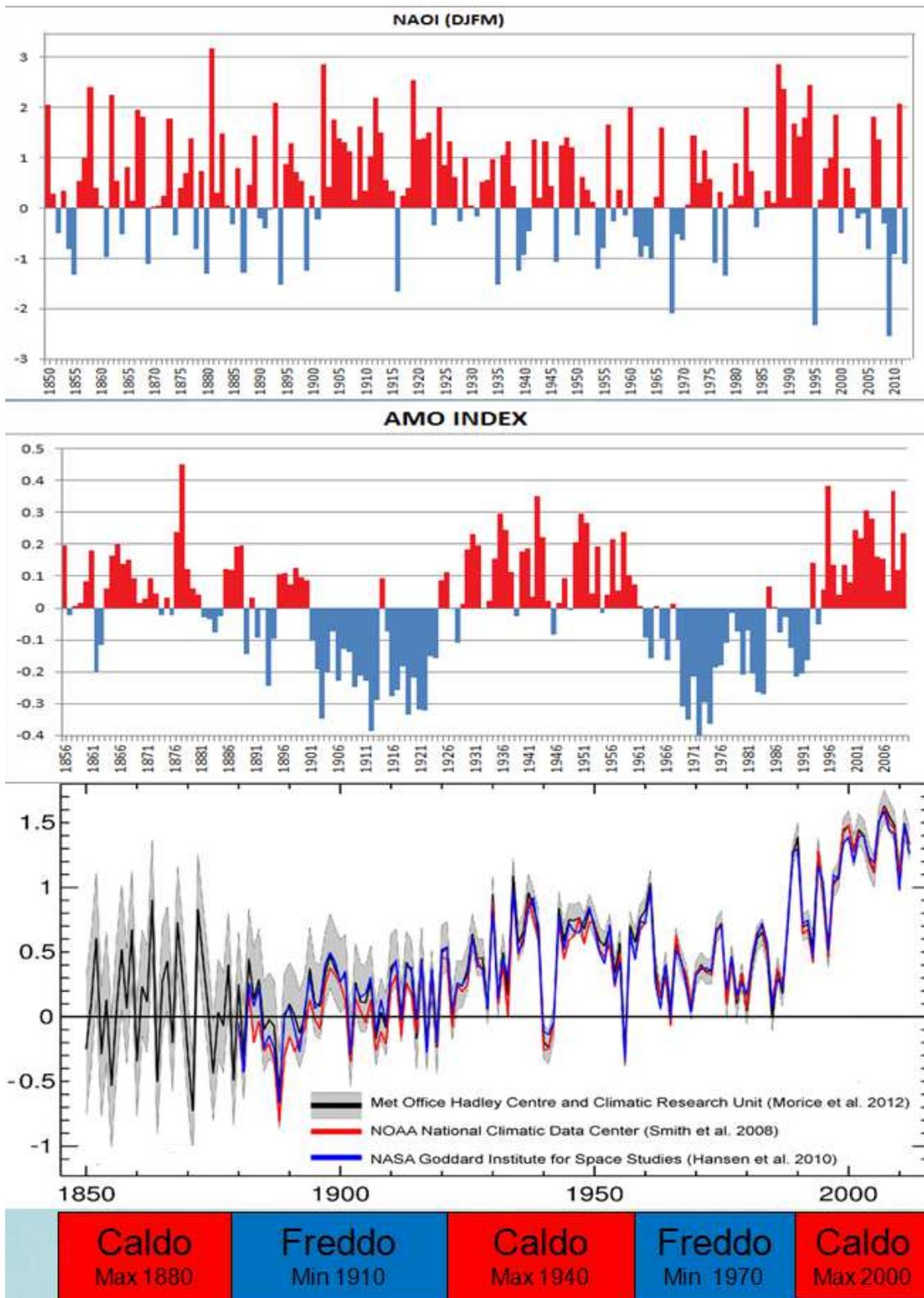


Figura 4 – Il diagramma in basso nella figura rappresenta le temperature europee dal 1850 ad oggi desunte da 3 fonti diverse ed espresse come anomalia rispetto ai valori

pre-industriali (fonte: Agenzia Europea dell'Ambiente). Il diagramma più in alto presenta l'indice circolatorio atmosferico NAO invernale (fonte: CRU-East Anglia University) e quello in mezzo l'indice delle temperature oceaniche AMO (fonte: NOAA).

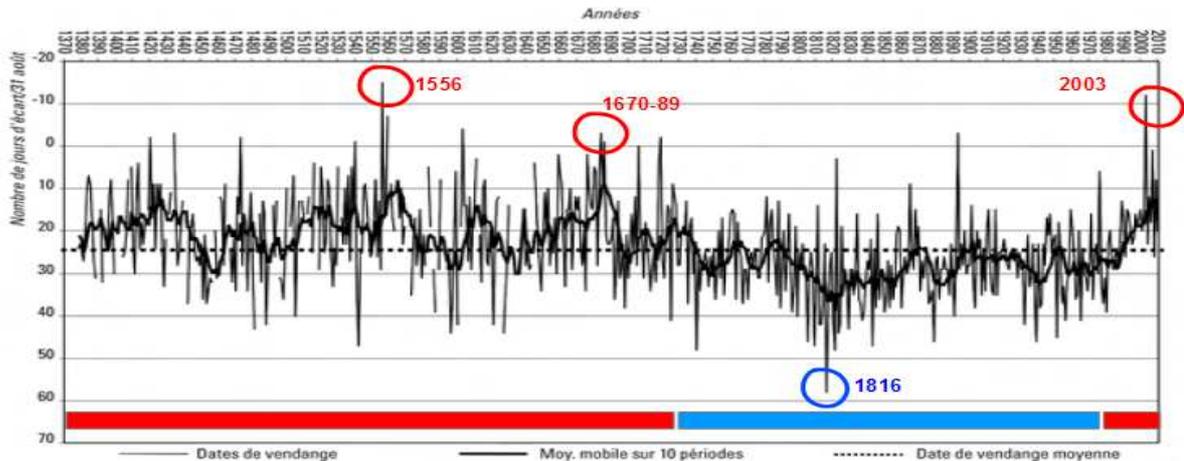


Fig. 8 : Dates d'ouverture des vendanges à Beaune (1371-2010)

Figura 6 – Diagramma delle date di vendemmia a Beaune (Cote d'or, Borgogna) dal 1370 ad oggi. In ordinata è indicato il numero di giorni dal 1 settembre, per cui ad esempio -10 sta per 22 agosto e 10 per l'11 settembre. La precocità di vendemmia dipende soprattutto dalle temperature medie dei mesi di aprile-maggio e giugno. Si noti la forte variabilità interannuale e la presenza di cicli multidecadali che, come descritto nel testo, sono legati alla temperatura marina e all'intensità delle gradi correnti occidentali (westerlies). La linea tratteggiata indica la data media di vendemmia che è il 23 Settembre. La vendemmia più tardiva è stata nel 1816 (28 Ottobre) e quella più precoce el 1556 (16 Agosto).

[fonte Labbé T., Gaveau F., 2013. Les dates de vendange à Beaune (1371-2010). Analyse et données d'une nouvelle série vendémiologique, *Revue historique*, n° 666, 2013/2, p. 333-367].

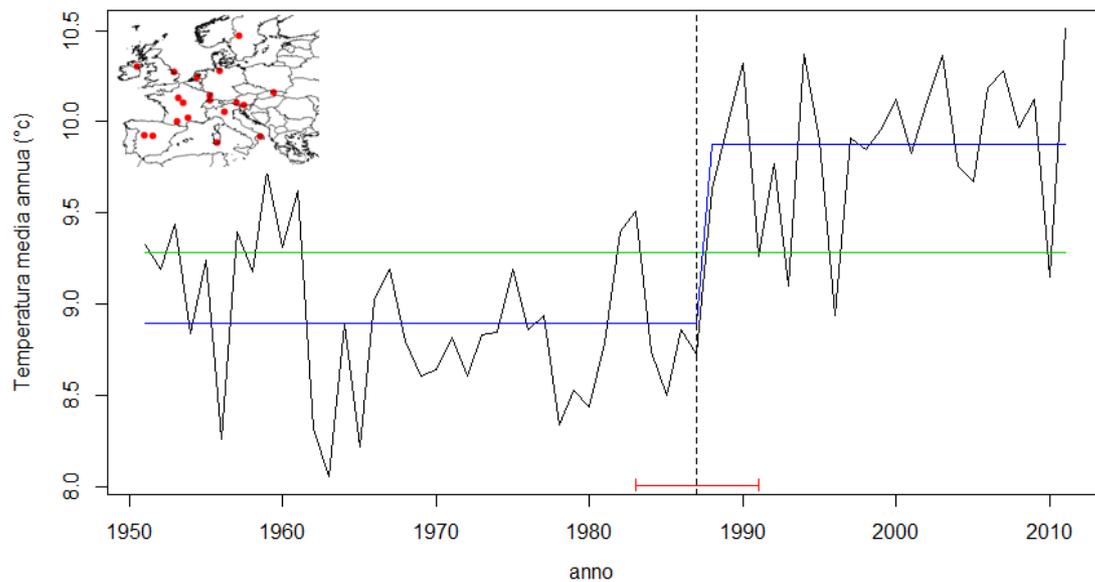


Figura 5 - Andamento delle temperature medie annue annuo in Europa (media delle 20 stazioni riportate nella cartina in alto a sinistra). L'analisi statistica adottata (analisi di discontinuità svolta tramite il test statistico di Bai e Perron) indica che una discontinuità termica significativa al 99% accade fra il 1983 ad il 1999 (riga orizzontale rossa) e che l'anno più probabile di tale discontinuità è il 1987 (linea tratteggiata verticale). A seguito di tale discontinuità, tecnicamente classificabile come "cambiamento climatico brusco", la media delle temperature per le 20 stazioni europee in esame (riga orizzontale azzurra) passa repentinamente dagli 8,9°C del periodo precedente ai 9,9°C del periodo successivo al 1987.