

LUIGI MARIANI

CLIMA E AGRICOLTURA IN EUROPA
E NEL BACINO DEL MEDITERRANEO
DALLA FINE DELL'ULTIMA GLACIAZIONE

I. *Introduzione*

Nata circa 10.500 anni fa nell'area della cosiddetta Mezzaluna fertile¹, l'agricoltura è divenuta in un breve volgere di tempo la tecnologia dominante della civiltà europea e come tale uno strumento chiave per garantire la sopravvivenza dell'uomo e la sua stessa cultura.

Obiettivi specifici di questo lavoro sono i seguenti:

1. descrivere in estrema sintesi l'avventura dell'agricoltura in Europa e nel Mediterraneo dalla sua invenzione (la rivoluzione neolitica, poco più di 10.000 anni orsono) a oggi;
2. mostrare come tale avventura sia stata indissolubilmente legata al clima europeo e alla sua variabilità.

Saranno inoltre discussi alcuni temi di interesse generale e in particolare:

- saranno sviluppate alcune considerazioni sui legami fra clima e storia ponendo il clima fra le variabili guida fondamentali delle vicende umane e fornendo alcuni esempi di come il climatologo possa contribuire alla ricostruzione delle vicende storiche;
- sarà posto in evidenza il tema della vulnerabilità dei sistemi agricoli e umani al clima, traendo da ciò alcune conseguenze pratiche in termini di rischio e di adattamento.

¹ G. CLARK, *La preistoria del mondo, una nuova prospettiva*, Milano, 1986; F. SALAMINI, H. OZKAN, A. BRANDOLINI, R. SCHAFER-PREGL, W. MARTIN, *Genetics and geography of wild cereals domestication in the near East*, «Nature», 3, june 2002.

Per raggiungere tali obiettivi è stato indispensabile porre in relazione fra loro i risultati di varie discipline scientifiche quali la storia, l'agronomia, la genetica vegetale e umana, la climatologia, la geologia, la palinologia, la dendrocronologia e la glaciologia. Il rischio insito in operazioni di ampio respiro come questa è quello di giungere a una struttura solo parzialmente consistente, un rischio che vale la pena di correre vista la rilevanza dei temi in discussione e che può essere almeno in parte superato grazie al dibattito che queste considerazioni potranno, ci si augura, suscitare.

2. Clima e produzione agricola

Lo stretto legame fra clima e produzione agricola è a tutti intuibile almeno a livello qualitativo, mentre per una valutazione quantitativa del fenomeno presento il grafico in figura 1, il quale descrive l'andamento della produzione di frumento negli Stati Uniti d'America dal 1890 al 1997, secondo dati riportati dall'USDA², Ministero dell'Agricoltura statunitense e che mostra andamenti analoghi a quelli riscontrabili nelle statistiche produttive di varie colture in ogni parte del mondo. Si noti che la produzione di frumento, grossomodo stazionaria intorno a valori medi di 10 q/ha dal 1890 al 1940 circa, abbia in seguito manifestato una crescita abbastanza regolare il cui merito è da attribuire in uguale misura al miglioramento delle agrotecniche (lavorazioni del terreno, concimazioni, trattamenti fitosanitari, ecc.) e al miglioramento genetico. Tale andamento generale è tuttavia accompagnato da una ampia variabilità interannuale (ad esempio ai 13,5 q/ha del 1965 seguono i 22 q/ha del 1966) che gli agronomi attribuiscono in larga misura al clima, essendo consci del fatto che la variabilità era assai più ampia nei sistemi colturali del passato – meno “adattabili” di quelli attuali – tanto da giustificare la comparsa dello spettro della fame anche nel cuore dell'Occidente: solo 156 anni ci separano dalle ultime morti per fame in Europa, durante la

² Sito internet dell'USDA (<http://www.ars.usda.gov>).

grande carestia che imperversò in Irlanda negli anni che vanno dal 1844 al 1847³.

Un considerevole interesse riveste la possibilità di estendere l'indagine sui rapporti fra clima e agricoltura all'intero Olocene, e cioè a tutto il periodo che si estende dalla fine dell'ultima glaciazione a oggi. Le ragioni d'interesse di una tale operazione sono molteplici e in particolare:

- la possibilità di indagare i legami esistenti fra clima e storia umana, ricorrendo a metodi già definiti da storici e climatologi come Monterin⁴, Carpenter⁵, Le Roy Ladurie⁶, Pinna⁷ e Lamb⁸;
- la possibilità di analizzare gli aspetti ecosistemici legati al clima (ad esempio: avanzata dei deserti nelle aree tropicali, avanzate e arretramenti glaciali alle medie latitudini);
- la possibilità di ricavare dall'indagine del passato elementi utili per sviluppare scenari climatici futuri per il nostro pianeta.

L'estensione dell'indagine climatica all'intero Olocene ci pone di fronte al problema di indagare periodi assai più remoti rispetto agli ultimi tre secoli, che sono gli unici per i quali si dispone di serie strumentali di dati meteorologici. A tale proposito si deve rammentare che la prima rete meteorologica a livello mondiale, operante dal 1657 al 1667, fu quella toscana dell'Accademia del Cimento. In questo vanto italiano c'è lo zampino di Galileo il quale utilizzò la meteorologia (insieme all'astronomia) come banco di prova della sua nuova scienza. Nacquero così i primi strumenti di misura meteorologica moderni e cioè il termoscopio, in-

³ C. CATTANEO, *Su lo stato dell'Irlanda nell'anno 1844*, «Il Politecnico», 1844; ID., *Dei disastri dell'Irlanda negli anni 1846 e 1847*, «Il Politecnico», VIII, 1847; ID., *D'alcune istituzioni agrarie dell'Alta Italia applicabili a sollievo dell'Irlanda – lettere a Roberto Campbell, Officiale della Marina Britannica e Regio Vice-Console in Milano*, in *Memorie di Economia Pubblica dal 1833 al 1860*, Milano, 1983.

⁴ U. MONTERIN, *Il clima delle Alpi ha mutato in epoca storica?*, Roma, 1937.

⁵ R. CARPENTER, *Clima e storia, una nuova interpretazione delle fratture storiche nella Grecia antica*, Torino, 1978.

⁶ E. LE ROY LADURIE, *Tempo di festa, tempo di carestia, storia del clima dall'anno 1000*, Torino, 1976.

⁷ M. PINNA, *Le variazioni del clima, dall'ultima grande glaciazione alle prospettive per il XXI secolo*, Milano, 1996.

⁸ H.H. LAMB, *Climate, present, past and future*, London, 1977.

ventato da Galileo Galilei, il barometro di Evangelista Torricelli e il pluviometro di Benedetto Castelli e nacque pure l'idea di utilizzare tali strumenti per indagare in modo sistematico la variabilità dei fenomeni atmosferici in luoghi diversi, in Italia e in Europa (alla rete del Cimento afferirono infatti anche alcune stazioni estere come ad esempio Parigi). La serie strumentale ininterrotta più lunga del mondo è invece la serie termica dell'Inghilterra centrale, che si estende dal 1659 ai giorni nostri, un'inezia rispetto alla vita del nostro pianeta (se l'esistenza della Terra fosse di 24 ore, gli ultimi 300 anni rappresenterebbero solo 5,76 millesimi di secondo).

Il problema dell'assenza di dati strumentali può essere oggi almeno parzialmente superato facendo ricorso ai metodi propri della paleoclimatologia, branca della climatologia che lavora su periodi non coperti da serie storiche di dati meteorologici. Fra tali metodi si può ricordare in primo luogo lo studio delle fonti storiche. Ad esempio nel caso dell'Italia sono noti gli studi compiuti sulle serie delle piene del Tevere riportate dall'annalistica latina⁹ ovvero le registrazioni sui congelamenti del Po o della laguna di Venezia.

Altri metodi paleoclimatologici si fondano sullo studio di serie correlate (*proxy series*) quali quelle provenienti da depositi alluvionali (fluviali, lacustri, marini), dalle torbe, dalle carote glaciali, dalle morene dei ghiacciai, dalle cerchie di accrescimento di alberi, dai pollini fossili, ecc.

Uno degli elementi più caratteristici di un tale approccio è il fatto che esso necessita di un forte spirito interdisciplinare, che prevede la collaborazione di storici, climatologi, glaciologi, geologi, botanici, ecc. Si pensi ad esempio a quanti spazi di interdisciplinarietà apra, nell'analisi di serie storiche di cerchie di accrescimento degli alberi, la necessità di distinguere il segnale legato all'effetto delle variabili meteorologiche (temperatura e precipitazione *in primis*) dal rumore legato ad esempio a interferenze antropiche, ad avversità biotiche e abiotiche o a competizione fra individui vegetali della stessa specie o di specie diverse.

⁹ D. CAMUFFO, *Clima e uomo*, Milano, 1990.

3. *La rivoluzione neolitica e la scoperta dell'agricoltura*

L'agricoltura si fonda sul fatto che una specie che in natura si presenta in associazione con altre specie rappresentando una quota limitata della biomassa presente in un appezzamento di terreno, viene portata a rappresentare quote assai più rilevanti della biomassa stessa, in modo tale da ottenere un numero di calorie per ettaro assai più elevato. Come conseguenza è possibile sostenere molti più esseri umani (da 10 a 100 volte) di quanto non potesse garantire un ettaro di terra vergine sfruttata da cacciatori-raccoglitori¹⁰.

L'agricoltura può essere considerata come una delle maggiori invenzioni della storia dell'umanità, il cui valore epocale la assimila ad esempio all'invenzione della ruota o della scrittura; contro tale evidenza ha scarso peso la teoria secondo cui la rivoluzione neolitica sarebbe stata in realtà una catastrofe che avrebbe minato lo stile di vita e la stessa salute delle popolazioni¹¹.

Esiste oggi una vasta concordanza sul fatto che la nascita dell'agricoltura in Eurasia si deve a un gruppo umano relativamente piccolo che fece il salto dallo stadio della caccia e della raccolta a quello della coltivazione di vegetali per la sopravvivenza. Tale fenomeno ebbe luogo in tre culle poste nella cosiddetta "Mezzaluna fertile" (fig. 2), che comprende le seguenti aree:

- la regione compresa fra le odierne Israele, Giordania, Libano e Siria occidentale;
- la Turchia sudorientale;
- l'area lungo il Tigri e l'Eufrate (fra Iraq e Iran occidentale).

Circa lo scenario naturale teatro della rivoluzione neolitica, la maggior parte degli studiosi propende per un territorio ricco di risorse naturali (animali selvatici, piante spontanee) che consentivano una dieta ricca di proteine e abitato da popolazioni che raccolsero a lungo i cereali spontanei prima di iniziarne la coltivazione.

¹⁰ J. DIAMOND, *Armi, acciaio e malattie, breve storia del mondo negli ultimi 13000 anni*, Torino, 1998.

¹¹ C.S. LARSEN, *The Agricultural Revolution as Environmental Catastrophe: Implications for Health and Lifestyle in the Holocene*, in *Environmental Catastrophe and Human Response in the Last 11,500 Years*, Hélène Jousse special issue editor, «Quaternary International», in press.

Possiamo ipotizzare che i progenitori selvatici dei cereali coltivati fossero presenti nelle praterie e nel sottobosco delle rade foreste di querce submediterranee ove formavano grandi distese uniformi che maturavano a inizio estate, in coincidenza con l'esaurimento della riserva idrica dei suoli.

Le ragioni del successo in Eurasia della rivoluzione neolitica sono così riassunte da Diamond¹²:

- l'ampia disponibilità di specie vegetali domesticabili e con produttività già elevata in natura (tab. 1) e che dunque non potevano sfuggire ai popoli di cacciatori-raccoglitori, che infatti nella Mezzaluna fertile divennero probabilmente sedentari prima ancora di iniziare a coltivare;
- l'ampia disponibilità di specie animali con caratteristiche fenologiche ed etologiche favorevoli alla domesticazione (tab. 2);
- la forma dell'area continentale eurasiatica (fig. 3), molto sviluppata in direzione est-ovest e che perciò garantiva la facile diffusione delle specie animali e vegetali su fasce omogenee, dal punto di vista del clima e della durata del giorno (in Eurasia, dall'Europa a Giappone, esiste una vasta fascia a clima relativamente omogeneo, seppur localmente interrotta dall'orografia e dalla presenza di deserti);
- l'assenza di grandi barriere ecologiche e orografiche che impedissero la diffusione dell'agricoltura e della tecnologia (ad esempio la ruota apparve nel 3.000 a.C. nel Vicino Oriente e nel giro di pochi secoli si diffuse a tutta l'Eurasia).

Fra le conseguenze di tali fatti rammentiamo:

- la domesticazione (tab. 3) di molte specie animali e vegetali, per cui in Eurasia e Nordafrica vennero domesticati pecora, capra, bue, maiale e cavallo;
- la rapida diffusione a tutta l'Eurasia delle specie domesticate nella Mezzaluna fertile: all'epoca di Cristo i cereali mediorientali erano coltivati lungo tutti i 16.000 km che separano l'Irlanda dal Giappone;

¹² J. DIAMOND, *Armi, acciaio e malattie, breve storia del mondo negli ultimi 13000 anni*, cit.

AREALE	NUMERO DI SPECIE ERBACEE A SEME GROSSO
Asia occidentale, Europa e Nordafrica	33
Mediterraneo	32
Gran Bretagna	1
Asia orientale	6
Africa sub-sahariana	4
America	11
Nord America	4
Centro America	5
Sud America	2
Australia settentrionale	2
TOTALE	56

Tab. 1 *Disponibilità di specie erbacee a seme grosso in diversi ambiti geografici (Diamond, 1998)*

	EURASIA	AFRICA SUB-SAHARIANA	AMERICHE	AUSTRALIA
Specie candidate	72	51	24	1
Specie domesticate	13 (*)	0	1 (**)	0
% di successo	18%	0%	4%	0%

(*) pecora, capra, bue, maiale, cavallo, cammello, dromedario, asino, renna, bufalo asiatico, yak, banteng (bovide indonesiano), mithan (bovide indo-birmano).
(**) lama

Tab. 2 *Disponibilità di grandi animali domesticabili (candidati sono i mammiferi terrestri, erbivori o onnivori, con peso medio > 45 kg). Si noti che solo una piccola parte dei mammiferi candidati presentavano una etologia che li rese effettivamente domesticabili, mentre per molti altri – es: bufalo africano, rinoceronte, elefante africano, zebra, ecc. – la domesticazione risultò invece impossibile (Diamond, 1998)*

SPECIE	DATA (a.C.)	AREA
Cane	10.000	Asia sudoccidentale, Cina, Nordamerica
Pecora	8.000	Asia sudoccidentale
Capra	8.000	Asia sudoccidentale
Maiale	8.000	Cina, Asia sudoccidentale
Bue	6.000	India, Asia sudoccidentale, Nordafrica
Cavallo	4.000	Ucraina
Asino	4.000	Egitto
Bufalo asiatico	4.000	Cina (?)
Lama, alpaca	3.500	Ande
Cammello	2.500	Asia centrale
Dromedario	2.500	Arabia

Tab. 3 *Epoca e luogo di prima domesticazione di alcune specie (Diamond, 1998)*

- la comparsa di surplus alimentari immagazzinabili e la possibilità con questi di alimentare gruppi sociali non dediti alla produzione agricola (specializzazione).

Con l'agricoltura si ebbe dunque la comparsa di società sedentarie (fig. 4), ad alta densità di popolazione e con una stratificazione sociale che si fece più significativa a seguito dell'introduzione di nuove tecnologie (in particolare dell'aratro) che avrebbero consentito il raggiungimento di una produttività sufficiente a tale scopo¹³.

Ciò si tradusse anche in una maggiore possibilità di innovazioni tecnologiche con la conseguenza di un più rapido progresso. Infatti l'innovazione tecnologica è autocatalitica, nel senso che i grandi progressi derivano spesso dalla soluzione di problemi più semplici (ad esempio in Inghilterra occorsero 2.000 anni per acquisire la tecnologia del rame e del bronzo dall'area della sua creazione e solo 250 anni per acquisire la tecnologia del ferro), è subordinata alla nascita di gruppi di specialisti non dediti alla produzione di cibo e infine viene favorita dalla presenza di società molto affollate e dalla compresenza di più società sullo stesso territorio. La densità di popolazione rese inoltre disponibili braccia per i lavori pubblici e per le guerre e dunque, nel bene e nel male, ebbero origine le strutture tipiche della civiltà occidentale e che hanno portato all'egemonia di tale civiltà a livello globale¹⁴.

4. *La rivoluzione neolitica e l'avventura del frumento*

La rivoluzione neolitica coincide in gran parte con l'avventura del frumento (genere *Triticum*) che passa attraverso una fase di coltivazione, intesa come piantagione e raccolta deliberate, e una di domesticazione, che consiste nel processo di selezione genetica con passaggio da forme selvatiche a varietà coltivate (i frumenti selvatici hanno 14 o tutt'al più 28 cromosomi, quelli coltivati arrivano ad averne anche 42). La figura 5 riassume in modo semplificato ma efficace la filogenesi del genere *Triticum*, dai progenitori spontanei alle specie oggi coltivate.

¹³ G. FORNI, *Gli albori dell'agricoltura, origine ed evoluzione dagli Etruschi agli Italici*, Roma, 1990.

¹⁴ J. DIAMOND, *Armi, acciaio e malattie, breve storia del mondo negli ultimi 13000 anni*, cit.

I principali caratteri distintivi dei progenitori selvatici rispetto ai frumenti domestici sono i seguenti:

- semi più piccoli;
- rachide (asse della spiga) fragile e che si frammenta facilmente, per cui alla maturazione le spighe si spezzano e le spighe acuminata favoriscono l'impianto del seme nelle fenditure del terreno arido, al riparo da roditori e uccelli;
- seme vestito e cioè con tegumenti che aderiscono fortemente al seme rendendone difficoltosa l'estrazione.

Il monococco fu probabilmente il primo frumento domesticato e, secondo i lavori più recenti, tale fatto ebbe luogo intorno a 10.500 anni orsono in Turchia sudorientale, nella zona pedemontana di Karacadag. Qui infatti troviamo le popolazioni di *Triticum boeoticum* geneticamente più vicine al monococco coltivato. A livello di popolazioni umane segnaliamo che nella zona in cui i neolitici domesticarono dei cereali pre-esisteva la cultura dei Natufiani, basata sulla raccolta di specie spontanee e sul cui contributo alla domesticazione dei cereali esistono opinioni controverse¹⁵.

Assai importanti per giungere ai moderni frumenti a 42 cromosomi sono anche gli eventi d'ibridazione con *Aegilops*, genere vicino al genere *Triticum*. Tale fenomeno si verificò probabilmente nell'area di Damasco intorno a 10.000 anni fa e fu probabilmente favorito dal fatto che *Aegilops* è specie infestante e dunque in grado di infiltrarsi nei seminativi, rendendo così possibile l'incrocio.

5. *Il cammino verso occidente della rivoluzione neolitica*

Intorno al 6000 a.C. la rivoluzione neolitica, che fino ad allora era confinata nel proprio areale d'origine, iniziò a propagarsi lungo diverse direttrici. Tuttavia la sua avanzata verso oriente fu rallentata dalle catene montuose e dai deserti dell'altopiano iranico mentre la

¹⁵ G. FORNI, *L'agricoltura: coltivazione e allevamento. Genesi, evoluzione, contesto*, in *Storia dell'Agricoltura Italiana*, I. *L'Età antica*, 1. *La Preistoria*, a cura di G. Forni e A. Marcone, Firenze, 2002.

propagazione verso sud fu frenata dal deserto arabico. Pertanto le prime terre di conquista per la nuova tecnologia furono il Nord Africa e l'Europa, a partire dai Balcani e dalle fertili terre dell'Europa centrale. Ecco allora che il monococco coltivato, la cui presenza nella Mezzaluna fertile è documentata fino a 10.500 anni fa, si ritrova 8.000 anni fa a Cipro, in Grecia e nei Balcani e 7.000 anni fa nell'Europa centrale (il declino della sua coltivazione avverrà poi nel corso dell'età del bronzo).

I frumenti tetraploidi coltivati, la cui presenza nella Mezzaluna fertile risale a 10.000 anni fa, si ritrovano 8.000 anni orsono in vari siti del Mediterraneo e raggiungono la fascia pedemontana a nord delle Alpi intorno a 6.000 anni fa. In proposito si osservi che il dicocco resterà il frumento più coltivato nel Mediterraneo fino al 300 a.C., allorché sarà soppiantato dal grano duro, originatosi dal dicocco in seguito a una mutazione avvenuta probabilmente in Egitto.

La marcia dell'agricoltura dai siti d'origine verso occidente è riassunta in modo assai efficace dalla figura 6 (le date, espresse in anni da oggi, sono riferite a siti preistorici datati con carbonio 14). Da tale figura si può ricavare che la velocità d'avanzata media fu di 500 km ogni 500 anni e cioè di circa 1 km l'anno.

Una domanda chiave è poi la seguente: la diffusione dell'agricoltura in Europa avvenne per spostamento di popoli o per diffusione culturale? A favore dello spostamento di popoli che sostituirono pre-esistenti popolazioni di cacciatori-raccoglitori sono:

- la sovrappopolazione, probabile conseguenza della vita sedentaria (indizio);
- la genetica delle popolazioni europee (prova).

Riguardo ai problemi di sovrappopolazione indotti dall'introduzione dell'agricoltura, si deve dire che le popolazioni mesolitiche di cacciatori-raccoglitori vivevano probabilmente in un sostanziale equilibrio con il loro ambiente¹⁶ il che comportava una densità assai modesta. Ad esempio si ritiene che nel Mesolitico l'Inghilterra non ospitasse più di 5-10.000 esseri umani. Tale basso livello demografico è attribuibile al fatto che una coppia non poteva avere

¹⁶ F. FEDELE, *Cacciatori dell'età della pietra nelle Alpi Centrali*, «Le scienze», 294/93, 1993.

più di un figlio ogni quattro anni in quanto durante gli spostamenti alla ricerca di cacciagione era in grado di portare in braccio un solo figlio, essendo già affardellata con armi e masserizie varie; a ridurre la fertilità contribuiva senza dubbio il prolungato allattamento, che probabilmente si protraeva fino al quarto anno di vita del bambino. In media durante la sua fase riproduttiva una coppia poteva dunque avere non più di quattro-cinque figli, di cui solo due-tre raggiungevano l'età riproduttiva, e ciò si traduceva in un sostanziale equilibrio tra nascite e morti (tali valutazioni, sviluppate da Cavalli Sforza¹⁷, sono frutto di osservazioni condotte su popolazioni dedite a caccia e raccolta come pigmei ed eschimesi). Con l'agricoltura e la sedentarizzazione caddero gli ostacoli preesistenti e le coppie poterono giungere ad avere un figlio ogni anno per cui, nonostante le malattie, poté agevolmente crearsi quell'eccesso di popolazione che spinse all'occupazione di nuove terre e agli spostamenti di popoli.

Veniamo invece a discutere della prova genetica: in proposito è fondamentale il contributo dello stesso Luca Cavalli Sforza, il quale sviluppò i propri lavori partendo dall'ipotesi che i geni dei popoli europei conservassero tracce ancora evidenti delle migrazioni più antiche, avvenute cioè in presenza di popolazioni scarse e quindi più facilmente modificabili a livello di patrimonio genetico.

In particolare l'attenzione di Cavalli Sforza si soffermò sulla variabilità spaziale che nella nostra epoca manifestano 95 geni umani in Europa e nel Vicino Oriente. La statistica, attraverso il metodo delle componenti principali, gli ha consentito di analizzare simultaneamente tale variabilità spaziale permettendo di generare alcune mappe (da Cavalli Sforza definite con il termine suggestivo di "paesaggi genetici") che rendono conto di una quota elevata di tale variabilità, aiutandoci a porre in evidenza quelle che secondo l'autore sono le tracce di alcune antiche migrazioni di popoli che hanno interessato la nostra area e in particolare la migrazione dei nostri antenati neolitici.

Cavalli Sforza mostra le prime cinque componenti (figg. 7, 8, 9), quelle cioè che rappresentano la fetta di gran lunga più elevata della variabilità totale dei 95 geni in questione. In particolare la prima

¹⁷ L. e F. CAVALLI SFORZA, *Chi siamo: la storia della diversità umana*, Milano, 1993.

componente (fig. 7, mappa a sinistra) spiega il 28% della variabilità totale e presenta un valore massimo in Medio Oriente e un gradiente negativo verso nord-ovest, con valori minimi in Gran Bretagna, Irlanda e Scandinavia; secondo l'autore tale struttura spaziale rispecchia probabilmente l'irradiarsi dell'agricoltura neolitica dal suo centro d'origine. Le quattro restanti componenti ci serviranno per interpretare altri fenomeni più vicini a noi nel tempo.

Lo scenario che si delinea dagli elementi discussi in questo paragrafo è caratterizzato da popoli di agricoltori in graduale avanzata gradualmente verso occidente (8000 anni fa erano a Creta, 5000 anni fa giungevano in Irlanda). Le nuove popolazioni entrarono ovviamente in competizione per le risorse con i cacciatori-raccoglitori mesolitici: i neolitici infatti disboscavano per coltivare e distruggevano così le aree di caccia. Non si hanno prove del fatto che tale competizione abbia assunto forme di violenza sistematica (guerre), in quanto i primi villaggi neolitici non mostrano tracce di fortificazioni, che nei centri abitati europei compaiono assai più tardi.

In merito ai primi popolamenti agricoli si deve rilevare che mentre nella Mezzaluna fertile si assisteva al primo sviluppo urbano, gli albori dell'agricoltura europea videro insediamenti molto più semplici, sviluppatasi in contesti pienamente rurali: le case presentavano ossatura in legno e pareti in fango secco (fig. 10).

I reperti di ossidiana sono invece la traccia più evidente dei primi commerci degli agricoltori europei. L'ossidiana era un materiale raro, di origine vulcanica, necessario per gli strumenti agricoli primitivi. Il trasporto avveniva per via marittima e fluviale. Alle cave più antiche, sulle isole dell'Egeo, si affiancarono in seguito le cave dell'isola di Lipari, raggiunte grazie al propagarsi verso ovest dell'agricoltura. Dall'ossidiana si ricavano lamette tutte uguali fra loro che si ponevano al bordo degli strumenti da taglio, ottenendo utensili che restavano a lungo affilati grazie alla durezza della pietra.

Sempre in tema di genetica umana vale la pena di ricordare che i nostri geni conservano tracce evidenti del cambiamento di dieta prodottosi con l'agricoltura e l'allevamento¹⁸. In particolare l'alimentazione a base di latte produsse una delle più rapide evoluzioni

¹⁸ *Ibidem.*

genetiche note, per cui la percentuale di individui adulti in grado di metabolizzare lo zucchero del latte (lattosio) scindendolo in glucosio + galattosio, passò dal 2% precedente ai valori attuali vicini al 90%. L'alimentazione a base di cereali produsse invece significativi cambiamenti nella pigmentazione della pelle. Infatti i cereali non contengono vitamina D ma un suo precursore, da cui la vitamina D si genera per esposizione all'ultravioletto solare. Tuttavia la pigmentazione scura della pelle protegge dall'ultravioletto e impedisce tale processo. Da ciò deriva che lo spostamento verso nord dell'uomo abbia prodotto la selezione d'individui a pelle chiara (gli eschimesi sono un'eccezione perché ricavano la vitamina D grazie alla dieta a base di pesce).

Abbiamo prima discusso della velocità di avanzata dell'agricoltura verso l'Europa evidenziando una velocità media di 1 km l'anno. Tale velocità può essere in qualche modo considerata come un elemento caratteristico della prima colonizzazione agricola del nostro continente; in particolare velocità assai più elevate sono state riscontrate nel caso di colonizzazioni svolte da popoli di cacciatori e raccoglitori, abituati a compiere lunghi percorsi alla ricerca di selvaggina e di altre fonti di cibo. Ad esempio la cultura Clovis (cacciatori-raccoglitori) che colonizzò le Americhe a partire da circa 15.000 anni fa avanzò al ritmo di 13 km/anno tant'è vero che 13.000 anni fa erano al confine fra Usa e Canada mentre mille anni dopo li si ritrova in Patagonia¹⁹.

Il puzzle dell'agricoltura euro-mediterranea si completa dunque intorno a 5.000 anni fa e implica importantissime conseguenze ecologiche (ad esempio: vasti disboscamenti, imponenti cambiamenti d'uso del territorio, estinzione di specie animali e vegetali), socio-economiche (superamento delle precedenti civiltà basate su caccia e raccolta) e antropologiche (mutamenti genetici e culturali).

Ci rimane ancora qualcosa da dire circa la successiva evoluzione dell'agricoltura nella Mezzaluna fertile; ciò in quanto dall'8500 a.C. fino all'ascesa della civiltà greco-romana, la Mezzaluna fertile e l'area del Nilo furono i due grandi centri propulsori della nostra ci-

¹⁹ J. DIAMOND, *Armi, acciaio e malattie, breve storia del mondo negli ultimi 13000 anni*, cit.

viltà, cui si devono tutte le maggiori scoperte dell'Eurasia occidentale (l'agricoltura, l'allevamento, la ruota, la metallurgia, lo Stato, ecc.). Tale posizione dominante fu conservata grazie a popoli quali i Sumeri, gli Assiro-Babilonesi, i Persiani, gli Egizi e gli Ittiti mentre solo a seguito delle imprese di Alessandro Magno il baricentro della civiltà e del potere si spostò verso ovest.

Fra gli elementi che marginalizzarono la Mezzaluna fertile vi fu probabilmente una grande crisi ecologica. Infatti l'area era in origine coperta da foreste ma gli alberi furono tagliati per far posto alle colture o per ottenere legname da ardere e da costruzione. In proposito si osservi che il taglio della foresta di cedri è uno dei passaggi chiave del poema mitologico di Gilgames²⁰, massima espressione letteraria della civiltà dei Sumeri. A causa delle precipitazioni scarse e mal distribuite si ebbero alluvioni che asportarono il terreno fertile superficiale (sempre nel poema di Gilgames fa la sua comparsa il mito del diluvio) mentre l'irrigazione portò all'accumulo di sali. Si trattava probabilmente di un'area ecologicamente troppo fragile per reggere l'impatto dell'uomo agricoltore, al contrario dell'Europa occidentale che è più piovosa e assai meno fragile, tant'è che ospita ancor oggi l'agricoltura, millenni dopo la sua introduzione.

Resta indubbio che intorno a 5.000 anni orsono l'occupazione dell'area europea da parte dell'agricoltura ebbe pieno compimento; aveva così inizio la storia del rapporto fra agricoltura e clima in Europa, storia che per essere pienamente compresa deve vedere anzitutto un approccio al clima dell'area euro-mediterranea.

6. *Clima e circolazione atmosferica in Europa*

Per comprendere il clima europeo occorre partire dalla constatazione che il clima è frutto del sistema climatico (fig. 11), sistema alquanto complesso cui partecipano l'atmosfera, gli oceani (ivi compresi i ghiacci oceanici) e le terre emerse (con le aree forestali, i ghiacciai, i deserti, le aree coltivate, i corsi d'acqua e le falde). SCOPO principale del sistema climatico è quello di garantire il riequili-

²⁰ *L'epopea di Gilgames*, a cura di N.K. Sandars, Milano, 1997.

brio energetico fra le diverse aree del pianeta. In tale riequilibrio è cruciale il ruolo della circolazione atmosferica e oceanica, tanto da poter dire che è impossibile capire la macchina del clima se non si adotta una “logica circolatoria” (sarebbe un po’ come se si pretendesse di capire la fisiologia umana senza considerare la circolazione sanguigna).

In particolare il riequilibrio energetico globale del pianeta è garantito per il 20% dalle correnti oceaniche e per l’80% dalla circolazione atmosferica²¹. Può stupire che un fluido gassoso con una così ridotta capacità di contenere calore come l’atmosfera terrestre (tutta l’atmosfera ha una capacità termica inferiore a quella di un metro d’acqua marina) possa trasportare tanta energia. Il fenomeno si giustifica con il fatto che l’atmosfera dispone di un eccezionale vettore e cioè l’acqua, la quale passando da liquida a gassosa assorbe moltissima energia, liberandola nel processo inverso (la condensazione). Per inciso, questo è uno dei tantissimi ruoli chiave che l’acqua gioca nell’ecosistema.

Ma come funziona la circolazione atmosferica a livello globale? Per spiegarlo in modo semplice ma efficace basta pensare a una vaschetta piena d’acqua. Se si espone un lato della vaschetta a una fonte di calore, l’acqua inizierà a salire per ricadere dal lato opposto dando così luogo a una struttura circolatoria, una cella convettiva. A questo semplice modello si ispirò Hadley nel XVII secolo, ipotizzando la presenza di un’unica grande cella convettiva innescata dal riscaldamento solare alle basse latitudini; secondo tale ipotesi l’aria risalirebbe all’equatore per ricadere ai poli. In natura tuttavia tale cella non è stabile perché la Terra ruota, dando così origine alla cosiddetta forza deviante di Coriolis, per la cui azione la cella si spezza in tre celle: la cella equatoriale in cui l’aria sale all’equatore per ricadere a 30° di latitudine, la cella delle medie latitudini in cui l’aria sale a 60° di latitudine per ricadere anch’essa a 30° di latitudine e la cella artica in cui l’aria sale a 60° di latitudine per ricadere al polo. La zona di subsidenza posta a 30° di latitudine costituisce la fascia degli *anticlони dinamici subtropicali*, il cui rappresentante a noi più noto è l’anticiclone delle Azzorre, mentre la zona di assurgenza a

²¹ M. PINNA, *La climatologia*, Torino, 1972.

60° di latitudine costituisce la fascia dei *cicloni dinamici delle latitudini medio-alte* cui appartiene il cosiddetto ciclone d'Islanda.

Sempre per effetto della forza di Coriolis, l'aria ruota in senso orario intorno alle aree di alta pressione mentre la rotazione è antioraria intorno alle aree di bassa pressione. In virtù di ciò gli anticicloni subtropicali e i cicloni delle latitudini medio-alte agiscono come enormi ingranaggi che spingono le masse d'aria da ovest verso est; si spiega così la genesi delle correnti occidentali – in gergo *westerlies* – il grande fiume d'aria che scorre alle medie latitudini del pianeta e di cui tutti noi constatiamo la presenza quando le immagini dei satelliti meteorologici ci mostrano le perturbazioni in arrivo dall'Atlantico. Le grandi correnti occidentali sono un sistema assai efficace per trasferire calore dall'equatore verso i due poli. Tali correnti sono infatti instabili e tendono con facilità a ondularsi, generando le grandi onde planetarie e le perturbazioni (sistemi frontali con i fronti freddi e caldi) che agiscono come grandi scambiatori di energia fra basse e alte latitudini. È in virtù di tali strutture che masse d'aria artica sono periodicamente proiettate verso latitudini tropicali e masse d'aria subtropicale verso i poli.

Con questi elementi siamo in grado di comprendere a grandi linee la circolazione a scala euro-mediterranea (fig. 12), la quale è strettamente legata ai due grandi “motori” e cioè un anticiclone dinamico, l'anticiclone delle Azzorre, e un ciclone dinamico (il ciclone d'Islanda).

La posizione media di tali motori è quella che vede l'anticiclone dinamico con centro a sud-ovest rispetto all'Europa e il ciclone dinamico con centro a nord-ovest, il che consente l'accesso all'area europea delle masse d'aria umida e relativamente mite (aria polare marittima) che hanno sede sull'Oceano Atlantico. In particolare si osservi che tali masse d'aria, per quanto miti, risultano sempre più fredde rispetto a quella mediterranea, il che si rivela cruciale per la formazione di perturbazioni in forma di sistemi frontali o vortici, particolarmente frequenti nel periodo che va dall'autunno alla primavera. Ovviamente l'area interessata dalle correnti atlantiche (e dunque dalle precipitazioni) sarà diversa a seconda della posizione dei “motori”; inoltre l'orografia interferisce parecchio con tali fenomeni e in particolare le Alpi intercettano l'umidità dell'aria, per cui il sud delle Alpi e la Valpadana possono risultare prive di precipitazioni anche in presenza di vigorose correnti atlantiche da nord-ovest.

Succede tuttavia con una certa frequenza che si abbia l'anticlone dinamico centrato sull'est europeo e il ciclone dinamico sull'atlantico al largo del Golfo di Biscaglia, il che consente che sull'Europa giunga aria torrida (aria subtropicale continentale) dall'entroterra africano.

Al contrario l'anticiclone dinamico centrato sul vicino atlantico e il ciclone dinamico centrato sull'Europa dell'Est garantiranno l'apporto verso l'Europa di masse d'aria artica, molto fredda in tutte le stagioni.

Un caso particolare è quello in cui l'anticiclone si posiziona a nord dell'Europa mentre la bassa pressione si stabilisce a sud. In tal caso la circolazione si disporrà da est, invertendosi rispetto al suo corso normale, per cui si assisterà all'apporto di masse d'aria polare continentale, che nel periodo invernale sono quelle più fredde in assoluto presenti nel nostro emisfero e che, poiché l'aria fredda è anche molto "pesante", sono spesso indicate come anticiclone russo siberiano (in presenza di tale massa d'aria la pressione al centro della Siberia può salire fino a 1070 hPa).

Da tale sommaria descrizione emerge che il clima europeo sia in sostanza frutto dell'azione delle strutture della circolazione sulle masse d'aria che di volta in volta si disputano il predominio sull'area euro-mediterranea. Per inciso, si deve considerare che il clima europeo è determinato non solo dall'azione dei grandi motori sopra descritti ma anche da quella di strutture "più piccole", come ad esempio le sacchature atlantiche, depressioni a forma di V il cui transito è tipico dei mesi autunnali, invernali e primaverili o le depressioni mobili del Mediterraneo, innescate dall'irruzione di masse d'aria fredda nella media troposfera. Fra le depressioni mobili ricordiamo, per il contributo al quadro precipitativo dell'area in esame, le depressioni del Golfo di Genova, le depressioni delle Baleari, le depressioni africane e quelle con minimo sull'Italia centro-meridionale e sullo Ionio. La disposizione di tali strutture (orientamento dell'asse, estensione verso sud, ecc.) determina le aree e i versanti più esposti alle precipitazioni.

In tale contesto dinamico giocano un ruolo fondamentale le catene montuose (Alpi e Pirenei *in primis* ma anche i rilievi meno potenti della penisola iberica e dell'area centro-europea) che agiscono sulla circolazione atmosferica alterandola profondamente. Ad esempio i rilievi intercettano l'umidità dalle masse d'aria in arrivo dando luogo a caratteristiche intensificazioni orografiche delle precipitazioni sopravvento cui si associano fenomeni di foehn sottovento.

Da rilevare che il moto incessante di tali masse d'aria si traduce in una variabilità accentuata delle condizioni meteorologiche (nuvolosità, temperatura, precipitazioni, venti, radiazione solare, ecc.) il cui risultato ultimo è tuttavia la sostanziale stabilità del clima europeo; su questa "stabilità che nasce dalla variabilità" si è fondato lo sviluppo dell'agricoltura e della civiltà del nostro continente negli ultimi millenni.

7. *Il clima nell'Olocene*

Lo schema della circolazione europea precedentemente descritto ci consente di affrontare in modo efficace la descrizione del clima dell'Olocene in Europa.

A tale proposito dobbiamo ricordare che la suddivisione in periodi dell'Olocene si deve al botanico norvegese A. Blytt (1843-1898), il quale studiando le torbiere del Nord Europa, elaborò una periodizzazione con alternanza di periodi umidi (accrescimento della torba) e aridi (pedogenesi della torba). Egli riconobbe così 4 fasi: boreale (arida), atlantico (umida), sub-boreale (arida) e sub-atlantico (umida). In seguito lo svedese R. Sernander (1866-1944), collaborando con il palinologo Van Post, correlò le fasi della sequenza di Blytt con mutamenti del livello dei mari o mutamenti climatici riscontrabili dallo studio delle stratigrafie.

Richiamando gli schemi circolatori presentati nel paragrafo precedente, la fase atlantica è quella in cui in Europa domina la circolazione da ovest (fase a *westerlies intense*) mentre nella fase boreale le *westerlies* sono deboli e sono frequenti gli impulsi da est.

Da allora i metodi della paleoclimatologia sono assai migliorati permettendo ad esempio di stabilire che il fanerozoico (ultimi 540 milioni di anni) si è contraddistinto per l'alternarsi di fasi fredde e fasi calde²² mentre il pleistocene (ultimi 2 milioni di anni) è stato costellato da una quindicina di grandi ere glaciali.

Utilizzando *proxy series* riferite a torbiere e a pollini fossili, Bar-

²² J. VEIZER, Y. GODDERIS, L.M. FRANCOIS, *Evidence for decoupling of atmospheric CO₂ and global climate during the Phanerozoic eon*, «Nature», 404, 2000, pp. 698-701.

DURATA	FASE	CARATTERI DEL CLIMA IN EUROPA	CARATTERI DELLA CIVILTÀ UMANA IN EUROPA
10700-9000 a.C.	Oscillazione di Allerod	Fase relativamente umida e mite del tardo glaciale	Paleolitico
9000-8200 a.C.	Dryas recente (ultima fase della glaciazione di Wurm)	Freddo e asciutto	Paleolitico-Mesolitico
<i>8200 a.C. - inizia l'Olocene (era climatica attuale)</i>			
9700-6800 a.C.	Pre-boreale	Caldo-secco	Mesolitico
6800-5500 a.C.	Boreale	Mite	Mesolitico
5500-4000 a.C.	Atlantico antico	Caldo-umido	Mesolitico
4000-2500 a.C.	Atlantico recente	Caldo	Neolitico
2500-800 a.C.	Sub-boreale	Variabile (una grande siccità interessa il Mediterraneo dal 1200 all'850 a.C. e determina la scomparsa della civiltà micenea e ittita)	Età dei metalli
<i>800 a.C. - inizia il sub-atlantico (fase climatica attuale)</i>			
800-300 a.C.	Sub-atlantico	Freddo – umido (espansione glaciale)	Tarda età del ferro
300-100 a.C.	Sub-atlantico	Mite	Civiltà romana
100 a.C.-400 d.C.	Sub-atlantico	Caldo arido	Civiltà romana
400-750 d.C.	Sub-atlantico	Freddo	Alto Medioevo
750-1200 d.C.	Sub-atlantico	Caldo	Esplorazioni vichinghe
1200-1350 d.C.	Sub-atlantico	Freddo	Basso Medioevo
1350-1550 d.C.	Sub-atlantico	Fresco	Basso Medioevo Rinascimento
1550-1850 d.C.	Sub-atlantico	Forte freddo “piccola glaciazione” (espansione glaciale)	Rivoluzione scientifica, controriforma, Età dei lumi, Romanticismo
1850-1950 d.C.	Sub-atlantico	Caldo	Art decò, eclettismo e razionalismo in architettura.
1950-1975 d.C.	Sub-atlantico	Episodio fresco	Fase contemporanea
Dal 1975	Sub-atlantico	Caldo	Fase contemporanea

Tab. 4 *Le fasi climatiche dell'attuale periodo interglaciale*

ber et al.²³ hanno prodotto la seguente lista delle principali fasi umide dell'Olocene, riscontrate attraverso studi riferiti a una serie di siti dell'area britannica e del Centro Europa: 6200-5800 a.C., 2200-2000 a.C., 800-300 a.C., 600-700 d.C., 900-1000 d.C., 1350-1500 d.C., 1650-1800 d.C.

²³ K. BARBER, B. ZOLITSCHKA, S. LAURITZEN, P. TARASOV, A. LOTTER, *Atlantic to Urals - the Holocene climatic record of Mid-Latitude Europe*, Past Climate Variability Through Europe and Africa An International Conference, 27-31 august 2001, Aix-en-Provence, France (<http://atlas-conferences.com/>).

Jalut et al.²⁴, grazie a studi palinologici, hanno invece individuato le seguenti principali fasi aride nell'Olocene Europeo per la Francia mediterranea e la Spagna: 7500-7000 a.C., 5500-5000 a.C., 2500-2000 a.C., 1700-1300 a.C., 600 a.C.-100 d.C., 700-1000 d.C.

Tali informazioni, associate a quelle provenienti da altre fonti²⁵ consentono di tracciare la tabella 4, le cui informazioni sono riassunte a livello grafico nella figura 13, che riporta un diagramma termo-pluviometrico di larga massima dell'Olocene in Europa.

Tale diagramma, pur nella sua estrema approssimazione, permette di constatare che il clima nell'Olocene europeo è stato soggetto a fluttuazioni relativamente ampie, in progressivo smorzamento con l'avvicinarsi al presente. Pertanto da tale diagramma emerge in modo lampante quanto già evidenziato da un enorme corpus di scritti di paleoclimatologia, e cioè che nel clima la variabilità è la norma e che a tale variabilità si assiste da molto prima che l'uomo popolasse il pianeta.

8. *Il ruolo del clima nella rivoluzione neolitica*

Non può sfuggire la coincidenza temporale fra la rivoluzione neolitica e la transizione climatica che nello stesso periodo (circa 8200

²⁴ G. JALUT, A.E. AMAT, L. BONNET, T. GAUQUELIN, M. FONTUGNE, *Holocene climatic changes in the Western Mediterranean, from south-east France to south-east Spain*, «Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology», 160, 2000, pp. 255-290.

²⁵ D. BERTOLANI MARCHETTI, *Vicende climatiche passate e attuali alla luce di recenti ricerche*, in Atti del primo convegno di meteorologia appenninica, Amm.ne Prov.le di Reggio Emilia, 1982; G. BUCCHERI, G. CAPRETTO, V. DI DONATO, P. ESPOSITO, G. FERRUZZA, T. PESCATORE, E. RUSSO ERMOLLI, M.R. SENATORE, M. SPROVIERI, M. BERTOLDO, D. CARELLA, G. MADONIA, *A high resolution record of the last deglaciation in the southern Tyrrhenian sea: environmental and climatic evolution*, «Marine geology», 186, issue 3-4, 2002, pp. 447-470; M. MAGNY, J. GUIOT, P. SCHOELLAMMER, *Quantitative reconstruction of younger dryas and mid-Holocene paleoclimates at Le Locle, Swiss Jura, using pollen and lake-level data*, «Quaternary research», 56, 2001, pp. 170-180; M. PINNA, *Le variazioni del clima, dall'ultima grande glaciazione alle prospettive per il XXI secolo*, cit.; J. VANDENBERGHE, R.F.B. ISARIN, H. RENSSSEN, *Rapid climatic warming: paleo data analysis and modeling*, «Global and planetary change», 30, 2001, pp. 1-5; B. ZOLITSCHKA, *A 14.000 year sediment yield record from western Germany based on annually laminated lake sediments*, «Geomorphology», 22, 1998, pp. 1-17.

a.C.) vide il passaggio dalle condizioni del glaciale wurmiano a quelle del postglaciale, attraverso una fase intermedia, il tardo glaciale, e un'ultima breve fase di avanzata dei ghiacci, il Dryas recente. Il periodo glaciale fu caratterizzato da un clima non soltanto freddo ma anche secco, a causa della ridotta evaporazione degli oceani; di conseguenza l'estensione delle foreste si ridusse mentre si fecero più ampie le aree occupate dai deserti e dalle steppe.

L'ipotesi più accreditata è che la fase fredda e asciutta del Dryas recente abbia contratto le disponibilità di cereali spontanei favorendo chi aveva investito nella coltivazione. A favore di tale ipotesi sta il fatto che la nascita dell'agricoltura ha luogo in epoche vicine in altre aree del globo e in particolare in America, ove la comparsa delle prime colture (mais, zucche, fagioli) della cosiddetta civiltà del mais si ebbe circa 8000 anni orsono e in Asia, ove la nascita della "civiltà del riso" risale probabilmente a 9000 anni orsono, epoca a cui risalgono le prime tracce di piante coltivate (miglio) nelle vicinanze della vecchia capitale imperiale di Xian.

In passato riscosse particolare credito l'ipotesi secondo cui l'aridità del Dryas avesse costretto le popolazioni a concentrarsi lungo i fiumi e a passare dalla raccolta all'agricoltura. L'idea della nascita della civiltà agricola legata ai fiumi sembra totalmente superata sia grazie a studi che indicano che la domesticazione sarebbe avvenuta in aree montane²⁶, sia in seguito alla constatazione che la nascita dell'agricoltura sarebbe più antica rispetto alla sua comparsa (che sarà più avanti discussa) sulle sponde dei grandi fiumi nordafricani e mediorientali.

9. *Le principali crisi climatiche dell'Olocene*

Lungi dal voler percorrere il cammino dell'agricoltura nel corso di dieci millenni, impresa ardua e che vede da tempo impegnati gli storici dell'agricoltura²⁷, ci si limiterà qui di seguito a una trattazio-

²⁶ F. SALAMINI, H. OZKAN, A. BRANDOLINI, R. SCHAFER-PREGL, W. MARTIN, *Genetics and geography of wild cereals domestication in the near East*, cit.

²⁷ G. FORNI, *Dall'archeologia alla storia. Riflessioni metodologiche per l'elaborazione di una (pre)istoria dell'agricoltura italiana*, «Rivista di storia dell'agricoltura», xxxviii, 2, 1998, pp. 157-172.

ne del tutto generale delle principali crisi climatiche che hanno caratterizzato l'Olocene europeo e che ebbero grandi influssi sulla civiltà e l'agricoltura. Per crisi climatica si intende qui un cambiamento climatico che porti a condizioni non favorevoli alla vita e alle attività umane, agricoltura *in primis*.

In particolare si farà riferimento alle seguenti crisi:

- crisi del 2800-2500 a.C. (siccità);
- crisi del 1200-900 a.C. (siccità);
- crisi del 800-300 a.C. (periodo freddo-umido);
- crisi del 200-600 d.C. (siccità);
- crisi del 1500-1830 d.C. (periodo freddo-umido).

9.1 Dall'espansione dell'agricoltura alla crisi climatica del 2800-2500 a.C.

L'espansione dell'agricoltura dall'area della Mezzaluna fertile verso l'area europea avvenne in massima parte durante l'*optimum* climatico postglaciale.

Da non trascurare è anche il ruolo che nel dare slancio a tale espansione ebbe il cataclisma che congiunse il Mar Nero al Mediterraneo. Le evidenze archeologiche indicano infatti che alla fine della glaciazione il Mar Nero si presentava come un enorme lago di acqua dolce formatosi a seguito del ritirarsi dei grandi ghiacciai wurmiani e con un'altezza dell'acqua di circa 150 m inferiore a quella dell'attuale Mar Nero. Attorno a tale lago si sviluppò una civiltà agricola fiorente basata su villaggi localizzati sulle sue rive. Nel 5600 a.C., forse a seguito dell'aumento del livello del Mediterraneo indotto dalle elevate temperature proprie della fase di *optimum* postglaciale, il setto che separava il Mediterraneo dal Mar Nero collassò, si determinò l'apertura del Bosforo, un evento traumatico che forse riecheggia nel mito di Europa e negli stessi miti del diluvio. Tale cataclisma produsse la sommersione di innumerevoli villaggi costieri e produsse migrazioni di popoli che si spinsero verso l'Europa centrale, con un percorso che è marcato dalla presenza di manufatti ceramici specifici²⁸.

²⁸ B. FAGAN, *La lunga estate; come le dinamiche climatiche hanno influenzato la civilizzazione*, Torino, 2005.

Da notare inoltre che l'occupazione dell'areale irlandese, con cui si concluse l'espansione dell'agricoltura verso le "terre del tramonto", avvenne nella fase arida che segna la fine dell'*optimum* climatico postglaciale. Tale fase arida costituì inoltre una crisi climatica di vastissima portata per il Vicino Oriente e l'Africa settentrionale. Infatti svariate evidenze ci consentono di affermare che tra il 9000 e il 4000 a.C. il Sahara era un ambiente relativamente umido, coperto di laghi e ricco di animali selvatici e in cui le popolazioni locali avevano iniziato ad allevare buoi, pecore e capre e forse a coltivare sorgo e miglio, dando così origine all'agricoltura in terra africana.

Tuttavia intorno al 2800 a.C. il clima della sponda meridionale del Mediterraneo si fece improvvisamente arido²⁹, il che comportò un'imponente avanzata della fascia desertica sahariana. Causa immediata del fenomeno pare lo spostamento verso nord delle correnti occidentali associato a un più intenso soleggiamento dell'emisfero boreale legato alla maggiore inclinazione dell'asse terrestre e al perielio ricadente nel mese di luglio³⁰. Maggiore conseguenza storica è il fatto che i gruppi umani dell'Asia occidentale e del Nord-Africa, spinti dal rapido inaridimento delle proprie terre, furono costretti a concentrarsi sulle sponde dei fiumi, con grandi effetti sullo sviluppo delle civiltà. Infatti in Egitto il periodo delle piramidi ebbe inizio nel 2650 a.C. (III dinastia) mentre in Mesopotamia la fase di maggior rigoglio della civiltà sumera iniziò nel 2800 a.C. (a quell'epoca si colloca la mitica costruzione delle mura di Uruk da parte di Gilgames).

A livello di curiosità segnaliamo infine che la crisi climatica in questione ha probabilmente troncato le ultime residue sopravvivenze di un passato più remoto, segnando il destino degli ultimi mammut dell'isola di Wrangel, che secondo studi recenti si sarebbero estinti circa 4000 anni fa³¹.

²⁹ M. PINNA, *Le variazioni del clima, dall'ultima grande glaciazione alle prospettive per il XXI secolo*, cit.

³⁰ M. CLAUSSEN, C. KUBATZKI, V. BROVKIN, A. GANOPOLSKI, P. HOELZMANN, H.J. PACHUR, *Simulation of an abrupt change in Saharan vegetation in the mid-Holocene*, «Geophysical Research Letters», 26, 1999, pp. 2037-2040; P. DE MENOCAL, J. ORTIZ, T. GUILDERSON, M. SARNTHEIN, *Coherent High- and Low-Latitude Climate Variability During the Holocene Warm Period*, «Science», 288 (5474), 2000, pp. 2198.

³¹ S.L. VARTANYAN, K.A. ARSLANOV, T.V. TERTYCHNAYA, S.B. CHERNOV, *Radiocarbon Dating Evidence for Mammoths on Wrangel Island, Arctic Ocean, until 2000 BC*, «Radiocarbon», 37, 1, 1995, pp. 1-6.

9.2 La crisi climatica del 1200-900 a.C.

Una forte e persistente siccità interessò la parte centro-orientale del bacino del Mediterraneo per circa 2-3 secoli, fra il 1200 e il 900 a.C. Possibile causa è anche in questo caso lo spostamento verso nord delle correnti occidentali. Fra le possibili conseguenze storiche Carpenter³² segnala la scomparsa della civiltà micenea e ittita, l'invasione dell'Egitto da parte dei popoli del mare e la comparsa degli Etruschi sulle coste italiane. Nel caso del tramonto della civiltà ittita le fonti egizie testimoniano l'evento, parlando di una grave carestia nel paese degli Ittiti e di spedizioni di grano ordinate dal faraone. Inoltre in una corrispondenza fra Hatti e Ugarit in Siria si parla di una spedizione di 2.000 misure di grano che dev'essere trasportata per nave da Ugarit come «questione di vita o di morte: che il re di Ugarit non indugi».

Alla stessa crisi climatica potrebbe essere ricondotto anche il rapido tramonto della civiltà delle terramare, affermatasi in concomitanza con l'inizio del sub-boreale, la cui abbondante piovosità aveva reso la Pianura Padana allagata per significativi periodi dell'anno, il che avrebbe spinto le popolazioni allo sviluppo degli insediamenti palafitticoli (terramare) a partire grossomodo dal 1550 a.C. Il successo di tale forma di insediamento fu tale che nella media età del bronzo si ebbero fino a trecento insediamenti ubicati nelle zone depresse umide, più facilmente esondabili, della pianura. Tuttavia intorno al 1200 a.C. nell'area fra Oglio, Mincio ed Emilia centro-occidentale lo sviluppo demografico ed economico cessò quasi improvvisamente³³, per poi riprendere solo 500 anni dopo, con la colonizzazione etrusca.

9.3 La crisi climatica dell'800-300 a.C.

All'inizio del sub-atlantico si assiste a un vistoso deterioramento del clima europeo con:

³² R. CARPENTER, *Clima e storia, una nuova interpretazione delle fratture storiche nella Grecia antica*, cit.

³³ G. FORNI, *Gli albori dell'agricoltura, origine ed evoluzione dagli Etruschi agli Italici*, cit.

- calo di circa 2°C delle temperature medie annue rispetto ai 500 anni precedenti, con inverni relativamente miti, conseguenza dell'accentuata circolazione atmosferica da ovest, ed estati fresche o fredde;
- aumento delle precipitazioni in Europa, nel Mediterraneo e nel Nordafrica;
- avanzata dei ghiacciai fino a limiti mai più toccati in seguito;
- calo del limite altimetrico della vegetazione forestale;
- frequenti alluvioni con imponenti fenomeni erosivi: a tale epoca risalgono infatti i delta dei maggiori fiumi italiani³⁴ favoriti in Pianura Padana dagli imponenti disboscamenti avvenuti intorno al 1300 a.C.³⁵.

Fra gli effetti sulla vegetazione si segnala ad esempio in Europa centrale la sostituzione delle steppe aride con foreste di faggi, carpini e ontani e lo sviluppo di grandi torbiere in Germania, Irlanda e Scandinavia, con notevoli ripercussioni negative sulle attività agricole che in quei territori erano di insediamento relativamente recente.

Come possibile causa di tale fase climatica si può addurre lo spostamento verso sud delle *westerlies* in coincidenza con una fase di scarsa attività solare, fatto quest'ultimo dimostrato da studi condotti sugli isotopi radioattivi ¹⁴C e ¹⁰Be³⁶.

Conseguenza del deterioramento del clima furono le migrazioni di popoli verso climi più miti, per cui popolazioni scandinave si spostarono verso la Germania, popoli baltici (Bastani e Sciti) migrarono verso i Balcani, i Dori invasero (o ripopolarono³⁷) la Grecia e i Galli Boi si insediarono in Boemia (VIII secolo a.C.) per calare successivamente in Italia (450 a.C.). Di queste migrazioni si ha

³⁴ M. PINNA, *Le variazioni del clima, dall'ultima grande glaciazione alle prospettive per il XXI secolo*, cit.

³⁵ M. MARCHETTI, *Environmental changes in the central Po Plain (northern Italy) due to fluvial modifications and anthropogenic activities*, «Geomorphology», 44, 2002, pp. 361-373.

³⁶ B. VAN GEEL, H. RENNSSEN, J. VAN DER PLICHT, *Solar forcing of climate change: evidence from the past*, in Atti del Workshop on paleodata and climate models, 8-9 marzo 1999, GKSS – KNMI, 1999.

³⁷ R. CARPENTER, *Clima e storia, una nuova interpretazione delle fratture storiche nella Grecia antica*, cit.

probabilmente traccia nella seconda componente genetica individuata da Cavalli Sforza³⁸ (fig. 7).

A livello padano le frequenti alluvioni resero paludosa la pianura, con acque che la ricoprivano per periodi significativi dell'anno. L'inagibilità delle pianure e dei fondivalle è testimoniata ad esempio dal fatto che le vie usate dai Galli per le calate in Italia centrale correvano sui crinali appenninici.

9.4 La crisi climatica del 200-600 d.C.

Dal primo secolo a.C. il clima europeo iniziò a farsi più caldo e siccitoso³⁹ e il fenomeno si inasprì nei secoli successivi, tanto da assumere i caratteri di vera e propria crisi climatica dal 200 d.C.⁴⁰

Fra le fonti storiche che trattano del fenomeno possiamo citare gli scritti dei georgici latini. Già Saserna, vissuto all'inizio del I secolo a.C., aveva scritto che il clima era di molto mutato, tanto che regioni in cui la crescita di vite e olivo era prima impossibile erano al suo tempo ricche di pingui oliveti e vigneti. Analoghe considerazioni espresse Columella verso la fine del I secolo d.C.

Come possibile causa possiamo anche in questo caso invocare lo spostamento verso nord delle correnti occidentali e come prova geologica si segnala invece il fatto che il Mar Caspio, fra il 300 e il 600 d.C., toccò i livelli più bassi degli ultimi due millenni.

Fra i possibili eventi storici collegati possiamo citare la decadenza e il crollo dell'Impero romano. A tale riguardo il geografo statunitense Huntington⁴¹ segnalò come cause immediate l'inaridimento dell'Africa settentrionale, che per Roma costituiva un vero e proprio granaio, e l'inaridimento dei pascoli dell'Asia centrale che avrebbe costretto i popoli che ivi vivevano a spingersi verso ovest premendo sulle frontiere dell'Impero. Ovviamente un fenomeno di

³⁸ L. E. F. CAVALLI SFORZA, *Chi siamo: la storia della diversità umana*, cit.

³⁹ M. PINNA, *Le variazioni del clima, dall'ultima grande glaciazione alle prospettive per il XXI secolo*, cit.

⁴⁰ R. CARPENTER, *Clima e storia, una nuova interpretazione delle fratture storiche nella Grecia antica*, cit.

⁴¹ E. HUNTINGTON, *Civilization and Climate*, New Haven, 1915.

tale complessità e così ricco di implicazioni storiche, sociali e culturali come la caduta dell'Impero romano non può essere interpretato in modo esauriente sulla base del determinismo climatico; tuttavia il clima può essere fatto rientrare fra le possibili concause dell'evento.

In qualche modo collegabile alla crisi climatica in discussione è considerato da alcuni il vuoto nella storia del Mediterraneo che si registra fra il VII e l'VIII secolo d.C. Su quest'ultimo fatto Carpenter⁴² segnala che, secondo alcuni storiografi del tempo, la Grecia venne invasa da orde slave semicivili oppure da pirati saraceni e che, secondo un cronista bizantino, la Grecia fu invasa dopo che la pestilenza l'aveva spopolata, riferendo forse di un ripopolamento da parte di pastori nomadi dopo che una grande siccità aveva spopolato il territorio.

9.5 La crisi climatica del 1500-1850 d.C.: la Piccola Era Glaciale (PEG)

Dopo l'*optimum* climatico dell'alto Medioevo, che occupò i secoli dal VII all'XI e fu accompagnato da un evento epocale, l'espansione dei Vichinghi (fig. 14), alla fine del XIII secolo i ghiacci ripresero ad avanzare⁴³.

Possibile causa è la scarsa attività solare; in tale epoca il Sole avrebbe infatti presentato un minimo di attività noto fra gli astronomi come minimo di Mounder. Possibili eventi storici collegati sono anzitutto i gravi problemi per le popolazioni alpine con crisi dell'agricoltura e degli scambi commerciali. Tali aspetti sono efficacemente descritti da Monterin⁴⁴ per quanto attiene alla Valle d'Aosta mentre una analisi riferita alle valli alpine bresciane è stata svolta da Berruti⁴⁵.

⁴² R. CARPENTER, *Clima e storia, una nuova interpretazione delle fratture storiche nella Grecia antica*, cit.

⁴³ U. MONTERIN, *Il clima delle Alpi ha mutato in epoca storica?*, cit.; E. LE ROY LADURIE, *Tempo di festa, tempo di carestia, storia del clima dall'anno 1000*, cit.; M. PINNA, *Le variazioni del clima, dall'ultima grande glaciazione alle prospettive per il XXI secolo*, cit.

⁴⁴ U. MONTERIN, *Il clima delle Alpi ha mutato in epoca storica?*, cit.

⁴⁵ G. BERRUTI, *Clima e comunità alpine. L'alta Valle Camonica e l'alta Valle Trompia tra il XIV e il XIX secolo*, Brescia, 1998.

Da segnalare inoltre le gravi traversie incontrate dai coloni norvegesi in Islanda e in Groenlandia; in particolare alla fine del XIV secolo i norvegesi dovettero abbandonare la Groenlandia cedendo il posto agli eschimesi. Gravi problemi ebbe anche l'agricoltura del Nord Europa e tale fatto è segnalato ad esempio dalla scomparsa della coltura della vite in Gran Bretagna, avvenuta intorno al XIV secolo.

Le Roy Ladurie⁴⁶ riporta una serie di carestie con grandi tributi di vite umane che caratterizzarono il periodo in questione e in particolare quella del 1594-1597 (la pioggia incessante rovinò i raccolti in tutta Europa), quella del 1693-1695 (penuria di generi alimentari; milioni di morti in Francia e Paesi limitrofi) e quella del 1740-1750 (ultima carestia a dare morti per fame in Europa se si eccettua la carestia irlandese del 1845-1847 di cui abbiamo parlato in precedenza).

Il picco del freddo estivo fu probabilmente raggiunto nel 1816, grazie al concorso dell'eruzione del vulcano Tambora avvenuta nel 1815, e nell'inverno 1829-1830. In proposito è utile citare questi brani di cronache locali della Valtellina, area alpina interna la cui economia era strettamente legata al commercio dei vini localmente prodotti⁴⁷:

1816 - il 30 ottobre (...) Il raccolto dell'uva che si è fatto in questi giorni in generale fu scarso ma il peggio è che nei luoghi più caldi e nelle migliori situazioni non si è rinvenuto un grappolo maturo. La costiera di sopra S. Gervaso non presentò che uve, se non in uno stato, quale solitamente si osserva nel mese di Agosto, cioè senza avere ombra di tintura. Il vino dell'anno scorso si paga l. 214 alla soma.

1817- li 13 di Aprile - L'inverno fu assai bello, ma la carestia che regna...mette in angustia coloro a cui tocca sostenere la languente umanità. Turbe di poveri molestano le porte de benestanti (...). La cattiva qualità del vino del 1816 ha contribuito a renderci miserabili, non trovandosi per alcun conto acquirenti di questo genere.

⁴⁶ E. LE ROY LADURIE, *Tempo di festa, tempo di carestia, storia del clima dall'anno 1000*, cit.

⁴⁷ D. ZOIA, *Vite e vino in Valtellina e Valchiavenna - La risorsa di una valle alpina*, Sondrio, 2004.

Da sottolineare comunque che secondo vari storici occorre guardare con occhi nuovi alla Piccola Era Glaciale, evidenziando in particolare che tale periodo non può essere in alcun modo letto come un periodo di freddo continuo ma vada viceversa interpretato come un periodo di fluttuazioni anche considerevoli. Ad esempio Le Roy Ladurie⁴⁸ evidenzia come nell'ambito della PEG vi fu un'alternanza di decenni più freddi intercalati da alcuni più tiepidi con alcune estati addirittura torride. In particolare furono di freddo persistente i periodi 1605-1615, 1674-1682, 1695-1698, gli inverni 1709 e 1740 e il periodo 1770-1820.

Furono invece canicolari le estati 1718 e 1719 tanto che in Francia si ebbe un totale di 450.000 morti, uccisi dalla disidratazione e dalla dissenteria. Proprio per evidenziare tali oscillazioni, Le Roy Ladurie intitola *Canicules et glaciers* il suo libro del 2004.

10. *Clima: il cambiamento come norma*

Da quanto sopra descritto possiamo anzitutto dedurre che il clima nell'area euro-mediterranea è un'entità dinamica in continua evoluzione, per cui potremmo dire che in tale ambito "il cambiamento è la norma". Inoltre nell'area in esame assistiamo a una caratteristica opposizione di fase fra l'area del Centro-Nord Europa e l'area del Sud Europa-Nord Africa, per cui le fasi favorevoli all'agricoltura e alla vita umana nella prima risultano sfavorevoli nella seconda e viceversa. Dalle analisi condotte emerge inoltre con chiarezza la vulnerabilità dei sistemi agricoli e sociali in genere alla variabilità climatica; tale vulnerabilità sussiste tuttora come mostrano ad esempio gli effetti delle periodiche siccità nella zona sub-sahariana o quelli delle ricorrenti alluvioni nel subcontinente indiano.

Sul clima come entità dinamica vale la pena di spendere qualche parola in più, trattandosi di un concetto proprio di tutte le culture umane (i miti del diluvio e dell'età dell'oro ci rimandano a ciò).

⁴⁸ E. LE ROY LADURIE, *Canicules et Glaciers - Histoire humaine et comparée du climat*, Paris, 2004.

Il '700 è anch'esso ricco di interrogativi circa la variabilità climatica. Lo attesta il problema posto nel 1773 dall'Accademia delle Scienze di Siena⁴⁹ che così recitava:

Non possiamo sapere per mezzo di osservazioni meteorologiche se nell'estensione di tutta l'Europa l'acqua che cade in pioggia ai giorni nostri sia in maggiore o minor quantità di quella che cadesse ne' secoli a noi più remoti; Si cerca però di sapere la verità del fatto per mezzo di ragioni fisiche, e quali utilità ricavar si potrebbero dalla scienza de' fatti per la coltivazione dei terreni.

A tale problema l'abate Vincenzo Chiminello da Padova, vincitore del concorso, rispondeva propendendo per un aumento delle piogge e proponendo fra l'altro l'introduzione dei prati artificiali per sfruttare le maggiori disponibilità idriche che si erano venute a creare rispetto al passato.

Tuttavia per giungere a una visione moderna della variabilità climatica dobbiamo attendere il XIX secolo, con la scoperta delle ere glaciali⁵⁰ e la conseguente presa di coscienza della provvisorietà del clima attuale, provvisorietà di cui si trovano ad esempio tracce nella poetica del Carducci.

Uno dei più illustri climatologi del XX secolo, H.H. Lamb, pubblicava nel 1973 un articolo divulgativo dal titolo *Il clima si raffredda* in cui constatava la flessione in atto delle temperature e scriveva fra l'altro:

divenne presto evidente che l'anidride carbonica non poteva spiegare tutto. Infatti, nonostante l'aumento della sua produzione dovuto alla sempre maggiore industrializzazione e al crescente consumo di oli e di altri combustibili, la variazione di temperatura si è invertita. E cioè negli ultimi 25-30 anni la Terra è progressivamente diventata più fredda. Il raffreddamento è stato particolarmente intenso intorno al 1960 e vi

⁴⁹ V. CHIMINELLO, *Non possiamo sapere per mezzo di osservazioni meteorologiche se nell'estensione di tutta l'Europa l'acqua che cade in pioggia ai giorni nostri sia in maggiore o minor quantità di quella che cadesse ne' secoli a noi più remoti; Si cerca però di sapere la verità del fatto per mezzo di ragioni fisiche, e quali utilità ricavar si potrebbero dalla scienza de' fatti per la coltivazione dei terreni*, Memoria che fu coronata dall'Imperiale Accademia delle Scienze di Siena sul Problema proposto per l'anno 1773 e aggiudicato nel 1775, Padova, 1776.

⁵⁰ L. AGASSIZ, *Études sur les glaciers*, Neuchâtel (Svizzera), 1840.

sono oggi molte prove di corrispondenti inversioni delle migrazioni degli uccelli e dei pesci e nella estensione delle colture e delle foreste.

Queste parole, così distoniche rispetto ai miti e riti del *global warming* a cui il circo dei media e parte della stessa “comunità scientifica” ci hanno purtroppo abituati negli anni più recenti (Mariani, 2005), richiamano senza dubbio a una visione dei fenomeni che tenga in debito conto i nostri assai limitati livelli di conoscenza del sistema climatico.

L'ultimo secolo ha visto un incremento delle temperature globali di 0,5-0,8°C (peraltro non omogeneo sulla superficie del pianeta) e sulla causa di tale incremento si confrontano diverse ipotesi, tutte con diritto di cittadinanza nella comunità scientifica. Citiamo fra le altre l'ipotesi del potenziamento antropico dell'effetto serra⁵¹, l'ipotesi solare⁵² e l'ipotesi dei raggi cosmici⁵³.

Tuttavia la lettura della variabilità climatica dell'ultimo Olocene induce a ritenere che l'evoluzione futura del nostro clima sia sostanzialmente aperta tanto che, a fronte della pur legittima domanda «fra trent'anni andremo tutti arrosto oppure ci ritroveremo sotto 20 metri di ghiaccio?» è ragionevole la risposta secondo cui «entrambe le possibilità sussistono anche se molto probabilmente non accadrà nulla di tutto ciò».

II. *Che conseguenze trarre dai casi sopra descritti?*

Il rapporto fra clima e storia è tale per cui le variabili climatiche rientrano fra le variabili guida della civiltà umana insieme ad altre fondamentali variabili che sono le risorse – cibo, energia, ecc. – e la stessa cultura in senso vasto (cultura scientifica, cultura dei rapporti sociali, cultura materiale e spirituale, ecc.).

⁵¹ L. MARIANI, *Dispensa di agrometeorologia*, Milano, 192 pp.

⁵² B. VAN GEEL, H. RENNSSEN, J. VAN DER PLICHT, *Solar forcing of climate change: evidence from the past*, cit; W. SOON, E. POSMENTIER, S. BALIUNAS, *Climate hypersensitivity to solar forcing?*, «Annales geophysicae», 2000, pp. 583-588.

⁵³ S.N.J. SHAVIV, *Cosmic Ray Diffusion from the Galactic Spiral Arms, Iron Meteorites, and a possible climatic connection?*, «Phys. Review letter», 89, 2002.

Senza dubbio sul ruolo da assegnare al clima nelle vicende umane occorre prudenza, evitando accuratamente una visione deterministica. In particolare, come ci ricorda Le Roy Ladurie⁵⁴, la storia del clima è da vedere nel quadro della storia delle conquiste dell'uomo, uomo che cerca di svincolarsi dalla "dittatura del clima". Ad esempio tra XV e XVIII secolo il mondo era costituito da una vasta popolazione contadina, di cui l'80-95% viveva dei soli prodotti della terra, per cui l'andamento, la qualità e l'abbondanza dei raccolti regolavano tutta la vita materiale⁵⁵. Restare ancorati alla valutazione del danno significa dunque fissarsi sullo studio di crisi di breve termine mentre invece occorrerebbe cogliere i meccanismi di adattamento (non solo genetico ma anche culturale) posti in atto su periodi più lunghi⁵⁶. Ad esempio l'inverno del 1740 fu disastroso in quanto molto anomalo in rapporto al periodo in cui si colloca. Infatti tale inverno rigidissimo seguiva mezzo secolo di clima oceanico relativamente mite, durante il quale la diminuita variabilità del clima aveva fatto sì che l'agricoltura e il sistema di approvvigionamento delle derrate fossero impreparati di fronte a un evento anomalo.

Il tema dell'adattamento alla variabilità del clima è particolarmente importante e delicato per i sistemi agricoli odierni che sono chiamati all'immane sforzo, fin qui coronato da un successo misconosciuto dai più, quello cioè di garantire alimenti e beni di consumo per una popolazione mondiale che si avvicina ai 7 miliardi di individui e che nel 2050 raggiungerà i 9 miliardi⁵⁷. A tale riguardo può essere importante valorizzare quanto ci viene dall'osservazione del passato e cioè che la risposta dell'agricoltura alla variabilità climatica è sempre consistita in due adattamenti fondamentali, quelli della genetica e quelli delle agrotecniche⁵⁸; da questo punto di vista l'agricoltura che ha consentito per migliaia di anni la sopravvivenza

⁵⁴ E. LE ROY LADURIE, *Canicules et Glaciers - Histoire humaine et comparée du climat*, cit.

⁵⁵ F. BRAUDEL, *Civiltà materiale, economia e capitalismo*, 3 voll., Torino, 1987.

⁵⁶ J. DE VRIES, *Misurare gli effetti del clima sulla storia: la ricerca di adeguate metodologie*, in *Clima e storia, studi di storia interdisciplinare*, Milano, 1981.

⁵⁷ U.S. census Bureau, 2006. World Population Information (www.census.gov/ipc/www/world.html).

⁵⁸ L. MARIANI, *Agricoltura e cambiamento climatico*, «Arpa rivista, rivista dell'Arpa Emilia Romagna», VII, 2, 2004, pp. 44-45.

delle popolazioni del nostro continente vincendo la sua battaglia con un clima variabilissimo e spesso ingrato è da considerare la madre culturale dell'agricoltura della rivoluzione verde, fondata sulla massiccia introduzione di nuove tecnologie nei settori delle lavorazioni del terreno, delle concimazioni, dei diserbanti, della fitoiatria e su una straordinaria innovazione genetica il cui simbolo più efficace è forse dato dalla taglia dei frumenti, passata in meno di un secolo da 150-180 cm a 80-100 cm. Mantenere aperte le vie dell'innovazione nelle agrotecniche e nella genetica è dunque un pilastro per garantire un futuro alla nostra agricoltura come sistema per la produzione di cibo.

A fronte di tali considerazioni esiste la necessità per il settore agricolo di prendere atto che la variabilità rappresenta un elemento "normale" del clima delle medie latitudini e che con tale variabilità ci si deve confrontare a viso aperto. Da questo punto di vista gli elementi a nostra disposizione sono abbastanza scoraggianti. In particolare l'Europa negli anni '80 del nostro secolo è entrata in una nuova fase climatica segnata dall'intensificarsi della circolazione atlantica⁵⁹ il che ha avuto tutta una serie di effetti sul regime termico e pluviometrico dei diversi areali europei⁶⁰. Quanti hanno letto in modo corretto tale discontinuità? Quanti sono oggi portati a pensare che con il "global warming" gli inverni rigidi e nevosi siano ormai impossibili e giungono così impreparati all'inverno successivo, un po' come i francesi del 1740? Potenza dei media o forse potenza di una cultura insensibile agli aspetti quantitativi dei fenomeni e alla necessità di misurare i fenomeni stessi, in primo luogo nella stessa azienda agricola?

Una possibile ricetta per convivere in maniera positiva con il clima delle medie latitudini può riassumersi nei seguenti elementi:

- scordarci le certezze a buon mercato: il clima così come lo conosciamo oggi è frutto dell'interazione di migliaia di cause che in-

⁵⁹ P.C. WERNER, F.W. GERSTENGARBE, K. FRAEDRICH, K. OESTERLE, *Recent climate change in the North Atlantic/European sector*, «International Journal of Climatology», 20, Issue 5, 2000, pp. 463-471.

⁶⁰ L. MARIANI, *Fluttuazioni del clima e cambiamento climatico - alcune ipotesi per l'area padano-alpina*, Notiziario dell'Associazione Italiana di Agrometeorologia, «Rivista di Irrigazione e Drenaggio», 47, 2, 2000, pp. 57-58.

teragiscono fra loro in modo complesso, per cui per poter giungere all'“equazione del clima” abbiamo ancora tanto e tanto da studiare⁶¹;

- rifiutare il catastrofismo in favore di una visione più realistica del presente e del futuro;
- lasciarsi il più possibile permeare da quanto ci viene da settori scientifici e culturali diversi (essere cioè sempre più l'opposto della donna Prassede nei *Promessi Sposi*, che aveva poche idee e a quelle era molto affezionata);
- sfruttare le opportunità che la variabilità del clima ci offre, anche in termini di qualità dei prodotti agricoli; si pensi in proposito agli effetti sulle caratteristiche di un vino di annate differenti dal punto di vista termo-pluviometrico, effetti che un'enologia sapiente è in grado di valorizzare adeguatamente creando prodotti a tutti gli effetti unici.

⁶¹ A. ZICHICHI, *Scienza ed emergenze planetarie*, Bergamo, 1993.

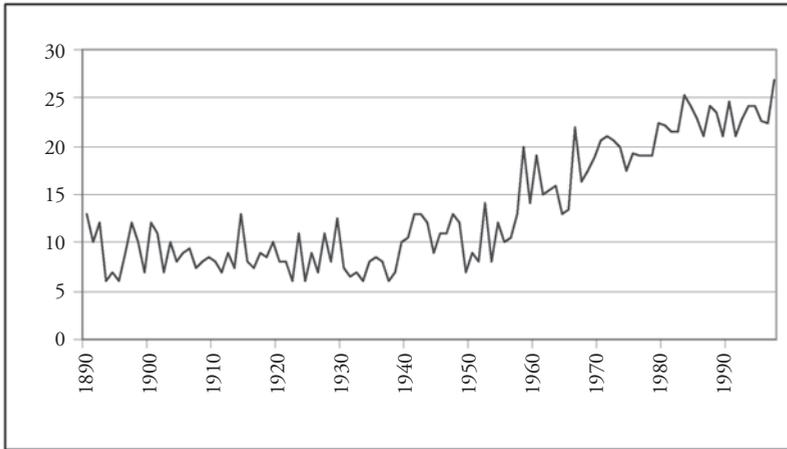


Fig. 1 *Produzione media di frumento negli Usa (quintali di granella per ettaro) dal 1890 al 1997*

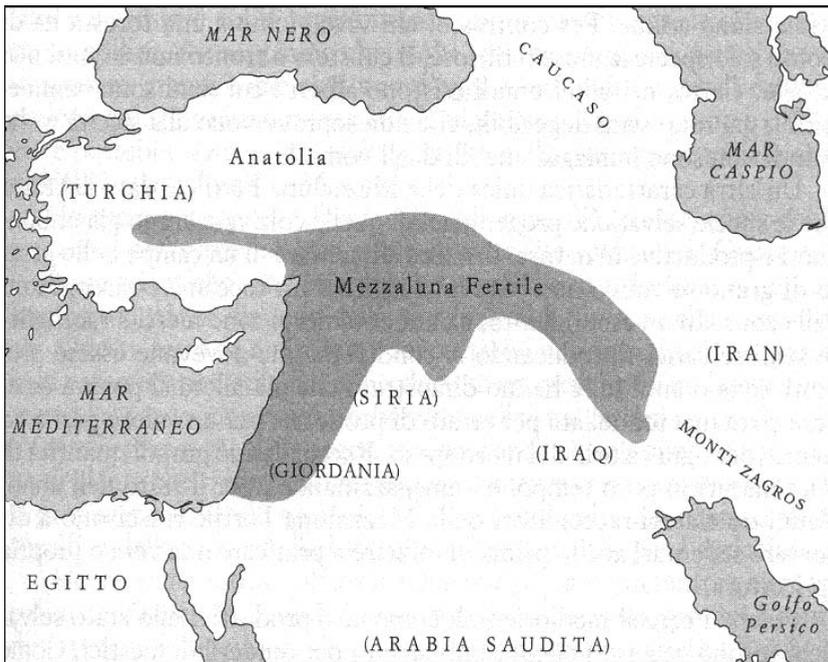


Fig. 2 *La Mezzaluna fertile, culla della rivoluzione neolitica (Diamond, 1997)*

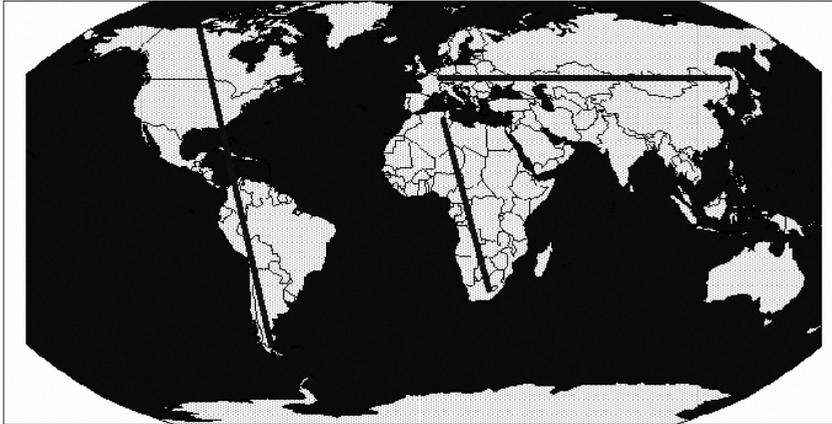


Fig. 3 *L'asse principale dei diversi continenti dimostra come l'Eurasia abbini alla vastità un asse in prevalenza est-ovest, il che favorì la propagazione di specie vegetali e animali lungo fasce latitudinali e climatiche omogenee (Diamond, 1998)*

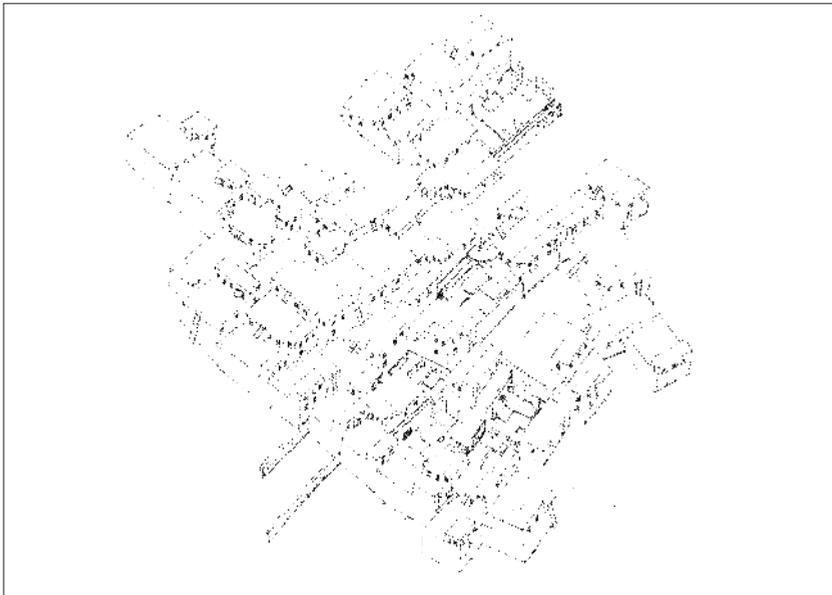


Fig. 4 *La città neolitica di Catal Huyuk in Turchia (Cavalli Sforza, 1983). Catal Huyuk è una collinetta di strati sovrapposti e nello stato più antico si sono rinvenuti i resti di una cittadina neolitica di 9000 anni fa, abitata da 5000 abitanti dediti all'agricoltura. Non c'erano strade e nelle case si entrava dall'alto*

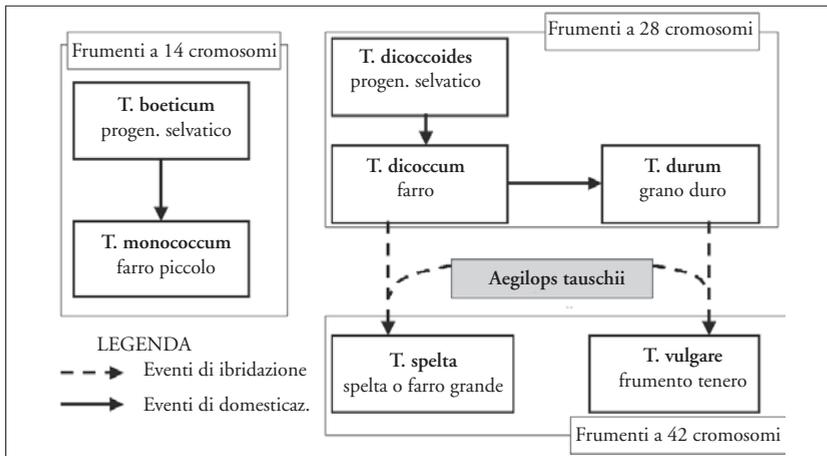


Fig. 5 *Filogenesi del genere triticum (Salamini et al., 2002 - modificato)*

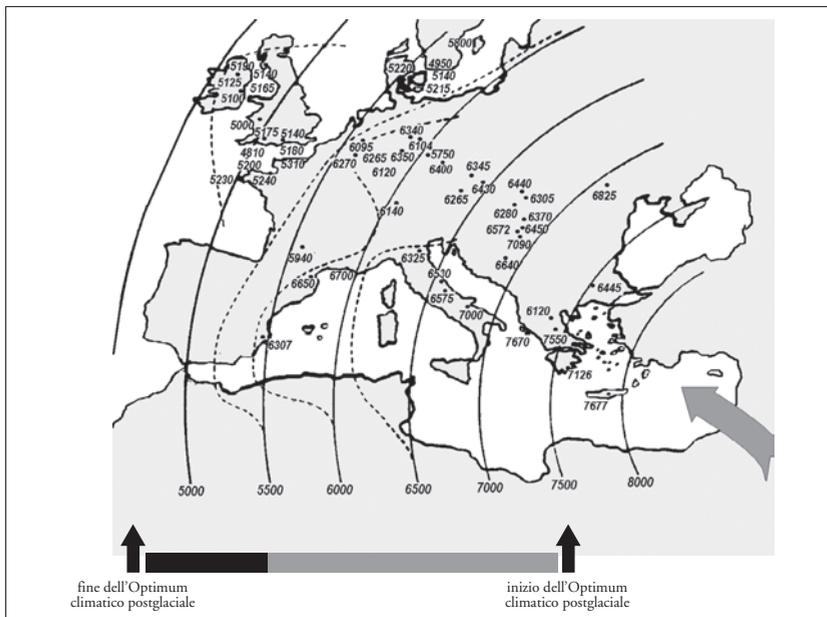


Fig. 6 *Il cammino dell'agricoltura dalla Mezzaluna fertile verso ovest ha luogo in gran parte durante l'Optimum Climatico Postglaciale, la cui fase siccitosa finale coincide da un lato con la colonizzazione delle umide terre irlandesi e dall'altro con la decadenza dell'agricoltura nordafricana. Le date, espresse in anni da oggi, sono riferite a siti preistorici datati con carbonio 14. La velocità di avanzata media è di 500 km ogni 500 anni (da Ammerman e Cavalli Sforza, 1971 - modificato)*

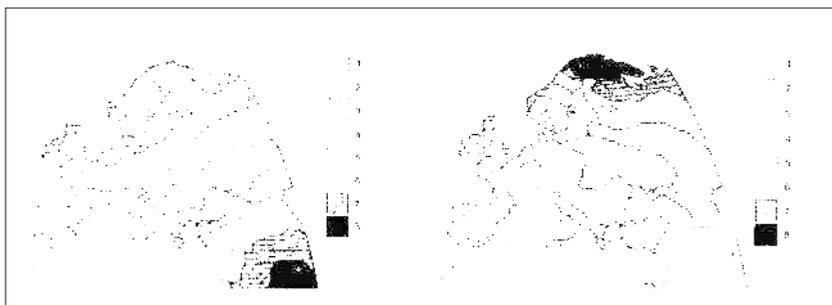


Fig. 7 Mappa delle prime due componenti dei 95 geni delle popolazioni europee. La componente 1 ha un massimo in Medio Oriente e probabilmente rispecchia la migrazione dei neolitici. La componente 2 rispecchia invece le migrazioni dei popoli del nord verso territori più miti in coincidenza con fasi fredde (Cavalli Sforza, 1993)



Fig. 8 La terza e la quarta componente presentano rispettivamente un massimo in Ucraina (probabilmente legato alle migrazioni di pastori indoeuropei avvenute fra il 4000 e il 2500 a.C.) e un massimo in Grecia, Magna Grecia e Anatolia (probabilmente legato all'espansione dei Greci fra il 700 e il 300 a.C.) (Cavalli Sforza, 1993)

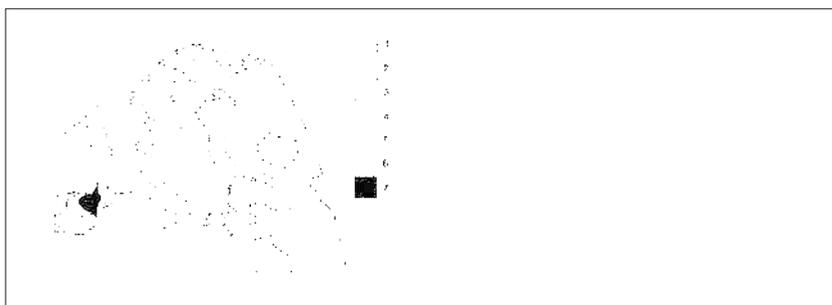


Fig. 9 La quinta componente presenta un massimo principale nei Paesi baschi e uno secondario in Ucraina. Cavalli Sforza ipotizza che tale paesaggio genetico rappresenti per così dire le "isole" di genotipi pre-esistenti rimaste nel mare dei nuovi tipi genetici frutto delle ondate migratorie (Cavalli Sforza, 1993)

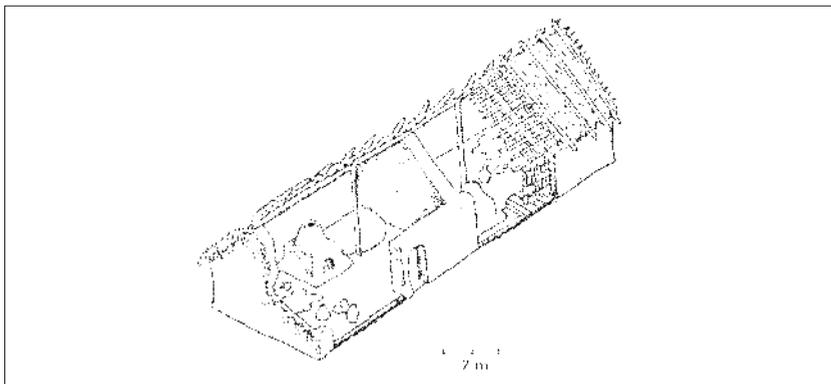


Fig. 10 Abitazione neolitica europea; resti di case di questo tipo sono stati rinvenuti in Ungheria, Austria e Francia (Cavalli Sforza, 1993)

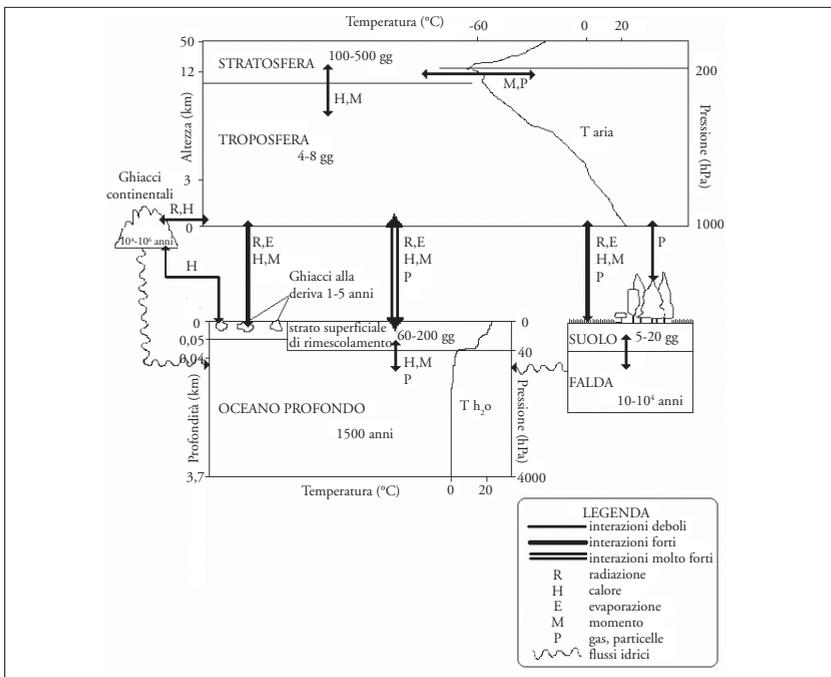


Fig. 11 Il sistema climatico, i principali sottosistemi che lo compongono e gli scambi (di materia, energia, momento, ecc.) in atto fra essi. In due casi (troposfera e strato di rimescolamento oceanico) la scala dei tempi rappresenta il tempo occorrente per ridurre i coefficienti di autocorrelazione al di sotto della soglia di significatività mentre negli altri casi rappresenta il tempo di permanenza delle sostanze caratteristiche (da Flohn e Fantechi, 1984 - modificato)

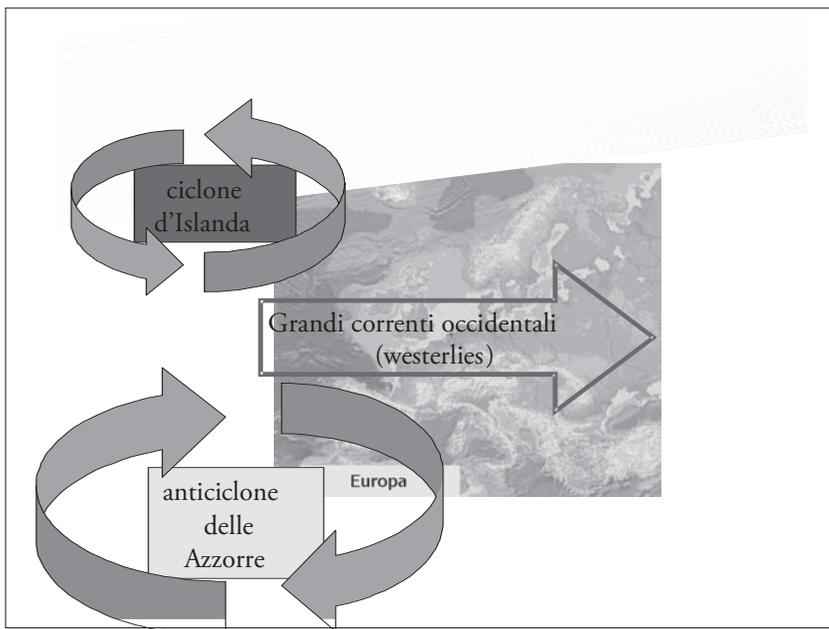


Fig. 12 I grandi motori della circolazione europea

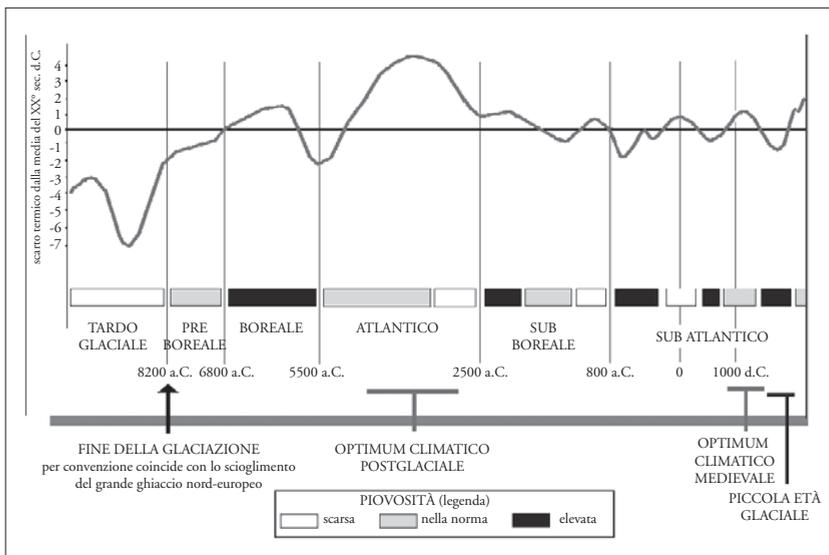


Fig. 13 Diagramma termo-pluviometrico dell'Olocene in Europa

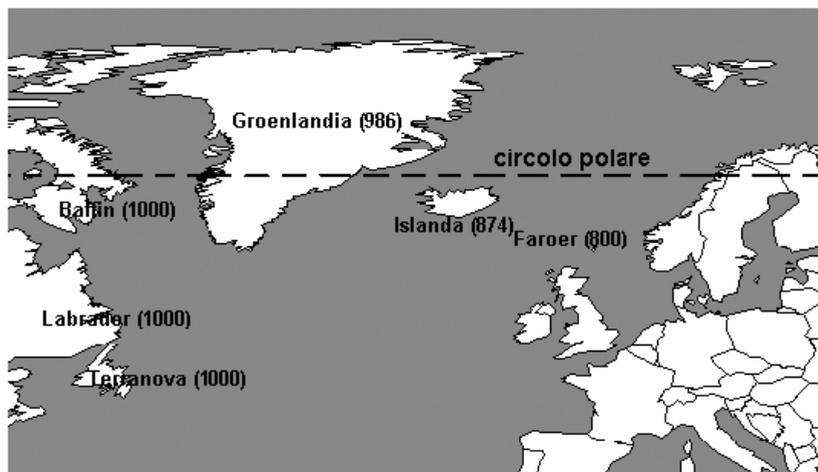


Fig. 14 *Le tappe dell'espansione dei norvegesi nell'Atlantico settentrionale*

