

LE VARIAZIONI DEL CLIMA IN EPOCA STORICA E I LORO EFFETTI SULLA VITA E LE ATTIVITÀ UMANE

Un tentativo di sintesi

1. *Premessa.* — Negli ultimi decenni, accanto alla Paleoclimatologia dei tempi geologici, la quale si sforza di ricostruire le condizioni climatiche della Terra nelle varie ere succedutesi dal Paleozoico fino al Quaternario antico (età glaciale), è sorta una nuova disciplina, la Paleoclimatologia dei tempi storici e preistorici, il cui scopo è quello di tracciare un quadro preciso delle oscillazioni climatiche verificatesi all'incirca dal 4-5000 a.C. ai tempi attuali. In questo arco di tempo di quasi 7000 anni il clima del nostro emisfero ha subito molteplici e sensibili modificazioni, delle quali si vanno raccogliendo prove e testimonianze sempre più convincenti, che sono ovviamente più numerose per le epoche più vicine a noi che non per i tempi più lontani. E' certo tuttavia che nel corso dei secoli si sono alternati periodi più caldi e altri più freddi, rispetto alle condizioni attuali, fasi umide e altre aride, benché fino a poco tempo addietro fosse largamente diffusa la convinzione che dopo l'ultimo periodo glaciale non fossero intervenute modificazioni di sorta nelle condizioni del clima (1). La

(1) A questa convinzione si aggiungeva l'altra che anche il livello marino, dopo l'innalzamento conseguente allo scioglimento dei ghiacciai würmiani, non avesse avuto oscillazioni di sorta fino ai tempi attuali. Uno dei sostenitori dell'immutabilità del livello marino dall'antichità classica ad oggi è stato il grande geologo E. Suess, la cui opinione, data l'indubbia autorità di quello scienziato, è stata accolta e ritenuta valida da altri studiosi anche in epoca molto recente, quando già si erano raccolte prove sicure delle oscillazioni del clima in epoca storica. E' vero che le variazioni termiche verificatesi dalla preistoria ad oggi non sono state così forti come quelle che si ebbero nel Quaternario antico al passaggio da un periodo glaciale a un interglaciale e viceversa, ma è pur vero che esse non potevano non ingenerare un analogo fenomeno di eustatismo glaciale. Alcuni geomorfologi oggi ritengono

Paleoclimatologia dei tempi storici si è arricchita di nuove conoscenze proprio negli anni più vicini a noi, ma nonostante ciò è ancora ai suoi primi passi ed ha bisogno della collaborazione di studiosi di diverse discipline per compiere ulteriori progressi; anzi, uno degli aspetti più interessanti di questa nuova scienza è dato appunto dal fatto che essa si avvale del contributo di cultori di discipline umanistiche e di studiosi di discipline scientifiche, i quali possono trovare nello studio dei climi del passato una piattaforma di collaborazione proficua e interessante. Tra gli studiosi dei quali si auspica la collaborazione, un ruolo particolarmente importante spetta agli storici e ai geografi, poiché essi sono in grado di fornire un gran numero di dati, di prove, di indizi e di testimonianze che, sottoposti al vaglio di una critica razionale, contribuiscono a rivelarci le variazioni del clima avvenute in passato e la loro entità.

La collaborazione fra storici, geografi e cultori di altre discipline nel campo di studio dei climi del passato si è già iniziata da tempo all'estero e con risultati che fanno bene sperare per le ricerche future, mentre quasi nulla, purtroppo, è stato ancora fatto in Italia. Perciò, mentre mi accingo a fare il punto sui principali risultati fin qui conseguiti dalla Paleoclimatologia dei tempi storici, vorrei rivolgere da queste pagine un invito agli storici italiani — se ciò mi è consentito — a dare il loro contributo allo sviluppo delle conoscenze sulle variazioni del clima nel territorio italiano e quindi nell'area climatica mediterranea: contributo tanto più

che dall'antichità classica (I o II secolo a. C.) ai giorni nostri il livello dei mari, dopo alcune fluttuazioni, si sia innalzato di 1 m. o 1,5 m. Si veda in proposito D. HAFEMANN, *Die Frage des eustatischen Meeresspiegelanstiegs in historischer Zeit*, « Verh. des Deutschen Geographentages », vol. 34, 1965, pp. 249-255. In particolare per il litorale italiano si può vedere l'interessante studio di H. DONGUS, *Die Entwicklung der östlichen Po-Ebene seit frühgeschichtlicher Zeit*, in « Erdkunde », Bonn, 1963, pp. 205-222, nel quale si trova un'ampia bibliografia. Un'ulteriore precisazione l'A. ha pubblicato due anni dopo: H. DONGUS, *Entgegnung* (a M. Ortolani e N. Alfieri), in « Erdkunde », Bonn, 1965, pp. 331-333.

Le prime prove sulle variazioni del clima in epoca post-glaciale e nel pieno dei tempi storici sono state raccolte dai naturalisti, e particolarmente dai botanici e dai glaciologi, i quali in un primo tempo hanno discusso questi problemi solo nelle loro riviste specializzate, senza che i geografi e gli storici ne prendessero conoscenza. Soltanto qualche anno prima della seconda guerra mondiale i geografi hanno rivolto la loro attenzione allo studio delle variazioni dei climi, apportandovi anche dei contributi originali, mentre gli storici hanno cominciato ad occuparsi di questi argomenti, con un certo interesse, in epoca più recente.

prezioso in quanto finora la maggior parte delle prove e delle testimonianze relative alle modificazioni intervenute nelle condizioni del clima europeo sono state raccolte nei paesi dell'Europa centro-occidentale e settentrionale, mentre poco ancora sappiamo su quanto è accaduto nelle tre grandi penisole mediterranee. Eppure io sono convinto che non solo nelle opere storiche già note, ma anche nei documenti inediti esistenti negli archivi e nelle molte biblioteche d'Italia, sia possibile reperire una grande quantità di notizie che potrebbero essere utilizzate quali elementi di riferimento nello studio delle oscillazioni climatiche.

Quando ulteriori progressi saranno stati compiuti su questa strada, sarà possibile porre su nuove basi e nei giusti termini il problema dell'influenza del clima e delle oscillazioni del clima sulle vicende umane, un tema sempre affascinante che potrà essere finalmente affrontato con la necessaria competenza e pertanto con maggiore obiettività. Questo problema non è certo nuovo, come tutti sanno, poiché esso è stato riproposto più volte da storici e geografi e risolto in diverso modo a seconda delle tendenze prevalenti nei vari periodi della storia della cultura. L'idea di una diretta dipendenza del carattere dei popoli e delle stesse vicende storiche dalle condizioni del clima è antica e numerosi autori, già nell'età classica, l'avevano espressa esplicitamente nei loro scritti. Si può dire che ogniquale volta l'orizzonte geografico si è ampliato e i popoli sono venuti a contatto con altre genti, diverse per razza, consuetudini e livello culturale, gli storici, i geografi e in generale gli uomini di cultura hanno tentato di spiegare le differenze riscontrate in questi caratteri umani fra regione e regione con la diversa influenza del clima. Ciò è avvenuto dopo i primi contatti dei Greci con i popoli del Vicino Oriente e dopo i contatti degli Europei coi popoli d'oltremare in seguito alle grandi scoperte geografiche. Il problema interessò in modo particolare gli storici vissuti tra il XVI e il XVIII secolo, i quali lo risolsero per lo più nel senso di una stretta dipendenza dell'uomo dalle condizioni climatiche. Potremmo ricordare il Bodin e il Montesquieu, ma questi autori sono troppo noti perché ci si debba qui soffermare sul loro pensiero (2). Contro tale tendenza deterministica,

(2) Un accenno al pensiero di questi autori si trova in E. MIGLIORINI, *La Terra e gli Stati. Lezioni di Geografia Politica*, VI ediz., Napoli, Liguori, 1963,

che si era poi affermata tra i geografi tedeschi della seconda metà del secolo scorso — primo fra tutti il Ratzel — reagì la scuola francese con L. Febvre e P. Vidal de La Blache per riaffermare il primato dell'uomo sulle forze della natura.

Senza voler entrare nel vivo della questione, che ci porterebbe fuori del tema prescelto, e senza voler riproporre necessariamente una visione assolutamente deterministica dei fatti umani (tentazione alla quale non può più cedere ormai nessuno dei geografi moderni), io vorrei obiettare che in passato e in epoca anche molto vicina a noi si è preteso di discutere di rapporti tra uomo e clima senza che si avesse del clima una precisa conoscenza scientifica, cioè prima che nascesse una scienza climatologica capace di fornirci una definizione razionale dei climi e di precisare la distribuzione geografica di questi sulla superficie terrestre. Rilevo ancora che al momento in cui il Vidal de La Blache e il Febvre scrivevano le loro opere non si sapeva quasi nulla sulle variazioni del clima in epoca storica e che anzi era largamente diffusa l'idea dell'immutabilità delle condizioni climatiche. Questa considerazione mi pare particolarmente importante e tale in ogni caso da invalidare qualsiasi soluzione, in senso deterministico o meno, che può essere stata data dai vari studiosi al problema dei rapporti fra clima e uomo. Perciò io ritengo che studiando le società del passato e l'ambiente geografico in cui esse operarono occorre riportarci alle condizioni climatiche di quei tempi (se di quelle al momento attuale siamo ben informati) per poter precisare gli originari rapporti fra clima e uomo in quel particolare ambiente (3). E' vero che a determinare i caratteri dell'ambiente

pp. 7-9. Si veda anche il noto volume di J. GOTTMANN, *La politique des États et leur Géographie*, Parigi, Colin, 1952, pp. 28-37. Uno studio recente sul Montesquieu, considerato come geografo possibilista, è quello di K. M. KRIESLER, *Montesquieu, possibilistic political geographer*, in « Ann. of the Assoc. of Amer. Geogr. », Washington, 1968, pp. 557-574. Per il Bodin rimando al saggio di G. COTRONEO, *Jean Bodin*, Napoli, E.S.I. (coll. « L'Acropoli »), 1966.

(3) Per quel che riguarda la necessità di ricostruire le condizioni geografiche di un certo territorio in epoche passate, al fine di inquadrare con maggiore aderenza alla realtà le vicende storiche che in quel territorio si sono svolte e comprenderne le cause profonde, è molto utile riesaminare il concetto di *geostoria*, esposto dal Braudel nella sua notissima opera: F. BRAUDEL, *La Méditerranée et le monde méditerranéen à l'époque de Philippe II*, Parigi, Colin, 1949. Di quest'opera esiste una traduzione italiana a cura di C. Pischedda (Torino, Einaudi, 1963). Si veda alle

naturale contribuiscono, oltre al clima, anche altri fattori, come i caratteri del rilievo, l'idrografia, la vegetazione, ecc., ma il clima è certamente il fattore primario, perché da esso dipendono il modellamento del rilievo, la fittezza del reticolo idrografico e il tipo di copertura vegetale. Perciò quando il clima muta in un dato territorio anche i rimanenti elementi del paesaggio si trasformano, e ciò non è senza conseguenze per i gruppi umani che risiedono in quell'ambiente. Un solo esempio: popolazioni agricole evolute, insediate in un'area a clima umido in cui è possibile un'agricoltura sufficientemente variata, subiscono una involuzione quando il clima tende a diventare più arido, così da consentire soltanto la cerealicoltura estensiva o addirittura il solo allevamento nomade, oppure sono costrette a emigrare verso paesi che consentano le pratiche tradizionali. Oggi appunto si afferma, da molte parti, che proprio per l'inaridirsi del clima nell'Asia occidentale e nell'Africa settentrionale le popolazioni di quella parte del continente antico dovettero raccogliersi nelle vallate umide nelle quali poi diedero sviluppo alle civiltà potamiche. E' questa una conclusione deterministica? Io non credo. Ritengo anzi sia un'affermazione realistica, che peraltro attende conferma definitiva dai progressi che compirà la Paleoclimatologia nei prossimi anni.

Certamente il problema dei rapporti fra clima e uomo è molto complesso, e personalmente ritengo non solo che esso sia di viva attualità, ancor oggi, ma che si debba impostare su basi nuove, più razionali e più scientifiche, alla luce delle nuove acquisizioni (4). Allo stato attuale delle conoscenze mi sembra però prematuro dare inizio a una discussione esauriente dalla quale possano scaturire risultati definitivi e di assoluta certezza, e mi pare op-

pp. 395-407 dell'edizione italiana. Sull'opera del Braudel è apparso di recente un ampio articolo illustrativo di M. QUAINI, *Il Mediterraneo tra geografia e storia nell'opera di Fernand Braudel*, in « Riv. Geogr. Ital. », Firenze, 1968, pp. 254-265.

(4) Il lettore si accorgerà ben presto, nel leggere le pagine che seguono, come alcuni problemi anche importanti siano qui solo impostati o appena accennati, senza che alla prima enunciazione segua un'approfondita discussione. Ciò era inevitabile, dato il carattere sintetico di questo lavoro e dato che era mia intenzione presentare qui un quadro completo, ma non eccessivamente minuzioso, della storia climatica post-glaciale secondo le più recenti ricerche e nello stesso tempo riportare per ciascuna delle grandi epoche climatiche fin qui riconosciute una serie di correlazioni tra variazioni del clima ed eventi umani per mettere a disposizione degli studiosi, storici e geografi, una vasta documentazione che fosse utile, in un prossimo futuro, a rimettere in discussione il problema del determinismo climatico.

portuno in questo momento far convergere i nostri sforzi verso un'approfondita indagine sulle variazioni del clima nelle epoche passate, dato che una precisa conoscenza di questi mutamenti è di estrema importanza ai fini delle ricerche di geografia storica; questo fatto giustifica appieno l'interesse con cui si dedicano a questi studi, da qualche tempo, storici e geografi, tra i quali può certamente realizzarsi una proficua collaborazione sia nelle indagini aventi fini di ricerca pura, tendenti dunque a fornire un nuovo apporto di conoscenze alla Paleoclimatologia, sia nella soluzione di problemi particolari posti dalle rispettive discipline.

2. *Recenti sviluppi nello studio delle variazioni climatiche.* —

L'interesse per la conoscenza delle variazioni del clima nelle epoche passate si è fatto sempre più vivo negli ultimi tempi, come dimostrano i vari congressi che si sono tenuti su questo tema da qualche anno a questa parte.

Ricordiamo anzitutto il Simposio sulle variazioni dei climi tenutosi a Roma dal 2 al 7 ottobre del 1961 e organizzato congiuntamente dall'U.N.E.S.C.O. e dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale (5). Benché questo convegno si tenesse a Roma, vi è mancato quasi del tutto il contributo degli studiosi italiani, e in verità si è avuta l'impressione che la Paleoclimatologia dei tempi storici non abbia dei cultori, anche isolati, nel nostro Paese. Suddivisi in varie sezioni, gli studiosi presenti hanno discusso delle oscillazioni climatiche effettivamente rilevate da quando si eseguono regolari osservazioni meteorologiche (metà del XVIII secolo), delle variazioni intervenute in epoche più lontane e delle conseguenze di questi fenomeni tanto nel quadro naturale del nostro pianeta, quanto sulle vicende dell'insediamento umano e sulle attività degli uomini. Particolarmente interessanti sono stati la comunicazione di R. W. Fairbridge sulle relazioni tra variazioni del clima e oscillazioni del livello marino (anche queste di grande interesse dal punto di vista degli studi archeologici), lo studio di J. Tixeront sui rapporti fra le variazioni climatiche e l'agricoltura

(5) U.N.E.S.C.O.-W.M.O., *Changes of Climate-Proceedings of Rome Symposium (2-7 Oct. 1961)*, Parigi, U.N.E.S.C.O., 1961. In questo volume appare un solo contributo italiano: E. ROSINI, *A quantitative definition of the meaning of constancy and steadiness of climate*, pp. 45-48.

dei popoli dell'Africa settentrionale, e infine la ricerca di D. H. Amiran riguardante l'influenza delle variazioni del clima sul popolamento delle terre aride.

Nello stesso anno 1961 si è svolta a New York, sotto gli auspici della Società Meteorologica Americana, un'analoga conferenza, che ha trattato delle variazioni dei climi e dei rapporti fra questi e altri fenomeni geofisici che potrebbero esserne le cause determinanti. In tale circostanza alcuni studiosi rilevarono che fino a quel momento si erano fatte troppe ipotesi sulle cause dei mutamenti climatici, senza aver prima raccolto un sufficiente numero di dati statistici necessari per precisare il senso e l'entità delle variazioni avvenute nelle diverse epoche. Ciò spinse quel gruppo di studiosi a gettare le basi di una nuova conferenza, nella quale l'attenzione di un ristretto ma qualificato gruppo di partecipanti avrebbe dovuto concentrarsi sulla ricostruzione delle condizioni climatiche di due secoli particolari, essendo prevalsa la convinzione che soltanto ove si fosse raggiunto un ragionevole successo in questo obiettivo limitato sarebbe stato possibile procedere sulla strada che conduce alla conoscenza delle cause delle variazioni. Infatti il primo passo da compiere nello studio dei mutamenti climatici è quello di chiarire la natura e l'entità delle differenze tra un periodo e l'altro, anche per decidere se debbano essere invocate per questi mutamenti cause locali o planetarie, terrestri o cosmiche. La proposta di questi studiosi venne accolta dal Consiglio Nazionale delle Ricerche statunitense, il quale nominò una Commissione per la Paleoclimatologia sotto la presidenza del Prof. R. A. Bryson, meteorologo della Università del Wisconsin, con lo scopo di preparare la nuova conferenza; tale commissione invitò i partecipanti a rivolgere le loro ricerche soltanto ai due secoli XI e XVI, considerati come espressivi della fase climatica più calda e di quella più fredda verificatesi nell'ultimo millennio (6).

(6) Più tardi ci si rese conto che il momento culminante del periodo caldo medievale è caduto nel XII secolo e che quello del periodo freddo perdurato dal Cinquecento all'Ottocento si è avuto nei secoli XVII e XVIII. Tuttavia i due secoli prescelti rimangono interessanti per altre ragioni, ma non è qui neppure il caso di mettere in evidenza l'importanza particolare che hanno avuto l'XI e il XVI secolo dal punto di vista della storia. Resoconti sul Convegno di Aspen si trovano nei seguenti articoli: H. H. LAMB, *The climates of the 11th and 16th centuries A. D.*, in

Il convegno si è svolto nell'Istituto di Studi Umanistici di Aspen, una bella località climatica sui monti del Colorado, e ha portato a risultati di gran lunga superiori a ogni più ottimistica previsione. E' opportuno perciò soffermarci alquanto a riferire su questo convegno, che ha presentato caratteristiche del tutto particolari rispetto ai precedenti. Anzitutto, per volontà dei promotori, sono stati invitati a partecipare, oltre ai meteorologi di professione, anche naturalisti, geografi e storici, ciascuno dei quali ha portato il contributo dei propri studi. Gli storici hanno dato a questo convegno un apporto particolarmente prezioso, presentando numerose serie di testimonianze, che sono state esaminate insieme con le prove addotte da rappresentanti di altre discipline, e in particolare con quelle fornite dai geografi glaciologi sulle fasi di avanzata e di ritiro dei ghiacciai. Da questi raffronti sono scaturite alcune interessanti concordanze sul comportamento del clima in località diverse e ciò ha permesso di trarre conclusioni abbastanza valide, almeno per certi periodi.

Per l'età medievale sembra si possa giungere, anche entro breve tempo, a ricostruire con ragionevole approssimazione le condizioni climatiche medie per periodi di 50 anni a partire dal 1000, mentre si è ancora lontani da conclusioni valide per periodi più brevi. I dati che si riferiscono all'età medievale infatti sono ancora piuttosto scarsi ed è necessaria molta prudenza nell'utilizzare le fonti di quel tempo (notizie sui raccolti, sugli inverni freddi, sulle inondazioni, ecc.), tra le quali il raffronto è sempre difficile a causa della varietà dei campioni, del metodo di selezione e della qualità del materiale usato. Per il XVI secolo i risultati sono stati invece quanto mai incoraggianti, poiché si è constatato che per quel periodo si dispone di una grande quantità di dati ben documentati sui raccolti, sulle inondazioni, sullo spostamento dei ghiacciai, ecc. e per il fatto che le coincidenze tra le notizie storiche di fonte diversa, anche per luoghi distanti l'uno dall'altro, sono state numerose e spesso sorprendenti. Le condizioni climatiche

« Weather », Londra, 1962, pp. 381-389; R. A. BRYSON, *Summary of the Conference on the climate of the 11th and 16th centuries*, in « Bull. Amer. Meteorol. Soc. », Boston, 1962, pp. 654-657; E. LE ROY LADURIE, *La conférence d'Aspen sur les climats des XI et XVI siècles*, in « Annales - Economies, Sociétés, Civilisations », Parigi, 1963, pp. 764-766; ID., *Le climat des XIème et XVIème siècles: séries comparées*, ibid., 1965, pp. 899-922.

dell'Europa centro-occidentale appaiono ormai chiarite con sufficiente precisione e noi oggi sappiamo che il '500 fu un periodo caratterizzato da un generale abbassamento della temperatura e rappresentò una fase di transizione verso quei massimi di freddo e di avanzata dei ghiacciai che saranno raggiunti nei due secoli successivi.

Senza ancora insistere sui risultati conseguiti nella Conferenza di Aspen, diciamo che uno dei meriti più grandi che vanno ascritti ad essa è stato quello di aver riunito allo stesso tavolo studiosi di varie discipline, di aver avvicinato ciascuno agli altri e di avere reso tutti, naturalisti e umanisti, consapevoli della difficoltà di ricostruire i climi del passato (soprattutto per quel che riguarda il tradurre in valori numerici quantitativi le annotazioni provenienti dalle fonti storiche), ma anche del fatto che la Paleoclimatologia non può essere il campo di studi delle sole scienze naturali, perché il contributo della storia è apparso chiaramente come fondamentale (7).

Desidero infine ricordare, in questo paragrafo destinato ad illustrare i recenti sviluppi della Paleoclimatologia, anche un interessante volume apparso in questi ultimi anni e dovuto alla mano di uno storico francese, E. Le Roy Ladurie (8), che era stato uno dei protagonisti della Conferenza di Aspen. Nella sua *Histoire du climat depuis l'an mil*, egli sostiene con calore il ruolo dello storico nella ricostruzione dei climi del passato, e infatti apporta in questo campo un contributo estremamente importante. L'opera non tratta dettagliatamente di tutto l'arco di tempo che va dal 1000 ad oggi, poiché la maggiore attenzione è rivolta al periodo che intercorre tra la fine del XVI secolo e la metà dell'Ottocento, durante il quale l'Europa e l'intero emisfero settentrionale hanno attraversato una fase fredda, da alcuni definita come « piccola età glaciale ». E' appunto su questo periodo che l'A. ha dato un notevole contributo originale, fornendo un gran numero di testimonianze nuove e ineccepibili sull'avanzamento dei ghiacciai delle Alpi Occidentali e giungendo a stabilire una cronologia precisa e

(7) Sulla Conferenza di Aspen si può anche vedere, oltre alle opere già citate nella nota 6, il volume di E. LE ROY LADURIE, *Histoire du climat depuis l'an mil*, Parigi, Flammarion, 1967. L'opera è corredata di una ricca bibliografia.

(8) E. LE ROY LADURIE, *Histoire du climat*, ecc., cit. nella nota 7.

definitiva che appare in buon accordo con quella dei ghiacciai scandinavi e alascani fornita da altri studiosi. Il Le Roy Ladurie ha una grande capacità di coordinare tutte le testimonianze, le notizie e gli indizi che ha potuto raccogliere in un complesso coerente e logico, per trasformarlo in una prova storica irrefutabile, ma sa essere anche un eccellente geografo per la sua costante preoccupazione di portare sempre la prova concreta, grafica o fotografica, degli eventi climatici che vuole ricostruire. Non solo per lo studio della « piccola età glaciale », ma anche per certe considerazioni di ordine metodologico e per alcune questioni di cronologia, questa *Histoire du climat* rappresenta un'opera di fondamentale importanza, un trattato essenziale per quanti si accingono ad affrontare questo campo di studi.

3. *Il contributo delle varie discipline.* — Abbiamo già visto che uno degli aspetti più interessanti della Paleoclimatologia è costituito dal fatto che questa nuova scienza si serve dell'apporto di studiosi di diverse discipline. Vediamo appunto in una breve rassegna dapprima il contributo che vi portano i cultori delle scienze naturali e poi quello dei geografi e degli storici.

Tra i geologi, sono soprattutto gli specialisti del Quaternario che si occupano di queste ricerche mediante lo studio dei sedimenti più recenti che si trovano sulla superficie del terreno o in fondo ai laghi e ad altri bacini. Essi osservano in particolare se questi materiali si sono depositati in periodi umidi (prevalenza delle azioni fluviali) o in periodi aridi (prevalenza delle azioni eoliche) e inoltre, con la collaborazione dei paleontologi, rivolgono l'attenzione ai resti di animali e di piante contenuti in questi sedimenti per rilevare se essi appartengono a specie di paesi caldi o di paesi freddi. Fra le tracce di vegetali hanno particolare importanza i pollini, il cui studio è spesso determinante per la ricostruzione dei paleoclimi, poiché consente di trarre importanti deduzioni sulla temperatura dell'aria delle epoche passate. Tutti i residui organici possono essere datati, oltre che in senso relativo, in base al posto che occupano nella successione stratigrafica, anche in senso assoluto, mediante analisi col radiocarbonio, e ciò è particolarmente importante, perché in tal modo è possibile stabilire una cronologia sufficientemente precisa nella ricostruzione

delle oscillazioni del clima. Al fine di ottenere indicazioni cronologiche di grande precisione si è rivelato molto utile anche lo studio di certi sedimenti nei quali sono identificabili dei ritmi annuali: è questo il caso delle « varve » (dalla parola svedese *varvig*, che significa « ciclo »), le quali altro non sono che straterelli sedimentari che si formano in prossimità dei ghiacciai, nel volgere di un anno, in relazione con le oscillazioni stagionali delle lingue glaciali (9). Questi sedimenti si depositano essenzialmente durante l'estate, quando le fronti dei ghiacciai si ritirano, e pertanto sono tanto più spessi quanto più l'estate è stata lunga. Là dove la deposizione delle varve è continuata per un tempo sufficientemente lungo, l'attento studio della loro successione fornisce preziosissime informazioni sulla storia del clima, soprattutto mediante la correlazione tra serie di luoghi diversi. Con questo metodo i geologi svedesi e finlandesi hanno potuto ricostruire la cronologia precisa e le modalità di ritiro della grande calotta glaciale scandinava, le variazioni nella composizione delle foreste attraverso i secoli e le date precise dei resti di industrie umane preistoriche.

I botanici danno il loro contributo da un lato con le ricerche sui pollini, cui sono direttamente interessati, dall'altro mediante lo studio delle fasi di crescita degli alberi di lunga durata (10). In particolare essi esaminano la serie degli anelli concentrici del tronco (ciascuno dei quali — com'è notissimo — rappresenta un ciclo annuo), poiché tale serie può rivelare il suc-

(9) L. TREVISAN e E. TONGIORGI, *La Terra*, Torino, U.T.E.T., 1958, pp. 80-88.

(10) L'Istituto più famoso tra quelli specializzati negli studi di dendroclimatologia è il *Laboratory of tree-ring research*, che fa parte dell'Università dell'Arizona (Tucson). Esso è stato diretto fino a una decina di anni addietro da E. Schulman, il quale è stato uno dei più grandi specialisti in questo campo di studi. A lui si devono numerosi lavori, tra i quali questi tre fondamentali: *Tree-ring Indices of Rainfall, Temperature and River Flow*, nel vol. *Compendium of Meteorology*, Boston, Amer. Meteorol. Soc., 1951, pp. 1024-1029; ID., *Tree-ring and History in Western United States*, nel vol. *Smiths. Report for 1955*, Smiths. Instit., Washington, 1956, pp. 459-473; ID., *Tree-ring Evidence for climatic changes*, nel vol. *Climatic Change*, a cura di H. Shapley, Cambridge, Harvard Univ. Press, 1965, pp. 209-219. Dopo la morte dello Schulman la direzione del Laboratorio di Tucson è passata nelle mani di H. C. Fritts, cui si debbono numerosi lavori. Citiamo fra gli altri: *Tree-ring evidence for climatic changes in Western North America*, in « *Monthly Weather Rev.* », Washington, 1955, pp. 421-443; *Tree-ring evidence for climatic changes in Western North America from 1500 A.D. to 1940 A.D.*, in « *Annual Report 1964* », U.S. Weather Bureau, Washington, 1964 (in collab. con D. G. Smith e R. L. Holmes).

cedersi di anni favorevoli e di anni sfavorevoli alla crescita dell'albero: nel primo caso gli anelli sono larghi e spessi, nel secondo sottili e talvolta poco marcati. Riportando quindi nella ascissa di un diagramma il succedersi degli anni e nell'ordinata lo spessore degli anelli, si ottiene la così detta « curva di crescita » dell'albero, le cui fluttuazioni rivelano le oscillazioni del clima. Occorre però precisare che, mentre nei paesi semiaridi (come l'Africa settentrionale o gli Stati Uniti di sud-ovest), dove il calore non manca mai, il fattore sfavorevole è la siccità, per cui un succedersi di anelli sottili denota un periodo di siccità e inversamente una serie di anelli grossi rivela una successione di annate piovose, nelle regioni umide e fredde, come la Scandinavia e l'Alasca, il fattore critico è la temperatura e qui pertanto un anello sottile rivela un anno particolarmente freddo e un anello grosso un'annata tiepida. Da questi studi si possono trarre informazioni assai preziose sulle variazioni della piovosità e della temperatura. Nei nostri paesi temperati, che non offrono condizioni estreme né di temperatura né di piovosità, la crescita degli alberi è legata ad entrambi i fattori, onde l'interpretazione delle curve di crescita diventa assai più difficile. Proprio per queste ragioni gli studi di dendroclimatologia si sono sviluppati soltanto nei paesi marginali, semiaridi e temperato-freddi, con risultati di estremo interesse, da un lato perché forniscono una cronologia rigorosa a carattere annuale e continuo, dall'altro in quanto consentono il raffronto fra le curve di crescita di alberi sensibili al fattore termico con quelle di alberi che rivelano le variazioni della piovosità.

La collaborazione dei geografi è pure importante e si esplica in diversi settori. Gli specialisti di studi glaciologici indagano sugli episodi di avanzamento e di ritiro dei ghiacciai, tenendo sempre presenti i due fattori essenziali del bilancio glaciale, e cioè l'accumulo delle nevi e l'ablazione estiva. Dato che è soprattutto quest'ultima che determina il *deficit* del bilancio glaciale (mentre un'eventuale flessione delle cadute di neve in inverno ha minore importanza), è ovvio che un'estate calda, soleggiata e più lunga del normale determinerà il ritiro del ghiacciaio, e pertanto un regresso continuo delle lingue glaciali di una vasta zona che si protragga per un certo tempo sarà il sintomo di un succedersi di annate calde (o almeno con semestre estivo caldo) e viceversa.

Sulla base di questi presupposti le oscillazioni glaciali verificatesi in epoche passate si ricostruiscono soprattutto mediante lo studio dei depositi morenici, i quali, con la loro morfologia, la loro composizione e posizione e con certe loro caratteristiche (ad esempio, la freschezza pedologica o meno), possono rivelarci le fasi di avanzata e di ritiro dei ghiacciai, che sono ovviamente in relazione con le variazioni climatiche. Ma vi è di più: in queste morene talvolta si trovano resti di alberi distrutti dall'espansione delle lingue glaciali, che una volta sottoposti ad esame col radiocarbonio consentono di datare con ottima approssimazione la formazione della morena stessa e quindi l'avanzata dei ghiacci (11). In base alle ricerche glaciologiche, corroborate da notizie e testimonianze di fonte storica, siamo oggi in grado di ricostruire le fasi di espansione e di regresso dei ghiacciai nelle Alpi a partire dalla metà del XVI secolo e nella Scandinavia dagli inizi del '700, mentre non mancano dei dati sulle variazioni glaciali nell'Alasca e in Islanda.

I geografi specialisti di studi morfologici rivolgono invece la loro attenzione alle pianure costiere e alle zone deltizie, dove si trovano i depositi più recenti, la cui serie stratigrafica può rivelare periodi di maggiore intensità della sedimentazione per un aumento della portata dei corsi d'acqua (fase umida) e periodi di minor apporto di materiali solidi (fase asciutta). Risultati pure interessanti si ottengono dallo studio delle torbiere, in cui sono spesso resti umani e di industrie umane, e da quello di certe zone costiere nelle quali rimangono evidenti le tracce delle variazioni del livello marino, che in momenti diversi si è portato ora

(11) Un esempio particolarmente significativo: due studiosi francesi, il geografo J. Corbel e lo storico E. Le Roy Ladurie, che abbiamo già avuto occasione di ricordare, studiando insieme le variazioni dei ghiacciai nel versante francese del Monte Bianco, hanno fatto uso di questo metodo (che già altri studiosi avevano impiegato in analoghe ricerche in Alasca e altrove) dopo aver ritrovato presso il limite del ghiacciaio di Taconnaz dei frammenti di un tronco d'albero (*Pinus cembra*) racchiusi entro un'alta morena laterale. Poiché appariva evidente che il tronco era contemporaneo della costruzione della morena, i due AA. hanno voluto sottoporlo all'esame col radiocarbonio. Tale esame, effettuato in un laboratorio specializzato di Berna, ha rivelato che l'albero e la morena risalivano al 1630, naturalmente con un certo margine di incertezza. Anche per altre vie si è potuto accertare che in quegli anni si ebbe nella zona del Monte Bianco una forte avanzata glaciale. Si vedano in merito: J. CORBEL e E. LE ROY LADURIE, *Datation au C14 d'une moraine du Mont-Blanc*, in « Rev. de Géogr. Alp. », Grenoble, 1963, pp. 173-175; J. CORBEL, *Glaciers et climats dans le Massif du Mont-Blanc*, ibid., pp. 321-336; J. M. GROVE, *The Little Ice Age in the Massif of Mont Blanc*, in « Trans. of the Inst. of British Geogr. », Londra, 1966, pp. 129-143.

al di sopra di quello attuale (clima caldo, scioglimento dei ghiacci), ora al di sotto (clima freddo, espansione glaciale). I geografi climatologi invece raccolgono e quindi opportunamente interpretano le serie di dati di temperatura e di piovosità di quelle città nelle quali le osservazioni hanno avuto inizio verso la fine del XVIII secolo o anche prima. Queste serie secolari, di cui faremo cenno più avanti, sono molto interessanti, sia per le oscillazioni che rivelano di per sé stesse, sia come termini di confronto per i dati che si ricavano dalla dendrologia e da altre fonti. I cultori di geografia antropica e storica, poi, possono ricavare tutte le notizie inerenti direttamente e indirettamente al clima dalle opere dei geografi delle età passate (anche i minori), dalle relazioni dei viaggiatori e degli esploratori, spesso così ricche di annotazioni riguardanti i venti, le burrasche, la presenza di ghiacci galleggianti, ecc., e dalle opere di quegli autori, anche non geografi, che si sono occupati di problemi agrari, di commerci, di navigazione.

Le testimonianze che possono portare gli storici, infine, sono fra le più importanti, poiché questi studiosi attingono a fonti copiosissime e assai diverse fra loro: opere storiche, narrazioni di cronisti, materiali vari d'archivio, ecc. Da queste fonti è possibile ricavare una mole enorme di notizie che riguardano il clima direttamente (ad esempio, dalle annotazioni sulle date dei raccolti, ora precoci ora tardivi) o anche indirettamente, quando si riferiscono a certe conseguenze che i fenomeni climatici hanno determinato sulle attività umane (annate di raccolti abbondanti, annate di carestie, ecc.). Gli storici possono fornire inoltre delle testimonianze di notevole interesse sulle date di fruttificazione delle piante coltivate, quando di ciò si abbiano informazioni continue e per lunghi periodi, come è avvenuto ad esempio in Francia, dove è stato possibile utilizzare ai fini degli studi sulle variazioni del clima le date delle vendemmie dal XVII secolo in poi, ricavate dai registri di quei comuni nei quali l'inizio della vendemmia veniva stabilito da un bando (12).

(12) La data di inizio della vendemmia è ovviamente in relazione con la maturazione dell'uva, la quale, a sua volta, dipende dall'andamento climatico dell'anno e particolarmente del semestre aprile-settembre. Poiché la fruttificazione della vite, come quella di qualsiasi altra pianta, è condizionata dalla quantità di calore che

Molto importanti sono poi le notizie che gli storici possono fornire su certi fenomeni atmosferici, i quali, per il loro carattere di « eccezionalità » o di « scarto dalla media normale » (come il particolare rigore o la mitezza degli inverni, il carattere piovoso e umido di qualche estate, il gelo di certi fiumi o laghi, le siccità prolungate, ecc.), hanno colpito l'attenzione degli uomini che vi assistettero e che ritennero di doverli annotare. Per alcune località queste notizie sono assai abbondanti e talvolta coprono dei periodi abbastanza lunghi, per cui diventano veramente preziose, mentre per altre sono lacunose e insufficienti; anche in questo caso però sarebbe assurdo e arbitrario trascurarle del tutto, poiché esse offrono la possibilità di raffronti fra luoghi diversi. Quando poi i documenti storici che si riportano alla luce negli archivi contengono un riferimento specifico a certi eventi climatici o a determinati episodi di avanzamento dei ghiacciai, essi assumono una particolare importanza, perché *datano* quel particolare evento con estrema precisione, « avec une rigueur supérieure à celle de n'importe quel radiocarbone, toujours approximatif... », come dice giustamente il Le Roy Ladurie (13).

la vite stessa riceve nel periodo compreso tra la formazione dei primi germogli e la maturazione dei grappoli, se ne deduce agevolmente che più il semestre estivo è stato caldo e soleggiato più la maturazione dell'uva è precoce e che il contrario avviene se l'estate è stata fredda e piovosa. Come si vede, si tratta di informazioni assai preziose per lo studio delle variazioni climatiche. In verità anche fattori di ordine economico possono intervenire a fissare la data del bando delle vendemmie, perciò è quanto mai utile stabilire dei rapporti fra località vicine. Nonostante l'intervento di questi fattori non climatici, M. Garnier ha potuto dimostrare che per il secolo scorso esiste una correlazione quasi perfetta tra la curva delle date delle vendemmie di Argenteuil, di Digione e di Volnay e le temperature medie del periodo aprile-settembre dei corrispondenti anni registrate nell'osservatorio di Parigi (M. GARNIER, *Contribution de la Phénologie à l'étude des variations climatiques*, in « La Météorologie », Parigi, 1955, pp. 291-300).

(13) E. LE ROY LADURIE, *Histoire du climat*, ecc., cit., p. 24.

In Italia, prima del secondo conflitto mondiale, si era cominciato, per alcune località, a raccogliere notizie sul clima di epoche passate, ricavate da fonti storiche e archivistiche. L'iniziativa, presa dal Comitato Nazionale per la Geografia del Consiglio Nazionale delle Ricerche, aveva portato alla pubblicazione della collana « Ricerche sulle variazioni storiche del clima italiano », diretta da A.R. Toniolo. I volumi di tale collana contenevano essenzialmente notizie su eventi atmosferici eccezionali verificatisi in varie epoche, ma anche altre annotazioni riguardanti il clima. In seguito alle profonde trasformazioni di struttura subite dal C.N.R. e alla morte del Toniolo (ma anche perché simili ricerche non avevano suscitato nei geografi eccessivo entusiasmo) l'iniziativa è caduta. Cito qui di seguito, per comodità del lettore, i volumi pubblicati: I, G. BRAUN, *Notizie meteorologiche e climatologiche della Regione Giulia (Trieste, Istria, Friuli orientale)*, Roma, 1934; II, U. MÖN-

Abbiamo visto in proposito che le varie serie di notizie sul clima dei secoli passati presentate dagli storici al Convegno di Aspen hanno contribuito in notevole misura al successo di quella riunione di studiosi. Aggiungo qui un altro esempio: uno studioso inglese, D. J. Schove, ha ricavato dalle fonti storiche una lunga serie di annotazioni riguardante gli inverni freddi e caldi succedutisi nell'Europa nord-occidentale dal 1450 in poi. Vagliando queste notizie e sottoponendole a elaborazione statistica, egli ne ha dedotto che a partire dal 1540 diminuisce notevolmente il numero degli inverni miti, mentre aumenta con pari intensità quello degli inverni freddi. Come vedremo più avanti, tale risultato concorda perfettamente con quelli che si sono ricavati da altre indagini. E' opportuno però precisare che le informazioni fornite dalle fonti storiche e archivistiche devono essere controllate e utilizzate con molta cautela. Ad esempio, le testimonianze sui cattivi raccolti e sulle carestie non possono per sé costituire delle informazioni sul clima se non sono accompagnate dalla indicazione della causa che li ha determinati (siccità, pioggia eccessiva, estate umida, freddo intenso), dato che una carestia può essere stata determinata anche da cause di ordine economico o politico. Inoltre è sempre opportuno fare il raffronto con luoghi vicini, perché ciò dà conferma e validità all'informazione. Si può dire dunque che le testimonianze di fonte storica, se usate con prudenza, possono dare risultati di estremo interesse, e pertanto sarebbe auspicabile che le ricerche storico-archivistiche si intensificassero in tutti i paesi d'Europa e in particolare in Italia, al fine di poter stabilire dei raffronti tra la storia climatica del no-

TERIN, *Il clima delle Alpi ha mutato in epoca storica?*, Bologna, 1937; III, M. VI-SENTINI, *Le variazioni del regime del Po come indice di variazioni di clima*, ibid., 1938; IV, G. ALGRANATI MASTROCINQUE, *Notizie meteorologiche e climatologiche della Campania*, ibid., 1938; V, C. FABRIS, *Contributi allo studio di variazioni della pressione atmosferica*, ibid., 1938; VI, A. CAPRA, *Variazioni periodiche della temperatura media a Bologna dal 1814 al 1933*, ibid., 1939; VII, A. MELICCHIA, *Variazioni climatiche nella Pianura Padana e loro rapporti col regime del Po*, ibid., 1939; VIII, ID., *Variazioni climatiche e variazioni interdiurne della pressione a Venezia (1881-1930)*, ibid., 1940; IX, ID., *Variazioni climatiche nell'Italia Centrale e loro rapporto col regime del Tevere*, ibid., 1942; X, U. BULI, *Ricerche climatiche sulle Pinete di Ravenna*, ibid., 1949; XI, A. CAPRA, *Andamento delle precipitazioni a Bologna dal 1818 al 1942*, ibid., 1952; XII, M. BIANCHINI, *Il clima di Foggia*, ibid., 1954; XIII, C. MENNELLA, *L'andamento annuo della pioggia in Italia nelle osservazioni ultrasecolari*, ibid., 1955.

stro paese (e quindi del Mediterraneo occidentale) con quella dell'Europa centrale e della Scandinavia, che già si è cominciata a delineare attraverso numerose ricerche, soprattutto dendrologiche e glaciologiche.

Cerchiamo ora di fare il punto su quanto finora risulta acquisito in merito alle oscillazioni del clima in epoca storica, attraverso il coordinamento di tutti gli elementi, le prove e le testimonianze fornite dalle varie discipline.

4. *La cronologia essenziale del clima europeo.* — La raccolta e l'elaborazione critica di tutti gli elementi fin qui raccolti in base alle osservazioni dei naturalisti e alle ricerche degli storici e dei geografi hanno permesso di riconoscere alcuni grandi cicli o fasi climatiche, ciascuno dei quali caratterizzato da condizioni di temperatura ben definite, così da consentire una netta contrapposizione con la fase precedente e con quella successiva. Ovviamente, per le epoche più lontane dalla nostra è possibile riconoscere solo i cicli di lunga durata, nell'ambito dei quali si sono avute quasi certamente oscillazioni minori, che per ora ci sfuggono, ma che potranno essere individuate in seguito, con l'approfondirsi di questi studi. Così, anche la determinazione cronologica relativa all'inizio e alla fine di questi cicli non può esser fatta che con larga approssimazione, mentre per le oscillazioni compiutesi dalla fine del Medioevo in poi tale indicazione diventa sempre più precisa, in virtù del maggior numero di prove e di testimonianze di cui oggi disponiamo.

E' possibile che qualche lettore, sentendo parlare di « cicli », sia portato a pensare a grandi pulsazioni periodiche, cioè a ritenere che i periodi di innalzamento della temperatura debbano essere seguiti da altri di eguale durata, caratterizzati invece da un generale raffreddamento del clima, secondo una periodicità regolare connessa con fenomeni cosmici (variazione ciclica della radiazione solare). Occorre subito dire in proposito che la periodicità non è necessariamente connessa con le variazioni del clima, le quali sono originate, oltre che da fatti cosmici, anche da altre cause, planetarie o anche continentali, di carattere non ciclico. Perciò gli specialisti, senza negare assolutamente la possibilità di periodicità regolari, non si preoccupano più di ricercare se esista

un eventuale « eterno ritorno » del clima, ma concentrano i loro sforzi nel difficile scopo di ricostruire le condizioni climatiche nelle varie epoche della storia e di colmare le lacune che ancora esistono nelle nostre conoscenze (14). Del resto i dati fondamentali della cronologia di Fernau, di cui diremo qui di seguito, ci hanno dimostrato che le varie fasi climatiche, siano esse calde o fredde, non sono mai di durata eguale fra loro. Alcuni periodi di clima freddo e di forte avanzamento dei ghiacciai possono durare due secoli e mezzo, come quello svoltosi fra il 1590 e il 1850, o poco più di un secolo o anche più di 300 anni; parimenti i periodi di clima tiepido e di regresso glaciale possono durare appena 100 anni, come è avvenuto tra la metà del secolo scorso e la metà del nostro, o, al contrario, protrarsi per tre secoli o anche più.

Le principali fasi climatiche che finora sono state riconosciute inequivocabilmente per l'arco di tempo che va dal 4000 a. C. ai giorni nostri sono cinque e cioè:

1) il periodo caldo post-glaciale, detto anche « *optimum* climatico post-glaciale », che durò all'incirca dal 4000 al 2000 a. C.;

2) l'epoca climatica fredda del primo millennio a. C., compresa fra il 900 e il 300 a. C.;

3) il periodo caldo dell'alto Medioevo, con fase culminante fra l'800 e il 1150-1200;

4) la « piccola età glaciale », compresa fra il 1590 e il 1850, particolarmente fredda nel secolo XVIII;

5) il periodo caldo dell'ultimo secolo, cioè dal 1850 al 1950 circa.

A individuare i vari cicli climatici già noti hanno concorso finora prevalentemente le prove derivanti dagli studi naturalistici eseguiti in ogni parte del mondo, ma per l'Europa rimangono di fondamentale importanza quelle relative alle fasi di avanzata e

(14) Dice giustamente il Le Roy Ladurie (*Histoire du climat*, ecc., cit., pp. 17-18) che fino a pochi anni addietro gli studiosi di Paleoclimatologia sembravano preoccupati soltanto di scoprire dei cicli, quasi fossero presi dal demone della *ciclomania*. Infatti, vi è stato chi ha voluto individuare nel clima un periodo di 11 anni, in relazione col ciclo delle macchie solari, chi ha creduto di riconoscere un ciclo di 35 anni (il Brückner) e ancora chi ha preteso di scoprire cicli più ampi, ma nessuno ha mai dato di queste fluttuazioni regolari una prova sicura e inequivocabile.

di ritiro dei ghiacciai raccolte in una vallata del Tirolo, dove il Ghiacciaio di Fernau con le sue morene e la vicina palude del Bunte Moor con i suoi vari strati di torba e di sabbia hanno conservato mirabilmente la traccia delle fluttuazioni del clima negli ultimi millenni. Infatti la morena più esterna di questo ghiacciaio, per una felice coincidenza, termina proprio in corrispondenza della torbiera o palude di Bunte Moor, mentre la fronte del ghiacciaio in ritiro si trova oggi a circa 800 m. da questo bacino. Nella stratigrafia del Bunte Moor gli strati di torba corrispondono a fasi di ritiro del ghiacciaio, quando nel bacino libero dai ghiacci la torba poté formarsi senza difficoltà, mentre gli strati di sabbie moreniche rivelano le fasi di avanzata della lingua glaciale, cioè i momenti in cui il ghiacciaio con la sua morena frontale era contiguo alla palude. La datazione dei vari strati si è ottenuta con lo studio dei pollini, con diversi metodi geomorfologici e col radiocarbonio (15).

Riporto qui in sintesi la cronologia climatica ricavata dalle varie fasi di avanzata e di regresso del Ghiacciaio di Fernau, fasi che da un lato danno conferma dei cicli testé ricordati e dall'altro offrono importanti indicazioni sulle tendenze del clima negli intervalli di tempo che li separano. Si sono dunque succedute:

a) un'avanzata glaciale fra il 1400 e il 1300 a. C., durante la quale il Ghiacciaio di Fernau raggiunse la sua maggiore estensione dalla fine dell'età glaciale ad oggi;

b) altre due espansioni glaciali fra il 900 e il 300 a. C., ciascuna delle quali comprendente due o tre secoli, separate da un periodo più tiepido durato soltanto un secolo e mezzo. Queste due fasi fredde hanno dato la loro impronta a tutto il primo millennio precedente la nostra era;

c) una nuova fase di avanzamento dei ghiacci fra il 400

(15) Per quanto riguarda la cronologia climatica derivante dal ghiacciaio-torbiera di Fernau si veda il fondamentale lavoro di F. MAYR, *Untersuchungen über Ausmass und Folgen der Klima und Gletscherschwankungen seit dem Beginn der postglazialen Wärmezeit. Ausgewählte Beispiele aus den Stubaier Alpen in Tirol*, in «Zeit. für Geomorphol.», Berlino, 1964, pp. 257-286. Un ampio quadro della cronologia di Fernau si trova pure nel volume di E. LE ROY LADURIE, *Histoire du climat*, ecc., cit., pp. 238-244.

e l'800 d. C., dopo un periodo di regresso corrispondente alla tarda età romana;

d) ancora una fase di clima freddo fra il 1200 e il 1350, dopo il periodo caldo dell'alto Medioevo;

e) la grande espansione dei ghiacci già indicata come « piccola età glaciale » fra il 1590 e il 1850, dopo un periodo fresco durato oltre 200 anni.

Grazie alla stratigrafia del Bunte Moor, le oscillazioni climatiche degli ultimi 3500 anni risultano dunque precisate nella loro successione e quasi materializzate dall'alternanza di strati di torba e di sabbia, onde si può dire che dalle indicazioni fornite da questa palude glaciale il problema della cronologia del clima dell'occidente europeo in epoca storica venga, se non risolto interamente, almeno chiarito in molti aspetti e certamente inquadrato nelle sue linee generali.

5. *Le fasi principali della storia climatica.* — Esaminati i metodi di ricerca e la cronologia essenziale su cui poggia la Paleoclimatologia dei tempi storici, illustriamo le principali fasi climatiche che si sono succedute negli ultimi millenni e delle quali attualmente siamo meglio informati. Iniziamo col periodo caldo che seguì alla fine dell'ultimo episodio glaciale würmiano.

L'optimum climatico post-glaciale (« the post-glacial climatic optimum » degli autori di lingua inglese) si estende, come si è detto, dal 4000 al 2000 a. C. Esso dunque copre un periodo di tempo assai lungo e dovette presentare delle oscillazioni di minore durata, ma in generale i valori termici medi furono sempre superiori a quelli del periodo più propriamente cataglaciale col quale si chiuse la glaciazione würmiana. Benché non sia possibile precisare il momento in cui l'*optimum* climatico ebbe inizio e il periodo in cui si esaurì, la realtà di questa *Wärmezeit*, che è rilevata da numerose prove naturalistiche e in particolare dallo studio dei pollini di tutte le aree del globo, non si presta ad alcuna contestazione.

Dalle numerose ricerche fin qui condotte dai naturalisti si è dedotto che i ghiacciai continentali, dopo la massima espansione würmiana, si erano ridotti a un'estensione minore di quella

attuale, raggiungendo la superficie minima fra il 2000 e il 1500 a. C., cioè dopo che il periodo caldo aveva superato il suo punto culminante. Contemporaneamente il livello marino si innalzava fino a superare di 2-3 m. quello attuale, per cui le zone costiere più esterne e più basse vennero invase dal mare: è l'avanzata del mare che i geologi chiamano « trasgressione fiandriana ». Lo scioglimento dei ghiacci e il conseguente innalzamento del livello marino determinarono l'estendersi dei mari interni, tra i quali il Mare Artico, che era allora per gran parte libero dai ghiacci, il Baltico e il Mediterraneo (16). Nelle alte latitudini la temperatura si era innalzata di circa 4° rispetto a quella attuale, per cui si ebbe un allargamento verso i poli delle due zone dei climi caldi e dei climi temperati e di conseguenza la contrazione dell'area dei climi freddi.

Nelle alte latitudini, e in particolare nelle isole Spitsbergen, sono stati ritrovati resti di animali (molluschi) e di vegetali di questo periodo, appartenenti a specie che denotano temperature medie dell'aria e del mare superiori di 3°-4° rispetto a quelle attuali; d'altra parte il ritrovamento di resti di camelidi in Alaska, di tigri nei terreni della Siberia centrale e di tartarughe dei paesi temperato-caldi nelle torbiere della Danimarca conferma il sensibile e generale aumento della temperatura in quel periodo. Di conseguenza in tutta l'Eurasia le fasce di vegetazione (delle latifoglie, delle conifere, ecc.) si erano spostate ampiamente verso il polo, tanto che la quercia e il nocciolo penetrarono nella Scandinavia e il passaggio dalle aride steppe alle foreste di latifoglie avveniva, nell'Europa orientale, alla latitudine di Leningrado e dell'alto Volga, mentre le tundre erano del tutto scomparse dal territorio europeo. In complesso la vegetazione forestale trovò le condizioni ideali per estendersi nell'Europa centro-settentrionale, tanto più che sul finire di questo periodo, mentre la temperatura media era ancora elevata, si intensificarono notevolmente le precipitazioni (17). L'espansione della vegetazione arbo-

(16) O. KOLP, *Der eustatische Meeresanstieg im älteren und mittleren Holozän, dargestellt auf Grund der Spiegelschwankungen in Bereich der Beltsee*, in « *Pet. Mitt.* », Gotha, 1964, pp. 54-62.

(17) Per le caratteristiche del clima e la distribuzione della vegetazione nell'Eurasia durante il periodo caldo post-glaciale rimando allo studio di B. FRENZEL,

rea era poi facilitata dal fatto che gli alberi, avanzando verso nord, invadevano un terreno che era ancora mediocrementemente occupato dalla vegetazione. Il successivo peggioramento del clima, di cui diremo più avanti, eliminerà le specie meno resistenti alle nuove condizioni climatiche, ma non farà più scomparire del tutto la vegetazione arborea dalla Russia centro-settentrionale e dalla Scandinavia.

A questo spostamento nel senso della latitudine delle fasce di vegetazione corrispose un analogo spostamento in senso altimetrico, tanto che nei sistemi montuosi eurasiatici il limite superiore del bosco era salito di almeno 300 m. al di sopra di quello attuale (18). Le altre fasce di vegetazione dovettero essere spostate in proporzione, dato che le piante delle zone più basse nella loro risalita sostituirono gradualmente quelle delle parti più elevate, portando a una profonda trasformazione del paesaggio naturale. Coi limiti altimetrici della vegetazione andò spostandosi verso l'alto anche quello delle nevi permanenti, onde si resero transibili tutti i passi più agevoli delle catene montuose dell'Eurasia. Questo fatto, com'è ben facile intuire, doveva risultare di enorme importanza dal punto di vista antropico, poiché rese più facile l'attraversamento del Caucaso, dei Carpazi e delle Alpi da parte dei gruppi umani che in quei tempi migravano dall'Asia verso l'Europa.

Die Vegetationszonen Nord-Eurasien während der postglazialen Wärmezeit, in « Erdkunde », Bonn, 1955, pp. 40-53. E' pure importante il lavoro di K. W. BUTZER, *Late glacial and postglacial climatic variations*, in « Erdkunde », Bonn, 1957, pp. 21-35.

(18) Sul problema delle variazioni verificatesi nella vegetazione italiana durante l'*optimum* climatico post-glaciale (a partire dalla fase tardo-glaciale), la bibliografia è molto ampia. Pertanto citerò qui di seguito solo alcune opere, le quali, pur non riguardando zone estese, hanno importanza dal punto di vista della problematica generale: D. BERTOLANI MARCHETTI, *Vicende climatiche e floristiche dell'ultimo glaciale e del post-glaciale in sedimenti della Laguna Veneta*, in « Mem. Biogeogr. Adr. », Venezia, 1967, pp. 193-225; E. BONATTI, *Late Pleistocene and postglacial stratigraphy of a sediment core from Lagoon of Venice*, *ibid.*, 1968, pp. 9-26; A. CHIARUGI, *Ricerche sulla vegetazione dell'Etruria Marittima*, I, *Cicli forestali postglaciali nell'Appennino Etrusco attraverso l'analisi pollinica di torbe e depositi lacustri presso l'Alpe delle Tre Potenze e il Monte Rondinaio*, in « N. Giorn. Bot. Ital. », Firenze, 1936, pp. 3-61; ID., *Le epoche glaciali dal punto di vista botanico*, nel vol. *Le epoche glaciali*, Roma, Acc. Naz. Lincei, 1950, pp. 55-110; P. KELLER, *Storia postglaciale dei boschi dell'Italia settentrionale*, in « Arch. Bot. », Roma, 1932, pp. 1-50; F. LONA, *I depositi lacustri euganei: archivio paleontologico del tardo glaciale e del periodo postglaciale*, in « Mem. Biogeogr. Adr. », Venezia, 1962, pp. 1-11; A. MARCELLO e V. SPADA, *Notizia di una vicenda climatica antica nella Laguna Veneta*, *ibid.*, suppl. 1968, pp. 43-49.

Nelle zone aride del Vicino Oriente e dell'Africa settentrionale tra il 5000 e 3000 a. C. l'umidità e le precipitazioni erano sensibilmente più forti di oggi, e pertanto una flora e una fauna più ricche e più varie potevano prosperare in territori nei quali il clima oggi non permetterebbe loro di sopravvivere (19). Queste condizioni ecologiche hanno favorito anche l'insediamento umano, come testimoniano i numerosi resti di uomini e di animali (grandi mammiferi) ritrovati in varie parti dell'Africa settentrionale, i disegni rupestri che rappresentano proprio questi animali, come rinoceronti, elefanti, bufali, antilopi ecc., la cui presenza presuppone condizioni di umidità oggi non più esistenti, e infine — quale prova di ordine geologico — la presenza di depositi fluviali dove attualmente non esiste un'idrografia superficiale. Tali condizioni ebbero un'influenza notevole sull'insediamento umano, poiché favorirono il popolamento di tutte le aree comprese fra la Persia e le zone costiere dell'Africa del Nord e permisero la rapida diffusione delle pratiche agricole in quelle stesse regioni.

Fra il 3000 e il 2500 a. C. in tutte queste zone avvenne però un fatto particolarmente importante per le conseguenze che avrebbe poi determinato: mentre il periodo caldo raggiungeva la sua fase culminante, il clima cominciò a diventare sempre più arido, tanto che i rilievi algerini, i quali in precedenza erano ricoperti di foreste, e il Sahara settentrionale, nel quale si estendeva un'ampia copertura di savane, andarono spogliandosi del loro mantello vegetale. Nello stesso periodo scomparvero dall'Africa settentrionale anche i grandi mammiferi, mentre alcuni rimasero confinati in limitate aree umide della valle del Nilo, ma soprattutto nella regione del delta. Rileva K. W. Butzer (20) che l'elefante, il rinoceronte e la giraffa erano ormai scomparsi in Egitto al tempo

(19) Per la ricostruzione delle oscillazioni climatiche nei paesi del Mediterraneo orientale sono di fondamentale importanza le opere di K. W. BUTZER, il quale è certamente il maggior conoscitore dei problemi relativi alle variazioni post-glaciali del clima nel Vicino Oriente. Cito due soli suoi lavori fra i più importanti: *Quaternary stratigraphy and climate in the Near East*, in « Bonner Geogr. Abhandl. », H. 24, Bonn, 1958, e *Les changements climatiques dans les régions arides depuis le Pliocène*, nel vol. *L'utilisation du sol dans les régions arides*, Parigi, U.N.E.S.C.O., 1962, pp. 35-64. Per quanto riguarda l'inaridimento del clima intorno al 2500 a. C. si veda a p. 47 di tale articolo, nel quale si trova anche una ricca bibliografia.

(20) K. W. BUTZER, *Les changements climatiques*, ecc., cit., p. 47.

dell'Antico Impero e che dopo la V e VI dinastia nessun albero appare più nei disegni raffiguranti scene di paesaggi, e ancora che gli animali rappresentati nei bassorilievi della VI dinastia e delle epoche posteriori erano soltanto quelli presenti nelle steppe litoranee a occidente del delta. Le prove geologiche di questo inaridimento non sono meno importanti: è di questo periodo — ci assicurano gli specialisti — un'intensa attività eolica (clima asciutto) che ha formato lungo la valle del Nilo una catena di dune estesa ben 175 km., a sua volta ricoperta da uno strato di fango depositatosi in una successiva fase più umida, durante la quale le portate del Nilo si accrebbero di nuovo. Quanto all'Asia anteriore, pare si siano tratte le prove che il Mar Morto, a causa della diminuzione delle precipitazioni, si fosse abbassato di circa 8 m. al di sotto del livello attuale, lasciando lungo le sue sponde estesi depositi salini. Per gli abitanti dei paesi dell'Africa settentrionale e del Vicino Oriente le condizioni di vita divennero molto difficili, dato che l'aridità che colpì quelle regioni verso la metà del terzo millennio a. C. era ben più accentuata di quella che essi conoscono nei tempi attuali (21).

Si è già detto che alcuni studiosi, e più esplicitamente di tutti A. Varagnac, hanno messo in evidenza l'importanza che ha avuto questo periodo caldo sullo sviluppo delle civiltà dell'Asia occidentale e dell'Africa settentrionale per il fatto che in queste regioni divenute aride i vari gruppi umani furono costretti ad addensarsi nelle fasce alluvionali dei grandi fiumi e a trasformare gradualmente il loro genere di vita, per adattarsi alle nuove condizioni ambientali. In queste, appunto, essi poterono creare e perfezionare le prime tecniche irrigue e dare origine alle prime civiltà potamiche (22). Se veramente si è avuta questa correlazione diretta fra il mutamento delle condizioni del clima e lo sviluppo di queste grandi civiltà del Mediterraneo orientale, secondo la concorde opinione di numerosi studiosi, allora si può ben dire che questo è l'esempio più importante dell'influenza che il clima (in questo caso la variazione del clima) ha avuto sulle vicende umane, poiché in tale circostanza lo stimolo climatico

(21) K. W. BUTZER, *Les changements climatiques*, ecc., cit., p. 48.

(22) A. VARAGNAC, *L'homme avant l'écriture*, Parigi, Colin, 1966, p. 81.

è stato veramente determinante sullo sviluppo di un tipo di civiltà. Ma possiamo aggiungere qualcosa di più sull'influenza di quella fase di clima caldo: oggi abbiamo le prove che i gruppi umani migranti in quel periodo (fra il IV e il II millennio a. C.) dall'Asia verso l'Europa, portarono con sé varie piante utili, tra le quali il grano, il quale doveva trovare nel nostro continente — perfino in Scandinavia — il clima caldo e poco piovoso ad esso adatto. E non è certo senza importanza, sia per il geografo che per lo storico, la constatazione che le prime esperienze agricole in Europa furono rese possibili da questo clima particolarmente favorevole (23).

Le oscillazioni climatiche fra il 1500 a. C. e la fine dell'età romana. Dopo il 1500 a. C. il nostro emisfero andò incontro ad un nuovo mutamento del clima, caratterizzato da un sensibile e generale abbassamento della temperatura dell'aria, con conseguente nuova avanzata dei ghiacci nei paesi dell'Europa centro-settentrionale e nei grandi sistemi montuosi e aumento della piovosità nelle regioni mediterranee e del Vicino Oriente. Questa fase fresca e umida, della quale abbiamo poche testimonianze, sembra essere stata di breve durata, poiché sappiamo che intorno al 1300 ebbe inizio un nuovo periodo di clima caldo che determinò condizioni di vita piuttosto difficili nei paesi mediterranei, nei quali alla temperatura più elevata si accompagnò, ancora una volta, la diminuzione delle precipitazioni.

R. Carpenter (24) fa rilevare che a questo periodo di ina-

(23) A. VARAGNAC, *op. cit.*, p. 93.

(24) R. CARPENTER, *Discontinuity in Greek Civilization*, Cambridge, Univ. Press, 1966, pp. 15-19. A sostegno della sua tesi il Carpenter riporta varie notizie, tratte da fonte storica, che egli considera come probanti: testimonianze egizie che parlano di una grande carestia nella terra degli Ittiti e di una spedizione di grano inviata in aiuto dal Faraone egiziano (p. 16); un passo di Erodoto in cui si parla di una prolungata carestia che colpì tutta la Lidia e che costrinse metà della popolazione a rifugiarsi nell'Etruria Italica (p. 59); un altro passo di Erodoto, precisamente del VII libro, in cui si dice che dopo la guerra di Troia l'isola di Creta aveva conosciuto una carestia e una pestilenza così gravi da renderla pressoché spopolata (p. 59); e così via.

Questo volume del Carpenter è di enorme interesse per il gran numero di correlazioni che l'A. ritiene di poter individuare tra le variazioni del clima e alcune importanti fasi della storia degli antichi popoli mediterranei. Le ipotesi che vi sono formulate possono destare una certa perplessità, ma non possono essere certo scartate *a priori*, perché sono formulate in base a una buona conoscenza dei dati essenziali della Paleoclimatologia e meritano dunque un'attenta considerazione. In verità,

ridimento del clima mediterraneo corrispose un momento storico particolarmente importante, che vide grandi migrazioni di popoli nell'Asia anteriore, il crollo del regno ittita, la decadenza della civiltà micenea dopo un periodo plurisecolare di prosperità, e infine, nella storia greca, l'inizio di un periodo di secoli bui e di difficile esistenza per gli abitanti (il Medioevo ellenico). Lo stesso autore, dopo aver affermato che gli storici non hanno dato finora una spiegazione convincente di questa fase critica della storia mediterranea (non gli appaiono accettabili le solite tesi delle invasioni di orde barbariche che avrebbero sommerso popolazioni giunte a un grado più elevato di civiltà, come i Dori a Micene e i Frigi in Asia Minore), sostiene da parte sua che fu proprio l'inaridimento del clima a determinare questa fase di decadenza dei popoli ora ricordati, dato che tale evento aveva messo in crisi l'agricoltura tradizionale. Nessuno storico competente, dice ancora il Carpenter, dubita ormai che nei paesi del Mediterraneo vi sia stata una lunga fase di regresso delle civiltà durata dal XIII al IX secolo a. C., accompagnata da una decadenza di prosperità e di potenza, di cui si cerca ancora una spiegazione adeguata. Solo la carestia, la mancanza di cibo in misura tale che veniva a mancare perfino il minimo necessario alla vita può spiegare quegli eventi; e qui per carestia il Carpenter non intende la mancanza di alcuni raccolti consecutivi, bensì la disastrosa distruzione di molti raccolti e la sopraggiunta impossibilità di coltivare piante alimentari che solo un drastico mutamento del clima poteva causare (25). E' questa un'ipotesi assai interessante, della quale peraltro lasciamo ogni merito e ogni responsabilità allo studioso che l'ha proposta, in attesa di poter raccogliere prove inconfutabili di questa correlazione.

se non possiamo dire che quest'opera inauguri un nuovo modo di vedere la storia dei tempi antichi, che altri studiosi avevano già cercato di stabilire delle connessioni tra eventi storici e pulsazioni del clima (portati più da una geniale intuizione che da una specifica competenza nel campo climatologico), tuttavia essa rimane estremamente interessante, da un lato per l'interpretazione di alcuni eventi particolarmente importanti (si veda, ad esempio, quanto è detto a proposito del ritorno degli Eraclidi) e dall'altro per la sua impostazione generale: basti pensare che il capitolo I è intitolato *A climatic background to History*. Si potrebbe forse parlare, a tal proposito, di neo-determinismo, che a differenza del vecchio determinismo contro cui combatterono il Febvre e il Vidal de La Blache, è consapevole, realistico e fondato su una precisa conoscenza della storia climatica.

(25) R. CARPENTER, *op. cit.*, p. 18.

Intorno al 900 a. C. si ebbe un nuovo mutamento, poiché iniziò quella fase fredda (fresca e umida nel Mediterraneo) che doveva caratterizzare tutto il primo millennio precedente la nostra era, entro il quale si svolse la maggior parte della storia della Grecia classica e quella della Roma repubblicana. Anche questo lungo ciclo di clima freddo ebbe conseguenze importanti nel quadro fisico e umano dell'Europa, dato che nelle zone artiche i ghiacciai marini riconquistarono superfici sempre più estese, mentre quelli continentali ripresero ad avanzare in tutti i sistemi montuosi. Nelle Alpi, in particolare, i ghiacciai progredirono fino a superare non solo i limiti attuali, ma anche quelli ben più avanzati che hanno raggiunto nel XVIII secolo. In sintesi, avvenne in quell'epoca il fenomeno opposto a quello registratosi nel periodo post-glaciale: le zone climatiche, cioè, andarono spostandosi verso le basse latitudini in seguito al restringersi delle zone calde e temperate e all'estendersi della fascia dei climi freddi in direzione dell'equatore, mentre sui rilievi il limite altimetrico della vegetazione forestale andava progressivamente abbassandosi rispetto al periodo precedente. Parallelamente alla diminuzione della temperatura si ebbe un aumento dell'umidità, per cui si formarono nell'Europa centro-settentrionale paludi e foreste palustri di cui rimangono le prove nelle numerosissime torbiere di questo periodo che si trovano in Germania, in Irlanda e nella Scandinavia. Da quest'ultima scomparvero gli alberi che vi si erano insediati nel periodo caldo, come il nocciolo e la quercia, per lasciare il posto alle essenze di climi più freddi, come il faggio. Nell'Europa orientale le steppe aride, che avevano occupato vaste estensioni fin quasi al parallelo di 60°, furono sostituite gradualmente da foreste, formate, secondo la latitudine, da faggi, carpini e abeti, cioè da alberi che rivelano in particolare la diminuzione della temperatura estiva. Nell'Europa meridionale e nell'Africa settentrionale il clima divenne più fresco e più umido, soprattutto per un sensibile incremento delle precipitazioni estive.

Quanto all'Africa settentrionale, benché non si abbiano ancora delle prove sull'incremento della piovosità nel deserto sahariano, certamente le piogge dovettero aumentare nel bacino del Nilo, perché è certo che si accrebbero sia la portata liquida del grande fiume che il volume dei sedimenti che esso lasciava in

occasione delle sue piene. E' appunto in questo periodo pluviale che andò formandosi quella coltre fangosa che ricopre le dune della valle fra el-Fayyum e Asyut, di cui si è già fatto cenno (26). Ne derivò che l'agricoltura egiziana conobbe un periodo di prosperità mai raggiunto prima, per cui diversi centri abitati, come ad esempio Tanis, sorsero anche al margine del delta. Le testimonianze storiche sull'incremento delle precipitazioni non mancano: sappiamo che durante il regno di Osorkon III (nel 776 a. C.) il Nilo provocò gravi inondazioni, dalle quali fu danneggiata la stessa città di Tebe, che ciò si ripeté anche durante il regno dell'etiope Shabaka, sotto il quale il delta fu ripetutamente allagato (ciò si desume anche da un passo di Erodoto, II, 137), e ancora una volta nel 683, sesto anno di regno di Taharka. Le iscrizioni geroglifiche annotarono il fatto affermando: « la terra fu come il mare, la sabbia scomparve, e le acque inondarono la città di Tebe. Non ci fu nulla di simile nella nostra storia; è stata la grande pioggia nella Nubia a causare ciò ». Così affermano le iscrizioni geroglifiche — commenta il Carpenter — e non vi è alcuna ragione di dubitare della loro veridicità (27).

L'Italia, come le altre grandi penisole mediterranee, andò ricoprendosi di foreste, particolarmente fitte nelle aree montane, mentre le pianure costiere, a causa del progressivo abbassamento del livello marino, si estesero a spese del mare. Presso la foce dei maggiori corsi d'acqua, come il Po, l'Arno e il Tevere, andarono accumulandosi grandi quantità di sedimenti in seguito all'accresciuto apporto di materiali solidi da parte dei fiumi stessi; sui bacini fluviali infatti si esercitava una più intensa erosione, dovuta all'aumentato volume delle precipitazioni (28). La Pianura

(26) K. W. BUTZER, *Les changements climatiques, ecc., cit.*, pp. 48-49.

(27) R. CARPENTER, *op. cit.*, p. 72.

(28) O. Marinelli già da tempo aveva prospettato l'ipotesi che i delta dei maggiori fiumi italiani fossero di origine recente e ne riportava appunto la formazione agli inizi del primo millennio a. C. Anch'egli presupponeva che in quel periodo si fosse accentuata l'erosione nei bacini fluviali, ma di questo ultimo fatto egli trovava l'origine nel graduale diboscamento della nostra penisola e in generale nell'intensificata umanizzazione del paesaggio geografico. Ora però sappiamo che nei secoli intorno al 1000 vi fu un incremento delle precipitazioni e ci sembra più logico attribuire l'intensa erosione che allora si esercitava a spese dei versanti montani a questa causa più che all'azione dell'uomo, dato che la popolazione dell'Italia era in quel tempo estremamente scarsa. Per l'ipotesi di O. MARINELLI si vedano

Padana, d'altra parte, andava soggetta a forti inondazioni specialmente nelle parti più basse, dove l'acqua ristagnava per lunghi periodi. Le caratteristiche abitazioni su palafitte, che risalgono a quel periodo e che si designano col nome di « terramare » furono costruite dagli abitanti non tanto per difendersi da attacchi esterni quanto per proteggersi dalle acque che occupavano il terreno per buona parte dell'anno, cioè « to escape the effects of too much wather rather than perversely exploiting an aqueous mode of existence » (29).

Questa fase di clima fresco e umido durò alcuni secoli, ma fra il 300 e il 200 a. C. intervenne un nuovo mutamento: la piovosità andò attenuandosi, mentre la temperatura gradualmente si addolcì, tanto che determinate colture mediterranee poterono estendersi anche al di fuori dei territori propriamente mediterranei, come testimoniano alcuni scrittori latini che si sono occupati di problemi agrari. Tuttavia dobbiamo riconoscere che per tutta l'età romana (soprattutto dal II secolo a. C. fino alla caduta dell'impero) ci mancano notizie sufficientemente precise riguardanti le condizioni del clima e le eventuali variazioni. Sembra che nei paesi mediterranei si sia avuta una nuova fase calda e arida a partire dal I secolo d. C., ma su questo punto non si è ancora raggiunta l'assoluta certezza, dato che finora si sono ottenute prove importanti, e non certo definitive, soltanto per le regioni dell'Asia centro-occidentale. Secondo S. Petterssen, che ha studiato le oscillazioni secolari delle precipitazioni, una fase marcatamente arida si sarebbe avuta in quella parte del continente antico intorno al 400 d. C., mentre per E. Huntington tale scarsità di precipitazioni si sarebbe protratta anche nel secolo successivo. Questo autore fonda la sua affermazione sui risultati delle ricerche effettuate sulle variazioni cicliche del livello del Mar Caspio, la cui superficie si sarebbe abbassata notevolmente proprio intorno al 500 d. C. (30). Anzi, a questa fase di clima arido lo Huntington

questi due suoi lavori: *Considerazioni sui delta dei fiumi italiani*, nel *Recueil des travaux offert à J. Cvijic' par ses amis et collaborateurs*, Belgrado, 1924; *Sull'età dei delta dei fiumi italiani*, in « La Geografia », Novara, 1926, pp. 21-29.

(29) R. CARPENTER, *op. cit.*, p. 73.

(30) Per questo argomento rimando a J. B. RIGG, *Climatic Determinism*, Part I, *The ancient Greeks*; Part II, *The decline and fall of Roman Empire*, in « Weather », Londra, 1961, pp. 255-260 e 298-303. Si veda in particolare a p. 301.

dà una grande importanza, tanto che egli vede in essa una delle cause della caduta della potenza romana. Ecco una sua frase testuale: « At the time of Christ the return of favourable conditions did much to help Rome recover her prosperity, but two centuries late there began a decline in rainfall which was one of the main causes of Rome's collapse » (31). L'opinione dello Huntington, notissima del resto per aver determinato accese discussioni, è questa: egli afferma che la forte diminuzione delle precipitazioni registratasi in quel periodo determinò un inaridimento nei pascoli delle terre asiatiche, onde le popolazioni che vivevano appunto dello sfruttamento di quella magra vegetazione mediante una pastorizia nomade, private dei loro mezzi di sostentamento, furono costrette a emigrare in massa verso occidente e quindi a invadere le terre dell'Impero Romano. Questa sarebbe la causa principale di quelle grandi migrazioni di popoli che noi solitamente indichiamo come invasioni barbariche. Tale decisa affermazione, che può apparire improntata a un rigido determinismo e che ha incontrato la ferma opposizione di alcuni studiosi, è stata però accolta con favore da altri. Il problema è in sé molto complesso e non è certo possibile discuterlo in questa sede. Da parte mia vorrei però dire almeno che l'intero problema dei rapporti tra fluttuazioni del clima e grandi migrazioni di popoli dovrà essere riconsiderato, dato che oggi una nuova disciplina, appunto la Paleoclimatologia, può dare alla sua soluzione un contributo di enorme importanza (32).

Il periodo caldo dell'età medievale. Dopo un ritorno del clima freddo, che secondo la cronologia di Fernau si sarebbe pro-

(31) E. HUNTINGTON e S. W. CUSHING, *The Principles of Human Geography*, New York, J. Wiley, 1934, cfr. p. 418. Si veda anche J. B. RIGG, *op. cit.*, p. 301, e l'interessante articolo critico di O. H. K. SPATE, *Toynbee and Huntington: a study in determinism*, in « The Geogr. Journal », Londra, 1952, pp. 406-428.

(32) Il pensiero dello Huntington sui rapporti tra clima e sviluppo della civiltà è espresso nelle seguenti opere: E. HUNTINGTON, *Civilization and Climate*, New Haven, Yale Univ. Press, 1915; R. BIASUTTI, *Civiltà e clima secondo un geografo americano*, in « Arch. per l'Antropol. e l'Etnogr. », Firenze, 1916, pp. 316-327. Desidero qui precisare che, pur considerando con interesse il punto di vista dello Huntington sul rapporto tra clima e migrazioni umane, io non condivido affatto il pensiero del geografo americano in merito al più ampio problema dell'influenza del clima sullo sviluppo della civiltà. Per questo argomento rimando al volume E. HUNTINGTON, *Mainspring of Civilization*, New York, A. Mentor Book, III ediz., 1964, pp. 272-284.

tratto dal V al IX secolo d.C., si registrò in Europa un nuovo sensibile innalzamento della temperatura, culminato in un periodo caldo di almeno quattro secoli, fra l'800 e il 1200. Probabilmente l'inizio di questa fase è da collocare piuttosto fra il 750 e l'800 e così la fine pare sia da anticipare alla metà del XII secolo, ma il margine di incertezza, come si può vedere, è molto piccolo, dato che non si estende per più di qualche decennio. Col Medioevo, infatti, entriamo in tempi relativamente recenti, e di conseguenza ci è più facile determinare i periodi di inizio e di fine della varie fasi climatiche con una certa precisione, tenendo conto anche del fatto che i mutamenti del clima non sono mai improvvisi, ma si verificano sempre gradualmente nel volgere di alcuni anni.

I valori medi della temperatura nel nostro continente sembra siano stati di $1^{\circ},5-2^{\circ}$ al di sopra di quelli attuali (33) e pertanto sensibilmente più bassi di quelli che si ebbero durante l'*optimum* climatico post-glaciale. Perciò gli effetti sul paesaggio naturale non furono altrettanto imponenti, anche perché questo periodo caldo medievale è stato di gran lunga più breve di quello che ebbe inizio nel quarto millennio a.C. (34). Tuttavia è accertato

(33) Una variazione della temperatura media annua di 2° , che a prima vista può sembrare ben poca cosa, è invece sensibile perché comporta sempre una variazione più accentuata in una delle stagioni estreme (estate o inverno), con effetti notevoli sulla posizione dei ghiacci polari e montani e sulla distribuzione delle varie formazioni vegetali. Basta pensare che un aumento della temperatura media annua di $3^{\circ},5-4^{\circ}$ trasformerebbe l'Europa centro-meridionale in una terra tropicale.

(34) Anch'io, come il Le Roy Ladurie, ritengo che sia esagerato l'appellativo di « secondo *optimum* climatico » che alcuni studiosi, come il Lamb, hanno dato a questo periodo caldo medievale, sia per la minor durata rispetto all'*optimum* post-glaciale, sia perché in quest'ultimo le trasformazioni portate nel paesaggio geografico dal mutamento del clima furono ben più imponenti di quelle che si sono avute in età medievale. Si veda in proposito H. H. LAMB, *On the nature of certain climatic epochs which differed from the modern (1900-39) normal*, nel vol. *Changes of climate*, cit., pp. 125-150. L'opinione del LE ROY LADURIE sta in *Histoire du climat*, ecc., cit., p. 249.

Per il clima dell'età medievale si possono poi vedere: H. FLOHN, *Klimaschwankungen der letzten 1000 Jahre und ihre geophysikalischen Ursachen*, in « Deut. Geographentage in Würzburg », Würzburg, 1957, pp. 201-214; ID., *Klimaschwankungen in Mittelalter und ihre historische-geographische Bedeutung*, in « Berichte zur Deutschen Landeskunde », Bad Godesberg, Bd. 7, H. 2, 1950, pp. 347-357; H. H. LAMB, *The early medieval warm epoch and its sequel*, in « Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology », Amsterdam, vol. 1, n. 1, 1965, pp. 13-37; G. RICHTER, *Klimaschwankungen und Wüstungsvorgänge in Mittelalter*, in « Pet. Mitt. », Gotha, 1952, pp. 249-254; B. H. SLICHER VAN BATH, *Le climat et les récoltes en haut Moyen-Age*, nel vol. *Agricoltura e mondo rurale in Occidente nel Medioevo*, Settimana di Studi del Centro Ital. di Studi sull'Alto Medioevo, XIII, Spoleto, 1966, pp. 399-425.

che dopo il IX secolo la banchisa polare si era notevolmente ridotta all'interno del Mare Artico e che i ghiacci galleggianti si erano fatti rarissimi (forse erano addirittura sconosciuti) intorno all'Islanda, che divenne allora una terra fiorente, e dinanzi alla Groenlandia. In questi paesi nordici, all'aumento della temperatura, che toccò i 4° e che fu quindi ben superiore a quello medio calcolato per l'intero continente, si accompagnò una diminuzione dei venti forti e delle burrasche, a causa di un sensibile rallentamento della circolazione atmosferica. Anche la temperatura delle acque marine si era innalzata di almeno 2° rispetto al periodo precedente, tanto che alcune specie ittiche di acque tiepide poterono salire più a nord durante le loro migrazioni. Date queste profonde trasformazioni subite dall'ambiente naturale nel mondo nordico, viene spontaneo supporre che le favorevoli condizioni del mare e l'assenza di ghiacci nell'Atlantico settentrionale abbiano favorito non poco le navigazioni dei Vichinghi tra la Norvegia, l'Islanda e la Groenlandia e il loro insediamento in queste terre così lontane dal continente europeo e che la mitezza del clima e la maggiore pescosità del mare siano stati i fattori determinanti che hanno consentito alle genti scandinave di colonizzare quelle terre artiche nelle quali esse vissero e prosperarono per alcuni secoli: possiamo ricordare che il nome di Groenlandia (=Terra verde) venne dato a quell'isola dai Normanni proprio per la grande estensione di prati che essi vi trovarono al loro arrivo.

Anche nell'Europa centrale si ebbero modificazioni importanti. Infatti nelle Alpi e negli altri sistemi montuosi i ghiacciai si ridussero notevolmente di superficie, abbandonando le posizioni avanzate che avevano occupato in precedenza, mentre il limite delle nevi permanenti si innalzò di 150-200 m. rispetto a quello attuale. Questa fase di regresso glaciale dell'alto Medioevo è stata certamente più accentuata di quella verificatasi nel nostro secolo, com'è provato dal fatto che le foreste insediatesi sulle pendici montane in quel periodo caldo e poi distrutte dalla successiva espansione glaciale (posteriore al 1200) occupavano luoghi così elevati nei quali esse non trovano attualmente le condizioni necessarie per ristabilirsi (35). L'innalzarsi del limite delle nevi

(35) E. LE ROY LADURIE, *Histoire du climat*, ecc., cit., pp. 248-249.

permanenti, cui si accompagnò la diminuzione del periodo di innevamento stagionale dei versanti montani, ebbe naturalmente delle conseguenze molto importanti sulle comunicazioni fra i due opposti versanti della catena alpina, in quanto alcuni passi piuttosto alti, che in precedenza erano sempre innevati e perciò intransitabili, divennero accessibili per periodi più o meno lunghi o per l'anno intero, con l'effetto di rendere attraversabili anche certi settori delle Alpi che dispongono soltanto di valichi elevati. Questo fatto mi pare sia da tenere presente nello studio delle molteplici invasioni cui andò soggetta l'Italia da parte dei popoli che venivano dal Nord.

Quanto all'Italia, è interessante rilevare l'evoluzione cui andarono incontro le sue pianure costiere durante questo periodo caldo medievale. Infatti l'innalzamento del livello marino conseguente allo scioglimento dei ghiacci polari e continentali, turbando il deflusso dei fiumi nel loro basso corso, determinò la formazione di paludi e acquitrini alle spalle dei cordoni di dune, particolarmente nel litorale tirrenico, lungo il quale si distendono le pianure costiere più ampie, e nella fascia compresa fra Ravenna e Grado, dove la Pianura Padano-veneta si affaccia al mare. Il moltiplicarsi delle paludi lungo le coste ebbe conseguenze estremamente dannose sugli abitanti delle zone litoranee, poiché questi specchi d'acqua divennero altrettanti focolai di malaria. L'innalzamento del livello marino però ebbe anche un altro effetto negativo su quegli abitanti, dato che l'acqua del mare, infiltrandosi nei terreni sedimentari della costa, rese salmastra o salata del tutto l'acqua delle falde freatiche più esterne, che in tal modo non poté più essere utilizzata per l'alimentazione umana. Questi due fatti concomitanti ebbero certamente una parte molto importante nel determinare lo spopolamento di molte aree costiere dell'Italia peninsulare durante l'età medievale (36).

(36) Si è scritto molto sulla diffusione della malaria in Italia in epoche passate, ma in nessuno degli scritti finora apparsi sono stati precisati i periodi durante i quali si sono registrate le condizioni più favorevoli per lo sviluppo del paludismo lungo le nostre coste; ciò è possibile fare oggi dopo i recenti progressi compiuti dalla storia climatica.

Un'altra questione importante su cui indagare è quella relativa alle cause della scomparsa di numerosi centri abitati costieri avvenuta in epoca medievale. Le storie locali parlano quasi sempre di distruzione ad opera di pirati, arabi, saraceni, ecc., venuti dal mare, e ciò lascia alquanto perplesso chi consideri non il singolo

Dall'Italia ritorniamo all'Europa centro-occidentale per ricordare due fatti, particolarmente importanti dal punto di vista antropic, verificatisi in questa parte del nostro continente durante il Medioevo e la cui origine è attribuita proprio al clima caldo che prevalse in quel tempo: il diffondersi della malaria nei paesi a nord delle Alpi e l'estendersi della viticoltura in regioni che si trovano oggi al di là del limite polare della vite.

Sul primo di questi fatti non abbiamo molte testimonianze (37), ma è certo che nell'Europa centro-occidentale la malaria, pur non avendo raggiunto quella gravità e quella vastità epidemica con cui si era diffusa nelle zone litoranee del Mediterraneo, è stata tuttavia causa non trascurabile di mortalità almeno fino agli inizi del XVII secolo; andò poi attenuandosi nei decenni successivi, tanto che cent'anni più tardi risultava completamente scomparsa dai paesi a nord delle Alpi (38).

Sulla estensione verso nord della viticoltura le testimonianze storiche sono ben più numerose e importanti, ma noi qui non possiamo ricordare che le cose essenziali. Sul continente europeo la vite era coltivata, in età medievale, fin nella Pomerania e nelle colline della Prussia orientale non lontane dal Baltico, ma in seguito, probabilmente nel XVI secolo, scomparve da quelle regioni, mentre continuò a prosperare nelle valli del Reno e della Mosella. Per quel che riguarda la viticoltura nelle Isole Britanniche, si possiedono già numerosi studi condotti soprattutto da storici dell'economia, tanto che H. H. Lamb, facendo tesoro di tutte le testimonianze fin qui disponibili, ha potuto tracciare, in un suo

caso ma tutto il problema dell'insediamento costiero antico nella sua globalità (ma quante cose avrebbero dovuto distruggere questi benedetti pirati!). Ritengo che in molti casi la diffusione della malaria, la degradazione delle acque freatiche e altri fattori ambientali possano spiegare la decadenza dell'insediamento umano lungo le coste.

(37) Ho trovato numerosi accenni negli scritti di storia climatica, ma ignoro se esista uno studio monografico sulla diffusione della malaria nei paesi dell'Europa centrale in epoche passate e sui suoi effetti. Ritengo però che uno studio del genere sia ancora da fare.

(38) Quando sia scomparsa definitivamente la malaria da questi paesi è ben difficile dire. Riporto qui due notizie che ho trovato in uno scritto del Lamb: che tale malattia non era ancora scomparsa nel Cambridgeshire verso la metà del secolo scorso e che Oliviero Cromwell sarebbe morto nel 1658 di malaria inglese (H. H. LAMB, *Our changing climate. Past and present*, in «Weather», Londra, 1959, pp. 299-318; si veda in particolare a p. 309).

articolo dedicato alla ricostruzione del clima britannico durante l'età medievale, un'interessante cartina che mostra la distribuzione delle aree viticole del suo paese nell'arco di tempo compreso fra l'XI e il XIV secolo (39). La fase di maggiore prosperità della viticoltura inglese si ebbe tra il 1100 e il 1300 (40), ma dopo quel periodo seguì una brusca e rapida decadenza, anche se la coltura della vite continuò a essere praticata ancora per qualche tempo, probabilmente per 150 anni, soprattutto nelle vallate ben soleggiate del Gloucestershire, nel bacino di Londra, nella valle di Medway e nell'Isle of Ely, che erano i distretti più favoriti (41). Il Lamb fa notare che il clima inglese, per consentire la coltura della vite, doveva presentare in quel periodo le seguenti caratteristiche: assenza di gelate primaverili, sufficiente quantità di calore e scarsa piovosità in estate, giornate tiepide in autunno e scarsa frequenza di temperature negative durante l'inverno, cioè un insieme di condizioni che oggi non si realizzano più nell'arcipelago britannico; egli rileva ancora che lungo la direttrice Parigi-Nantes, che rappresenta l'attuale limite settentrionale della vite nel settore più vicino all'Atlantico, la temperatura media dei tre mesi estivi (giugno, luglio e agosto) è pari a 18°,5, mentre a Londra la media corrispondente è di 16°,5, onde si può pensare che la temperatura estiva in età medievale fosse di circa 2° maggiore di quella attuale. Sulle cause che portarono al declino e quindi alla successiva scomparsa totale della viticoltura dalle Isole Britanniche è difficile dare un giudizio definitivo, almeno al momento attuale. Possiamo certo collegare l'abbandono di questa coltura col peggioramento del clima che subentrò in Europa dopo il 1200, ma non possiamo escludere che siano intervenute anche delle cause di ordine economico e fra esse principalmente la concorrenza esercitata dai vini francesi, che divenne sempre più sensibile appunto a partire dal XIII secolo. In verità i due fattori, climatico ed economico, non sono in contrasto fra loro e noi pertanto possiamo ben supporre, in attesa che ulteriori ri-

(39) H. H. LAMB, *The early medieval warm epoch*, ecc., cit., p. 30.

(40) H. H. LAMB, *The early medieval warm epoch*, ecc., cit., pp. 29-33.

(41) H. H. LAMB, *Our changing climate*, ecc., cit., pp. 306-308. In questo articolo l'A. riporta anche due fotografie, da lui stesso scattate, che mostrano le tracce di sistemazioni a terrazza compiute da viticoltori inglesi nel Medioevo, nei pressi di Ledbury, nello Herefordshire (p. 307).

cerche facciano luce sulla questione, che la concorrenza francese poté determinare un effetto così drastico, come fu appunto la scomparsa totale del vigneto dalle Isole Britanniche, proprio perché i contadini inglesi incontravano difficoltà sempre maggiori nel loro lavoro, a causa delle mutate condizioni ambientali che rendevano sempre meno vantaggiosa la produzione vinicola.

Un'ultima annotazione. Durante il periodo caldo medievale nell'Europa occidentale e meridionale si registrarono numerosi episodi di accentuata siccità, dovuti quasi certamente non solo alla forte evaporazione (comprensibile, dato l'aumento della temperatura), ma anche a una certa flessione delle precipitazioni. Su questo fatto però non siamo sufficientemente informati. Sappiamo che in quel periodo numerosi fiumi europei conobbero fasi di magra particolarmente accentuata (42), ma ci occorrono ancora prove più numerose e di altra natura prima di poter affermare definitivamente che la flessione delle precipitazioni si accompagnò all'elevata temperatura.

Dopo il 1200 si ebbe un rapido raffreddamento del clima cui fece seguito una forte avanzata dei ghiacci protrattasi fino al 1300 o forse anche fino al 1350. Fu dunque un episodio di breve durata, anzi il più breve degli episodi glaciali degli ultimi tre millenni, ma particolarmente marcato, così da lasciare tracce evidenti in estesi fenomeni di erosione e di denudazione nelle aree montane. Questo periodo di raffreddamento del clima è ben documentato da prove naturalistiche nella Scandinavia, in Islanda e in Groenlandia, dove la diminuzione della temperatura fu ben più sensibile che nell'Europa centrale.

E' questo il periodo in cui scomparvero i vigneti dall'Inghilterra e dalla Germania settentrionale e nel quale le popolazioni scandinave, proprio per il peggioramento delle condizioni del clima, attraversarono i momenti più critici della loro storia. Ritorneremo su questo argomento più avanti nel riferire i risultati di un'ampia ricerca dello storico svedese G. Utterström (43) sugli effetti delle variazioni del clima posteriori al XIII secolo nell'Europa settentrionale.

(42) Il Le Roy Ladurie riporta il caso del fiume Sarthe, che per tre volte si sarebbe disseccato del tutto nel periodo 800-1200 (*Histoire du climat*, ecc., cit., p. 250).

(43) G. UTTERSTRÖM, *Climatic Fluctuations and Population Problems in Early Modern History*, in «Scandin. Econ. Hist. Rev.», Uppsala, 1955, pp. 3-47.

La piccola età glaciale. I due secoli e mezzo che ci portano dal 1350 al 1590 furono caratterizzati in Europa da un clima fresco durante il quale rimase elevata la frequenza degli inverni rigidi, onde i ghiacciai, dopo il forte avanzamento del periodo 1200-1350, non segnarono un regresso paragonabile a quello che si ebbe tra il IX e il XIII secolo. I risultati ottenuti nello studio delle variazioni dei ghiacciai delle valli di Grindelwald e di Chamonix e di quelle del Ghiacciaio di Aletsch sembrano portare a queste conclusioni. Anche in Groenlandia il permanere del clima fresco non favorì il ritiro dei ghiacciai che erano scesi a sud dopo il 1200.

Alcuni studiosi, come G. Utterström, H. H. Lamb e H. Flohn, che sono tra i più qualificati e preparati fra i paleoclimatologi, hanno ritenuto di dover comprendere il periodo 1350-1590 nella successiva fase climatica di grande avanzamento dei ghiacciai e di clima decisamente freddo che si estese appunto dalla fine del XVI secolo alla metà del XIX, dando a questo lungo periodo di oltre cinque secoli il nome di « piccola età glaciale » (*little ice age*), ma allo stato attuale della documentazione, sia storica che botanica o geomorfologica, sembra prematuro giungere a tale conclusione, dato che prove definitive, inequivocabili, ancora ci mancano. Certo i ghiacciai in quei tre secoli erano ben più sviluppati di quanto non lo fossero intorno al 1000, ma lo erano assai meno che nel XVII e nel XVIII secolo, cioè durante la fase più critica della vera età fredda; si sono avuti, è vero, degli inverni freddi, degli episodi cruciali di gelo durante il '400, ma non sembra, almeno finora, che essi abbiano avuto un carattere durevole e generale così da dare un'impronta ben definita a quell'intero ciclo secolare. Quel che possiamo dire con certezza è che la generale avanzata dei ghiacciai risulta ben documentata solo a partire dalla fine del '500. Non è improbabile che le ricerche future possano confermare la tesi dei meteorologi che abbiamo ricordato; tuttavia io riporto qui soltanto quanto sappiamo fino ad oggi, in base alle tante prove già raccolte riguardanti questa fase di clima freddo.

Per la conoscenza di tale periodo possediamo ormai numerosissime testimonianze storiche e prove naturalistiche di diversa provenienza: notizie sugli inverni freddi e sul gelo di alcuni dei

maggiori fiumi d'Europa, sull'epoca della vendemmia in varie parti della Francia, della Germania e della Svizzera, documenti storici e prove glaciologiche sull'avanzamento dei ghiacciai alpini e nordici provenienti da quelle valli che ne furono particolarmente interessate, e infine alcune serie di registrazioni termometriche che si riferiscono alla fase finale (XVIII-XIX secolo) di questo ciclo climatico. Per le Alpi, in particolare, esiste attualmente una documentazione assai abbondante, dato che certi autori, studiando i documenti d'archivio di alcune città alpine per i secoli XVI-XIX, ne hanno tratto tutti gli elementi necessari per comprovare e precisare cronologicamente lo svolgersi dell'età glaciale nella grande catena montuosa. In questa ricerca si è distinto fra tutti il Le Roy Ladurie, il quale ha scoperto negli archivi di Chamonix e di altre città francesi interessanti documenti che gli hanno permesso di ricostruire le fasi più importanti della storia glaciale dal Cinquecento all'Ottocento nelle Alpi Occidentali. Tali documenti sono costituiti essenzialmente da relazioni di persone eminenti che visitarono la valle di Chamonix e le pendici del Monte Bianco in vari periodi e che lasciarono nei loro scritti precise indicazioni sulla posizione dei ghiacciai al momento del loro passaggio, oppure di « cahiers de doléances » dei valligiani diretti alle loro autorità per informarle dei danni subiti a causa del clima freddo e della forte espansione delle lingue glaciali. Mi pare opportuno a questo punto soffermarmi a riportare un buon numero di testimonianze sull'avanzamento dei ghiacciai nei vari settori della catena alpina, dato che le oscillazioni climatiche avvenute nel grande sistema montuoso che limita il nostro Paese ci interessano in modo particolare.

Per la valle di Chamonix i primi documenti, che risalgono alla prima metà del '500, ci informano che i tre grandi ghiacciai L'Argentière, Les Boissons e la Mer de Glace erano allora tanto avanzati da minacciare i campi coltivati. Quest'ultimo, in particolare, era addirittura contiguo al piccolo villaggio di Le Bois e perciò era largamente visibile dalla pianura dell'Arve, mentre oggi non solo è ben lontano dalle colture, ma è separato da queste da un alto schermo montuoso (44). Notizie del tutto simili

(44) E. LE ROY LADURIE, *Histoire du climat*, ecc., cit., pp. 108-113.

ci sono pervenute da altre valli alpine. Sappiamo, ad esempio, che nel 1589 il Ghiacciaio di Grindelwald avanzò tanto da distruggere la sua precedente morena terminale; che nel 1589 il ghiacciaio svizzero di Allalin era sceso così in basso da sbarrare la valle della Saas, formandovi un lago di sbarramento glaciale, il Mattmarksee, il quale, svuotandosi improvvisamente a più riprese durante i mesi estivi, provocava gravi danni nella vallata sottostante. Un fenomeno simile era accaduto più volte, a partire dal 1594, nella Val d'Aosta (La Thuile), dove il Ghiacciaio del Rutor, la cui fronte era più avanzata di un chilometro rispetto a quella attuale, aveva ostruito l'emissario del Lago del Rutor; ma nei mesi estivi, quando la lingua glaciale si assottigliava e assumeva una posizione un po' più arretrata, un grosso torrente riusciva a formarsi al di sotto della massa di ghiaccio, determinando svuotamenti improvvisi del lago e provocando quindi enormi allagamenti nella vallata. Gli abitanti di La Thuile e di Aosta, insieme con le autorità, si allarmarono per il ripetersi di tali fenomeni, per cui diedero incarico ad alcuni tecnici di eliminare questa causa di disastri, ma senza successo (45).

Tra il 1595 e il 1600 i ghiacciai alpini raggiunsero le punte massime del XVI secolo. Una fase di catastrofica avanzata conobbero soprattutto i ghiacciai del Monte Bianco, poiché nella vallata di Chamonix essi invasero molti ettari di terreno, fino a distruggere numerose case dei villaggi di Châtelard (al quale, secondo i documenti, non rimase che la dodicesima parte del territorio), di La Rozière e di Bonneville, che per tutti i tempi precedenti erano stati al sicuro da tali pericoli (46). Negli stessi anni di fine secolo avanzarono anche i ghiacciai delle Alpi centro-orien-

(45) F. SACCO, *Il ghiacciaio ed i laghi del Rutor*, in « Boll. Soc. Geol. Ital. », Roma, 1917, pp. 1-37; A. BARETTI, *Il Lago del Rutor (Alpi Graie settentrionali)*, in « Boll. Club Alpino Ital. », Torino, 1880, pp. 46-76.

(46) Per tutte le notizie storiche riguardanti le variazioni dei ghiacciai delle Alpi Occidentali rimando al volume del Le Roy Ladurie, il quale ci ha dato proprio in questo campo il suo contributo più importante, come ho già detto. Il capitolo della sua opera intitolato *Les problèmes du « petit âge glaciaire »*, che occupa oltre 100 pagine (102-215), è una vera sintesi di storia glaciale del settore occidentale delle Alpi, di enorme interesse. In particolare, per la fase di avanzata glaciale della fine del XVI secolo e la conseguente minaccia portata dai ghiacciai ai villaggi della valle di Chamonix, si veda da p. 118 a p. 130. Per la storia glaciale del solo gruppo del Monte Bianco è pure utile la lettura dell'articolo di J. M. GROVE, *cit.* Rimando anche a J. CORBEL, *Glaciers et climats*, ecc., *cit.*

tali, come quello di Vermont, nel massiccio della Silvretta, e quello di Vernagt, nel Tirolo. Quest'ultimo, secondo gli studi di E. Richter, conobbe nell'anno 1600 un'espansione molto forte, per cui la sua fronte avanzò di alcuni km., così da invadere la valle della Rofen, formandovi un lago di sbarramento glaciale, i cui svuotamenti periodici (il primo nel 1600, l'ultimo nel 1848) provocarono gravi danni, analogamente a quanto avveniva in Val d'Aosta (47).

Dal 1600 al 1625-30 i ghiacciai alpini conobbero probabilmente un periodo di stasi, ma a partire dal terzo decennio del secolo essi ripresero la loro fase di espansione. Così è avvenuto per gli apparati glaciali della valle di Chamonix, per il Rutor, per il Ghiacciaio di Allalin e quello di Weisshorn, nei pressi di Zermatt, per i quali abbiamo le notizie più sicure. Essi avevano dunque posizione già ben avanzata quando, intorno al 1640, si mossero per un ulteriore assalto che portò all'invasione di nuovi territori già occupati da prati o da terreni coltivati. Questa fase critica, che è testimoniata per tutta la zona alpina, non fu tuttavia la più intensa, dato che la massima espansione glaciale del XVII secolo si avrà nel decennio 1670-80 e sarà, per certe parti delle Alpi, la più forte di tutta l'età moderna; sono ancora una volta i ghiacciai di Grindelwald, del Monte Bianco e del Tirolo che ci hanno fornito le prove più convincenti di questa espansione.

Dopo il 1680 si ebbe una pausa e per qualche ghiacciaio anche un certo regresso, che si protrasse per una ventina d'anni; non si trattò, però, di una vera e propria inversione di tendenza nella storia delle variazioni climatiche, bensì di un semplice episodio (e forse soltanto regionale), di un momento di stasi nel pieno di una fase persistente e di lunga durata di clima freddo, com'è provato dal fatto che i ghiacciai nordici, lungi dal decrescere, continuarono la loro espansione. In Islanda tra la fine del '600 e i primi anni del '700 (1695-1710) il Drangajökull era ancora in fase di crescita, tanto che distrusse numerose fattorie, tra le quali quella di Oldugil, il cui sito dista oggi 2 km. dalla fronte glaciale,

(47) E. RICHTER, *Urkunden über die Ausbrüche des Vernagt- und Gurglergletscher im 17 und 18 Jahrhundert, aus den Innsbrücker Archiven herausgegeben*, in «Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde», Bad Godesberg, n. 6, 1892.

mentre il grande Vatnajökull distrusse le fattorie di Breidarmok e di Brenholar che erano state abitate ininterrottamente fin dal 1200 (48). In Norvegia il ghiacciaio di Jotunheim avanzò in quel periodo (1695) nella valle di Abrekke, distruggendovi foreste e pascoli, mentre il complesso glaciale di Svartisen era allora tanto esteso che giungeva fino al mare con le sue due lingue terminali chiamate Engabreen e Fondalsbreen, che oggi sono invece più arretrate di ben 2 km. Queste prove dell'avanzata dei ghiacciai scandinavi sono sufficienti per smentire quegli autori, come H. Kinzl e P. Mougín, i quali, fondandosi solo sullo studio dei ghiacciai alpini, credettero di poter parlare di un « periodo interglaciale » che si sarebbe protratto all'incirca dal 1680 al 1710. Del resto, nelle stesse Alpi, nonostante qualche regresso modesto, le lingue glaciali erano rimaste abbastanza avanzate, certamente più di quanto non lo siano ai giorni nostri, mentre alcuni ghiacciai avrebbero avuto in quel periodo addirittura una leggera espansione; tra questi lo stesso Ghiacciaio della Brenva, in Val d'Aosta (49).

A partire dal 1715-20, in tutto il sistema alpino i ghiacciai ripresero la loro spinta verso il basso: nella valle di Chamonix, nella Otztal, nella Val d'Aosta, nella quale i ghiacciai distrussero il villaggio di Pré-de-Bar (1717), e a Grindelwald, dove il pericolo derivante dall'avanzata del ghiacciaio (1718-19) si era fatto così pressante — dicono le fonti storiche — che si dovet-

(48) Le testimonianze dell'avanzata del Drangajökull si ritrovano in un interessante studio del norvegese J. Eytorsson, il quale riporta, tra le altre prove, il resoconto dell'erudito Arni Magnusson, che nel 1710 visitò la zona vicina al ghiacciaio. Eccone il passo essenziale: « L'avanzata del ghiacciaio e le inondazioni ne hanno distrutto le costruzioni [della fattoria di Oldugill], a quel che si dice, e quanto oggi si vede delle rovine si trova proprio in vicinanza dei bordi del ghiacciaio; secondo quanto affermano le persone che ancora vivono, il ghiacciaio ha ricoperto tutto il terreno dell'antica fattoria » (J. EYTORSSON, *On the variations of glaciers in Iceland*, in « Geogr. Annaler », Stoccolma, 1935, pp. 121-136; ID., *Temperature variations in Iceland*, ibid., 1949, pp. 36-55).

Per quanto riguarda la fattoria di Breidarmok, un catasto islandese del 1708-1709 dice: « è stata abbandonata dagli abitanti già da quattro anni e, come molte altre fattorie, è ancora colpita dall'inondazione, dai detriti e dall'avanzamento annuale del ghiacciaio, tanto che oggi quasi tutta l'erba è scomparsa, salvo in un piccolo dosso in cui sono situate le case » (S. THORARINSSON, *Vatnajökull. Scientific results of the swedish-icelandic investigations 1936-37-38*, cap. IX, *Oscillations of the iceland glaciers in the last 250 years*, in « Geogr. Annaler », Stoccolma, 1943, pp. 1-54).

(49) E. DRYGALSKI e F. MACHATSCHEK, *Gletscherkunde*, « Enzykl. der Erdk. », vol. III, Vienna, Deuticke, 1942, cfr. p. 214.

tero ordinare delle preghiere nella parrocchia per invocare la scomparsa di questa minaccia (50).

Il decennio 1740-50 per i ghiacciai europei e di tutto l'emisfero settentrionale rappresenta un periodo di accrescimento, e ancora una volta le fasi dell'avanzata sono ben documentate. In Norvegia tra il 1742 e il 1745 le lingue glaciali raggiunsero le posizioni più avanzate che mai si siano conosciute in epoca storica, distruggendo alcune località abitate e invadendo terre coltivate. Anche in Islanda, e in perfetto sincronismo con quelli scandinavi, i ghiacciai in quel periodo occuparono posizioni assai avanzate. Quanto al Vatnajökull, una carta del 1732 e un testo del 1746 ci testimoniano che esso era sempre contiguo alla fattoria di Breidarmok, già raggiunta e distrutta verso la fine del XVII secolo. Per l'Alasca, studi recenti hanno dimostrato che il Ghiacciaio di Lemon Creek ebbe la sua fase di maggior avanzamento nel 1759.

Per tutta la rimanente parte del XVIII secolo i ghiacciai alpini e scandinavi rimasero in posizione avanzata e ancora agli inizi dell'Ottocento non si notava alcun segno di regresso. Tra il 1815 e il 1825 quelli alpini ripresero anzi ad avanzare e alcuni raggiunsero in questo periodo la loro massima espansione dell'età moderna, mentre altri toccarono questa fase culminante verso la metà del secolo. Dallo studio delle variazioni dei ghiacciai risulta dunque che vi è stata tra i ghiacciai europei una evidente concomitanza nelle fasi di avanzata e di ritiro, ma non vi è stato sincronismo nel momento in cui ciascuno di essi ha raggiunto la maggiore espansione in senso assoluto. Ce lo fa notare anche H. Kinzl, il quale, riassumendo la situazione dei ghiacciai alpini di cui è stata studiata l'evoluzione in epoca storica, ha potuto rilevare che su 67 ghiacciai esaminati, 23 hanno avuto il loro massimo storico recente più pronunciato nel XVI secolo, e cioè fra il 1600 e il 1610 oppure fra il 1640 e il 1645, 19 hanno avuto questo massimo nel 1820 e infine i rimanenti intorno al 1850 (51).

(50) Per le notizie riguardanti la valle di Grindelwald e la Val d'Aosta rimando ancora a E. LE ROY LADURIE, *Histoire du climat*, ecc., cit., p. 167 e nota 152. Sulla scomparsa del villaggio di Pré-de-Bar l'A. si richiama a uno studio italiano apparso nel « Boll. Club Alpino Ital. », Torino, 1883, che io non ho potuto consultare.

(51) H. KINZL, *Die grossen nacheiszeitlichen Gletschervorstösse in den schweizer Alpen und in der Mont-Blanc Gruppe*, in « Zeit. für Gletscherkunde », Lipsia, 1932, pp. 269-397.

In quell'anno si è avuta una svolta fondamentale nell'evoluzione glaciale e dunque nella storia climatica. Infatti dal 1850 ebbe inizio un periodo di regresso dei ghiacciai e di progressivo riscaldamento del clima, protrattosi fino alla metà del nostro secolo. Di questo nuovo ciclo tratteremo più avanti. Soffermiamoci invece ancora un poco su questa età glaciale moderna, non per arricchire ulteriormente la nostra documentazione, ma piuttosto per chiederci quali conseguenze questo lungo periodo di clima freddo e di forte avanzamento dei ghiacciai ha avuto sulla vita degli uomini, sulle loro opere e sulla loro attività. Invero abbiamo già fatto cenno a questi effetti, anche se limitatamente a singoli episodi di distruzione di villaggi o ad altri eventi di cui avevamo testimonianza; ma che cosa possiamo dire più in generale?

Possiamo dar per certo, intanto, che quel periodo plurisecolare che va dalla fine del Cinquecento alla metà dell'Ottocento rappresentò per tutto il mondo alpino una fase di progressivo declino e quindi di vera e propria crisi, particolarmente per le alte vallate che più direttamente erano state interessate dall'avanzata glaciale. Questa crisi si fece sentire soprattutto nel secolo XVIII, quando determinò il graduale spopolamento di numerose aree montane, scatenando quel vasto fenomeno di abbandono della montagna che diventò poi pressoché generale durante il secolo scorso. I documenti storici riportati dal Le Roy Ladurie per le vallate alpine francesi (52), le ricerche di C. F. Capello per quelle piemontesi (53), di U. Mönsterin per altre zone alpine italiane (54)

(52) E. LE ROY LADURIE, *Histoire du climat*, ecc., cit., pp. 152-155.

(53) C. F. CAPELLO, *Contributo alla conoscenza della variazione del clima nelle Alpi Cozie in epoca storica*, in «Atti Soc. Ital. Sc. Nat.», Milano, 1942, pp. 259-274. L'A., dopo aver riportato le prove delle variazioni climatiche nelle vallate da lui percorse, avanza l'ipotesi che la causa prima dello spopolamento montano da lui constatato sia stato proprio il mutamento del clima. Mi pare di notevole interesse rilevare come questa sia la prima volta che si mette in relazione, sia pure in forma di ipotesi, lo spopolamento della montagna alpina col generale raffreddamento del clima che ebbe il suo culmine nella metà del secolo scorso. Dice il Capello (*op. cit.*, pp. 271-272): «... mi pare che un nesso tra i due fatti sia tutt'altro che impensabile, in quanto un'oscillazione del clima perdurante qualche secolo deve aver prodotto effetti sensibili e durevoli sulla vegetazione *oltreché in generale anche e maggiormente presso i limiti altimetrici di essa*... E poiché per queste cause la terra ha aumentato la propria tendenza a rendere di meno o a rendersi del tutto improduttiva, è chiaro che l'uomo ha dovuto cercare a più basse quote quanto la natura gli veniva negando più in alto, mentre l'opposto sarebbe avvenuto in condizioni favorevoli, data la tendenza a isolarsi dell'uomo "alpino"».

(54) U. MÖNSTERIN, *Il clima delle Alpi ha mutato in epoca storica?*, in «Boll.

e di vari studiosi tedeschi (55) per le Alpi centro-orientali, dimostrano come la decadenza economica e demografica che colpì il mondo alpino in quel periodo fosse dovuta proprio al perdurare del clima freddo e alla forte avanzata dei ghiacciai, onde si è potuto dire che il rinascimento economico e demografico che interessò altre parti dell'Europa a partire dalla fine del XVIII secolo passò senza portare alcun benefico effetto per il mondo alpino; anzi, lo sviluppo di altre regioni accentuò la decadenza della montagna. Non si hanno a tutt'oggi numerosi studi di geografia storica riguardanti le valli alpine che siano centrati sui secoli XVIII e XIX, ma dai pochi che abbiamo si può ben trarre la conclusione che non fu la rivoluzione industriale, con la conseguente attrazione della popolazione verso i centri industriali e i grandi agglomerati urbani, a scatenare il fenomeno dello spopolamento montano, dato che questo, almeno in certi settori delle Alpi, era già in atto da tempo a causa di quei fattori naturali che poc'anzi abbiamo indicato. Questa annotazione mi pare di notevole importanza ai fini di una precisa ricostruzione delle vicende attraversate dalle popolazioni alpine nell'età moderna.

Per il mondo nordico abbiamo ampi ragguagli da un interessante studio di G. Utterström (56), nel quale vengono raccolte tutte le prove relative all'influenza esercitata dalle variazioni del clima sulla popolazione scandinava in età medievale e moderna. L'Utterström ci informa che gli storici norvegesi hanno discusso a lungo sulle cause della decadenza dei popoli nordici nel XIV e nel XV secolo e che alcuni sono ormai d'accordo nell'attribuire una parte importante, in questa involuzione, al peggioramento del clima; quest'ultima causa avrebbe avuto un ruolo preminente in questi due fatti importanti: nel rendere sempre più precaria e poi del tutto impossibile la maturazione del grano in Islanda, con conseguenze di notevole importanza sulla vita economica di quell'isola, e nel determinare l'estinzione della colonia normanna in Groen-

Com. Glaciol. Ital.», n. 16, Torino, 1936, pp. 57-104. Il Mònterin è stato il primo, fra gli studiosi italiani, a richiamare l'attenzione su alcuni indizi di varia natura (variazione del limite altimetrico del bosco, di alcune piante coltivate come l'olivo e la vite, ecc.) di una netta variazione del clima alpino in età moderna.

(55) E. DRYGALSKI e E. MACHATSCHEK, *op. cit.*, p. 214 e segg.

(56) G. UTTERSTRÖM, *op. cit.*, p. 5.

landia. Circa il primo fatto, l'Utterström ci informa che la produzione del grano in Islanda era andata diminuendo rapidamente dopo il XIV secolo, tanto che gli abitanti furono costretti da un lato ad acquistare in quantità sempre crescente derrate alimentari dall'Europa e dall'altro a dedicarsi con maggiore intensità alla pesca, appunto per sopperire alla scarsità dei cereali (57). La coltura del grano sembra essere scomparsa del tutto dall'Islanda intorno alla metà del '500. Non meno interessanti sono le considerazioni fatte dallo storico svedese sulla scomparsa della colonia normanna in Groenlandia, ma in verità egli non fa che richiamarsi, su questo punto, ai risultati delle ricerche compiute da altri studiosi scandinavi, dopo che sono stati riportati alla luce, con gli scavi di Herjolfsnes, i corpi di normanni con abiti ben conservati, del tipo di quelli usati in Europa nel XIII secolo (58). Si è potuto facilmente dedurre — dice l'Utterström — che i corpi furono sepolti in un terreno soffice, che poi gelò a causa del freddo e rimase in tale stato praticamente fino ai giorni nostri, segno che il peggioramento del clima era subentrato dopo che la colonia era già installata da tempo in Groenlandia. A far perire questa colonia norvegese, secondo gli storici scandinavi, dovettero contribuire diverse cause: il rigore del clima, l'espansione verso sud della massa glaciale dell'*inlandsis*, che occupò vaste aree a pascolo prima utilizzate per l'allevamento del bestiame, e infine i frequenti attacchi degli Eschimesi, i quali, con l'avanzare dei ghiacci, erano scesi anch'essi verso sud nel dar la caccia alle foche e agli altri animali di cui si alimentavano (59).

(57) G. UTTERSTRÖM, *op. cit.*, pp. 6-9.

(58) Gli scavi di Herjolfsnes sono stati condotti dallo storico e archeologo danese P. Nördlund, i cui lavori, pubblicati in riviste scandinave, io non ho potuto consultare direttamente. Un'interessante sintesi, apparsa in un periodico geografico, è quella di W. HOVGAAARD, *The Norsemen in Greenland. Recent discoveries at Herjolfsnes*, in «Geogr. Rev.», New York, 1925, pp. 605-616. Si veda pure l'articolo di J. MARCUS, *The Greenland Trade-Route*, in «Econ. Hist. Rev.», Londra, 1954, pp. 71-80. Le considerazioni di questi autori sono riprese da G. UTTERSTRÖM, *op. cit.*, pp. 3-9.

(59) Queste incursioni degli Eschimesi — insiste l'Utterström — sono una riprova del peggioramento del clima («These raids confirm the idea of a deterioration in climate»), per questo motivo: gli Eschimesi, la cui vita dipende dalla caccia alla foca e quindi dalla presenza di masse di ghiaccio, ancora prima dell'arrivo dei Normanni, si erano rifugiati nel Nord della Groenlandia quando i ghiacciai si erano ritirati anch'essi per l'innalzarsi della temperatura. La loro discesa a sud, intorno

Passando a trattare delle condizioni della Scandinavia nel '500, l'Utterström afferma che nella prima metà del secolo la Svezia conobbe un periodo di grande prosperità e di grande abbondanza di derrate alimentari, mentre negli ultimi decenni, ma soprattutto nel XVII secolo, il livello di vita si abbassò notevolmente a causa di una lunga serie di annate di carestia. Questo declino viene spiegato dagli storici e dallo stesso Utterström col forte aumento della popolazione e con altre condizioni umane, ma l'A. è del parere che anche alcuni fatti climatici siano responsabili di questa involuzione, dato che il clima verso la fine del '500 si era fatto più rigido e più secco (60), determinando una forte flessione nella produzione agricola, specialmente nella produzione di foraggi necessari per l'allevamento del bestiame. Tale scarsità di prodotti, che è ben documentata dalle fonti storiche per i periodi 1596-1603, 1649-52, 1675-77, 1695-97, fu accompagnata da numerose epidemie che determinarono una sensibile diminuzione della popolazione svedese. Le epidemie furono una diretta conseguenza della mancanza di derrate alimentari, come questa — per l'Utterström — fu un effetto del peggioramento del clima. L'A. afferma però che il problema della diminuzione della popolazione della Svezia deve essere esaminato entro un quadro più vasto e allarga così il suo discorso all'Europa intera. Richiamandosi infatti a F. Braudel, il quale riconosce nel XVII secolo un periodo critico anche per i paesi mediterranei, almeno dal punto di vista della vita materiale, lo studioso svedese conclude che per tutto il continente europeo il '600 rappresentò un'epoca di profonda crisi agricola e alimentare, di cui sarebbe vano cercare le cause nella struttura economica e sociale di quel tempo, dato che l'origine prima starebbe soltanto nel peggioramento del clima.

Veniamo ora ai paesi mediterranei e prendiamo lo spunto dai fatti esposti dal Braudel a proposito dello sviluppo economico e

al XIV secolo, dimostra che i ghiacci in quel periodo avevano ripreso ad espandersi e avevano rioccupato parte dei terreni perduti in precedenza. Da ciò le difficoltà sempre crescenti per le genti normanne (G. UTTERSTRÖM, *op. cit.*, p. 9).

(60) La diminuzione della temperatura sarebbe stata accompagnata, nei paesi scandinavi, da una maggiore frequenza dei venti freddi e asciutti da est e da una contemporanea diminuzione di quelli tiepidi e umidi provenienti dall'Atlantico. Esattamente il contrario sarebbe accaduto nel Mediterraneo, dove l'abbassamento della temperatura media sembra esser venuta di pari passo con l'aumento delle precipitazioni.

demografico di tali paesi dopo il 1450. Lo storico francese rileva appunto che dopo la metà del XV secolo vi fu in tutta l'area mediterranea un notevole aumento della popolazione, accompagnato da uno spostamento degli abitanti dalle regioni montane verso le pianure e le città, e che verso la fine del '500 non solo l'incremento si arrestò, ma subentrò una generale decadenza demografica che non sembra spiegabile con soli fattori sociali ed economici. La caratteristica principale di questa nuova situazione (per il Braudel l'anno 1590 sembra segnare la linea di confine fra le due epoche) fu la grande difficoltà nell'approvvigionamento di derrate alimentari. I prezzi del grano ebbero un'ascesa vertiginosa negli ultimi decenni del 1500, dato che anche i paesi tradizionalmente esportatori si trovarono in gravi difficoltà per la scarsità dei propri raccolti, onde ebbe inizio, a partire appunto dal 1590, l'importazione di grano dai paesi del Baltico verso il Mediterraneo per il tramite dei mercanti anseatici. Come spiega il Braudel questa scarsità di prodotti alimentari e la relativa decadenza demografica? Egli discute due possibilità: il precedente incremento della popolazione nei paesi produttori, con la conseguente flessione delle esportazioni, e un possibile mutamento di clima che avrebbe reso precari i raccolti in molte zone mediterranee. Il Braudel considera la prima spiegazione come la più plausibile, ma non esclude la possibilità di un mutamento climatico (61), tanto che egli riporta nella sua opera varie notizie di fonte storica sull'incremento della piovosità nel Mediterraneo verso la fine del '500, sulle inondazioni del Rodano, sul peggioramento delle condizioni climatiche nell'Italia centro-meridionale e così via; ma non trae da tutto ciò una conclusione definitiva. Comunque, il gran numero di fatti e di eventi che egli riporta gli rende impossibile evitare il problema di una variazione del clima e lo induce ad affermare che tale questione è troppo importante perché se ne possano trarre delle conclusioni di validità storica in un momento (quello in cui il Braudel scriveva) in cui le ricerche in questo campo sono ancora piuttosto scarse. E' dunque una posizione di attesa, quella dello storico francese, che se non accetta senz'altro l'ipotesi climatica neppure la esclude. Il fatto che uno storico della statura del Braudel abbia ammesso questa possibilità a me pare di estrema importanza.

(61) F. BRAUDEL, *op. cit.*, pp. 310-317 dell'edizione italiana.

Concludiamo con un argomento per noi molto importante, perché in esso troviamo, ancora una volta, una prova e insieme una conseguenza delle variazioni del clima: le oscillazioni nelle date annuali delle vendemmie in Francia e in altri paesi europei dal XVI al XIX secolo, in base alla ricca documentazione che ci proviene da numerose città. Precisiamo a tal proposito che intorno al 1880 il Servizio Meteorologico Francese, sotto la guida di A. Angot, aveva indetto un'inchiesta sul piano europeo intesa a raccogliere tutte le testimonianze storiche possibili sulle date delle vendemmie di ogni singolo anno, in modo da abbracciare la maggior durata di tempo e la maggior estensione territoriale. In quella circostanza numerose località hanno fornito dei ragguagli per i secoli XVIII e XIX; alcune città come Digione, Salins, Kürnbach (Foresta Nera), Losanna, Lavaux, Aubonne (Svizzera) hanno inviato all'Angot delle serie quasi senza lacune sulle date delle vendemmie per il '600 e la fine del '500, ma quelle di Salins e di Losanna risalgono, sia pure con alcune interruzioni, all'inizio del '500, e quelle di Digione al XIV secolo. In complesso, si raccolsero dati abbondantissimi per il secolo scorso, abbondanti per il '700, sufficienti per il '600 e piuttosto rari per i tempi anteriori (62). I risultati di questa vasta inchiesta furono sintetizzati in uno studio, rimasto poi famoso, dello stesso Angot, il quale, dopo aver rilevato che le date delle vendemmie presentano delle oscillazioni ora nel senso della precocità ora nel senso del ritardo rispetto al periodo normale, non ha ricavato da ciò considerazioni climatologiche di carattere generale; anzi l'Angot rimase convinto, nonostante tutto, che non vi erano state fluttuazioni del clima in Europa fin dalla remota antichità. Eppure il fatto che le serie provenienti da città diverse presentavano fra loro un'eccellente concordanza avrebbe dovuto provare in maniera indiscutibile che il clima ha avuto su quelle oscillazioni un ruolo determinante. Sui dati dell'Angot sono però ritornati altri studiosi

(62) A. ANGOT, *Étude sur les vendanges en France*, in « Ann. Bureau Centr. Météorol. de France », Parigi, 1883. Alle serie di dati presentate dall'Angot nel suo studio se ne sono aggiunte in anni più vicini a noi numerose altre, a cura di vari autori, per la regione parigina e per la Francia meridionale. Si vedano in proposito: E. LE ROY LADURIE, *La méthode historique et le climat*, in « Mém. et Trav. Soc. Hydrotechn. de France », Parigi, 1963, t. II, suppl., pp. 121-138; M. GARNIER, *op. cit.*

per dimostrare che essi offrono una buona concordanza con quelli ricavati dalle ricerche glaciologiche, nel senso che alle annate di vendemmia tardiva dovuta a estate fresca e umida corrispondono quasi sempre anni di forte avanzamento dei ghiacciai, come il 1675, il 1725 e tanti altri, e inversamente che le annate di vendemmia precoce, con estate calda, corrispondono a momenti di stasi o di regresso glaciale, come i periodi 1635-39, 1704-10 ecc.

Ci informa il Le Roy Ladurie che lo storico francese G. Roupnel, nel tracciare la storia della viticoltura e della produzione del vino in alcune zone della Francia, ha notato come numerose annate del XVII secolo furono fredde e piovose e perciò sfavorevoli alla produzione agricola, avanzando l'ipotesi, abbastanza interessante, che in quegli anni si sia registrato un aumento delle piogge estive, le più nocive sia alla coltura della vite che a quella del grano (63). La serie più lunga di annate sfavorevoli, per il Roupnel, si ebbe dal 1646 al 1652 e fu quella appunto che nella primavera del 1652 determinò su tutta la Francia una terribile miseria. Sarebbe certo assurdo, osserva il Le Roy Ladurie, seguire fino in fondo il Roupnel nelle sue deduzioni e cercare di spiegare anche noi l'episodio della Fronda con le condizioni meteorologiche sfavorevoli del decennio 1640-50; tuttavia si può ammettere che in una società già in stato di crisi latente, « les difficultés agricoles, filles de l'adversité climatique, aient pu jouer un rôle provocateur » (64). E' ben vero che l'A. afferma con decisione che le cause profonde della Fronda e di altri eventi critici come questo vanno ricercati in fatti di or-

(63) Del Roupnel, la cui opera non ho letto, ho riferito nel testo solo quanto si legge in E. LE ROY LADURIE, *Histoire du climat*, ecc., cit., pp. 52-54. Sulle condizioni dell'agricoltura europea nel '600 e nel '700 si può vedere anche l'interessante articolo dello stesso E. LE ROY LADURIE, *Climates et récoltes aux XVII et XVIII siècles*, in « Annales - Economies, Sociétés, Civilisations », Parigi, 1960, pp. 434-465; ID., *Histoire et climat*, ibid., 1959, pp. 3-34.

(64) Riporto per intero l'opinione dello storico francese sull'ipotesi avanzata dal Roupnel. Dopo aver negato una relazione diretta, immediata, tra gli eventi climatici e la rivolta della Fronda, il Le Roy Ladurie (*Histoire du climat*, ecc., cit., p. 53) afferma: « En revanche, il est plausible d'admettre avec l'historien bourguignon que, dans une société en état de crise latente " depuis 1630, 1635, 1637 ", les difficultés agricoles, filles de l'adversité climatique, aient pu jouer un rôle provocateur; les mauvaises récoltes ont pu partiellement déclencher les " extraordinaires pointes cycliques " des prix de 1647-50. Elles n'ont pas causé au sens profond du terme, mais elles ont, comme facteur secondaire, contribué à catalyser l'immense " bouleversement économique, social et surtout démographique " qui s'est exprimé de façon incomplète et maladroite dans les révoltes de la Fronde ».

dine politico ed economico, tuttavia è estremamente significativo che uno storico molto prudente come il Le Roy Ladurie abbia riconosciuto alle variazioni del clima anche soltanto un « rôle provocateur » su certi eventi storici particolarmente importanti.

Il periodo caldo dell'ultimo secolo (1850-1950). A metà del XIX secolo il clima muta su tutto il nostro emisfero. I ghiacciai cominciano a ritirarsi sia dall'Artico che dai grandi sistemi montuosi, mentre la temperatura si innalza: ha inizio una nuova era climatica, la prima, nella storia del clima, che sia stata individuata e rilevata direttamente mediante registrazioni strumentali. Infatti nel 1850 il periodo delle osservazioni meteorologiche regolari sulla temperatura, sulla piovosità, sulla frequenza e la direzione del vento era già iniziato ed anzi numerose città europee dispongono di questi dati a partire dal XVIII secolo ed alcune addirittura dalla fine del '600 (65). Sfortunatamente in questi primi secoli vi era una grande confusione nelle unità di misura usate per la graduazione degli strumenti, non vi era uniformità nelle ore di osservazione come nel tipo di schermo degli strumenti e infine, per ogni singola località, è incerto che gli strumenti siano stati sempre nello stesso sito, onde vi è un grande pericolo a usare indiscriminatamente tutti i dati meteorologici che si possiedono per gli anni anteriori al 1850. Tuttavia A. Wallén, G. Manley e altri studiosi sono riusciti a selezionare un certo numero di serie omogenee di osservazioni termometriche e pluviometriche che risalgono alla metà del '700 e le hanno utilizzate per lo studio delle variazioni climatiche recenti. Sono invece abbastanza numerose le serie di dati climatici che risalgono al 1870-80 e anche queste offrono un notevole interesse, perché testimoniano le tendenze e i caratteri del clima tra la fine del secolo scorso e la prima metà di questo.

La bibliografia relativa al periodo caldo di quest'ultimo secolo

(65) Un interessante articolo riguardante le prime osservazioni meteorologiche strumentali effettuate in Europa è quello di G. MANLEY, *Le prime osservazioni meteorologiche e lo studio delle fluttuazioni climatiche*, in « *Endeavour* », Londra, 1962, pp. 43-50. L'A., dopo aver detto che il Seicento ebbe una particolare importanza per la Meteorologia poiché vide l'invenzione del termometro, dell'anemometro, del barometro e dell'igrometro, ci informa che le prime osservazioni quotidiane a mezzo di strumenti, di cui si abbia notizia, vennero eseguite a Firenze nel 1655. Tre anni più tardi si iniziarono in Francia, a Parigi, e nel 1659 a Londra.

è ormai vastissima, poiché man mano che gli effetti dell'innalzamento della temperatura si facevano più evidenti il numero degli scritti è andato sempre più aumentando. Tra gli studi che per primi apparvero in Europa sono da ricordare almeno quelli di A. Walén, il quale, basandosi su osservazioni condotte a Stoccolma dal 1757 al 1914, ha dato una prova concreta, fin dal 1916, dell'innalzamento della temperatura nel territorio svedese; quelli di R. Scherhag, il quale, in un suo lavoro del 1931, considerò l'innalzamento della temperatura un fenomeno di tale importanza per l'estremo nord che introdusse l'espressione « the warming of the Arctic »; quelli di A. Wagner, il quale, notando come il riscaldamento del clima durasse da molti decenni, respinse ogni teoria di periodicità regolare nelle variazioni climatiche e quindi anche il famoso periodo di 35 anni che E. Brückner credette di individuare, affermando che una tale regolare successione è ben lungi dal verificarsi nella realtà.

Dopo questi primi e fondamentali lavori ne sono apparsi numerosi altri riguardanti singole aree geografiche, redatti da geografi, da meteorologi e da glaciologi, i quali hanno precisato l'entità e le caratteristiche essenziali di questa fluttuazione climatica recente nelle varie parti del nostro emisfero. In epoca più vicina a noi a questi studi monografici hanno fatto seguito dei lavori di sintesi comprendenti spazi sempre più vasti o l'intera superficie terrestre; ricordiamo fra tutti lo studio di A. Wagner (1940), il quale, dopo aver raccolto tutte le serie meteorologiche pubblicate fino a quel momento nel mondo, è giunto a una rappresentazione cartografica d'insieme dell'entità del riscaldamento, e le più recenti sintesi del geografo H.W. Ahlmann (66), del glaciologo L. Lliboutry, dei meteorologi H.C. Willett, J.M. Mitchell e R.G. Veryard, i quali ci hanno dato un quadro completo e definitivo di questa tendenza europea e mondiale all'innalzamento della temperatura, che rappresenta l'ultimo episodio della storia climatica degli ultimi tre millenni. In questo lavoro io ho seguito lo schema del fonamen-

(66) Lo studio di questo grande geografo svedese, rimasto un classico nel campo delle ricerche sulle variazioni del clima, è: H.W. AHLMANN, *The present climatic fluctuation*, in « The Geogr. Journal », Londra, 1948, pp. 165-193. Rimando a questo articolo per i riferimenti bibliografici riguardanti gli studiosi che per primi hanno messo in evidenza l'innalzamento della temperatura e che io ho ricordato nel testo.

tale studio di Ahlmann, e perciò anch'io riporto dapprima le prove climatologiche, poi quelle glaciologiche e oceanografiche e infine gli argomenti ricavati dalle ricerche biogeografiche, tenendo conto però anche di altri lavori apparsi più di recente (67).

Nel riportare i risultati delle osservazioni termometriche di lungo periodo, che consideriamo come prove climatologiche del recente periodo caldo, è opportuno iniziare dalle regioni artiche e subartiche, nelle quali il riscaldamento è stato più intenso che in ogni altra parte del mondo (68). Fin dagli anni compresi fra le due guerre mondiali i lavori del meteorologo tedesco Scherhag, di cui ho già fatto cenno, hanno permesso di rilevare che in Groenlandia, alla stazione di Jacobshavn, le temperature medie del periodo invernale (novembre-marzo) del decennio 1923-32 sono state più elevate di ben 5° rispetto a quelle del periodo 1883-1892, mentre nelle isole Spitsbergen l'incremento della temperatura invernale ha raggiunto addirittura 7°-8° nel periodo compreso fra il 1910 e il 1930. In Islanda l'aumento è stato meno accentuato, ma pur sempre notevole.

(67) Al fine di offrire qualche ragguaglio bibliografico indico qui sotto almeno i più importanti tra i lavori che trattano della fase climatica calda 1850-1950: H. W. AHLMANN, *op. cit.*; R. BILANCINI, *L'aumento della temperatura della Terra*, in « Riv. di Meteorol. Aeronaut. », Roma, 1950, n. 4, pp. 3-16; R. FAY, *Some variations in european climatic temperature*, in « Journ. of Meteorol. », Londra, 1958, pp. 467-474; R. KIRCH, *Temperaturverhältnisse in der Arktis während der letzten 50 Jahre*, in « Met. Abhandl. fr. Univ. Berlin », Bd. LXIX, H. 3, Berlino, 1966, pp. 102; H. H. LAMB, *Our changing climate*, ecc., cit.; ID., *Climatic change within historical time*, in « Ann. New York Acad. Sc. », New York, 1961, pp. 124-161; ID., *On the nature of certain climatic epochs*, ecc., cit.; M. RODEWALD, *Stand und Perspektiven der jetzigen Klimaschwankung*, in « Deut. Geographentag in Würzburg », Würzburg, 1957, pp. 215-221; M. ROULLEAU, *Variations récentes du climat*, in « La Météorologie », Parigi, 1958, n. 4, pp. 1-14; H. RUDOLF, *Die Klimaschwankungen in den Hochalpen seit Beginn der Instrumenten-Beobachtungen*, in « Arch. für Meteorol. und Bioklimatol. », Vienna, serie B, Bd. 13, H. 3, 1964, pp. 303-351; I. I. SCHELL, *Recent evidence about the nature of climate changes and its implications*, in « Ann. New York Acad. Sc. », New York, 1961, pp. 251-270; J. SCHOVE, *The climatic fluctuation since A. D. 1950 in Europe and the Atlantic*, in « Quart. Journ. R. Meteorol. Soc. », Londra, 1950, pp. 147-165; R. G. VERYARD, *Aperçu des études relatives aux variations climatiques intéressant la période pour laquelle on dispose d'observations météorologiques*, nel vol. *Climatic Change*, Parigi, U.N.E.S.C.O., 1963, pp. 17-35. In tutti questi lavori si trovano ampi riferimenti bibliografici.

(68) I riferimenti bibliografici relativi alle opere i cui autori sono ricordati nel testo si trovano tutti in H. W. AHLMANN, *op. cit.*, e in R. G. VERYARD, *op. cit.* Per le zone polari artiche è molto importante la memoria di R. KIRCH, già citata nella nota precedente.

Per la Norvegia gli studi di T. Hesselberg e B. J. Birkeland (1956) hanno permesso di rilevare che a partire dalla metà del secolo scorso le temperature invernali del distretto di Oslo sono aumentate di $1^{\circ},9$, quelle primaverili di 1° e quelle autunnali di $0^{\circ},7$, mentre la media estiva ha segnato un incremento appena sensibile; è ovvio che ne è derivata una diminuzione dell'escurione termica annua, con conseguente accentuazione delle caratteristiche marittime del clima norvegese. Un'evoluzione del tutto simile hanno potuto osservare A. Labriijn nel clima olandese e L. Lysgaard in quello danese; nel primo caso è stato constatato un aumento quasi continuo delle temperature invernali a partire dal 1790 e un riscaldamento estivo poco marcato, con conseguente tendenza verso caratteri meno continentali del clima; in Danimarca, a Copenaghen, la temperatura media annua è aumentata di 1° , ma quella dei mesi invernali (dicembre-marzo) di $2^{\circ},3$, mentre nei mesi da aprile a settembre non si sono avute apprezzabili variazioni. Per le Isole Britanniche si possiedono i dati di una trentina di stazioni (di cui 10 scozzesi), che hanno registrato ininterrottamente la temperatura dal 1880 in poi, e da essi si rileva che la media invernale è aumentata di $2^{\circ}-3^{\circ}$ fino al 1940 e che fra quest'ultimo anno e il 1954 si è avuto un ulteriore aumento che ha riguardato non più le temperature invernali ma quelle delle altre stagioni. Per il Lancashire il Manley ha pubblicato una serie di osservazioni che risalgono al 1753 e che dimostrano come la temperatura sia andata aumentando solo a partire dalla metà del secolo scorso; è interessante rilevare che questo incremento ha avuto delle oscillazioni del tutto simili a quelle che si sono notate a Stoccolma, anche se in quest'ultima città il mese di gennaio è diventato più caldo di $2^{\circ},5$ contro $1^{\circ},7$ del Lancashire. In Svezia, come nelle Isole Britanniche, sembra che le medie autunnali e quelle estive non abbiano subito modificazioni di qualche entità durante il secolo 1850-1950. Per la Finlandia le ricerche di J. Keranen hanno dimostrato che nel periodo compreso fra i decenni 1899-1908 e 1929-38 la temperatura ha subito un incremento in tutte le stagioni, e in particolare si è rilevato che a Oulu le medie invernali sono aumentate di $2^{\circ},7$, quelle primaverili di $1^{\circ},4$, quelle estive di $2^{\circ},5$ e infine quelle autunnali di $2^{\circ},7$. Per Helsinki i valori corrispondenti sono stati rispettivamente di

1°,8, 1°,4, 1°,5 e ancora di 1°,5. Di notevole importanza, rileva il Keranen, è stato soprattutto l'allungamento del periodo di crescita delle piante, che è stato di 13-16 giorni per la maggior parte della Finlandia e di 21-24 giorni per le regioni costiere sud-occidentali. Nell'Unione Sovietica la tendenza all'innalzamento della temperatura, con valori diversi da luogo a luogo, era stato già rilevato dal Wagner negli anni compresi fra le due guerre mondiali, ma è stato poi precisato in uno studio più recente da F. Rubinstein, dal quale apprendiamo che un sensibile aumento nelle temperature invernali cominciò a verificarsi già alla fine del secolo scorso lungo le coste del Mare di Barents, ad Arcangelo, a Leningrado, mentre non si è avuto un aumento apprezzabile in Ucraina.

Anche nei paesi del Mediterraneo e del Vicino Oriente, dove però le osservazioni continue di durata secolare sono piuttosto scarse, l'aumento della temperatura sembra essere stato poco sensibile e in ogni caso non superiore a 1°; di uguale entità è l'incremento registrato in India, almeno a quel che risulta dalle osservazioni condotte a Colaba, presso Bombay, fin dal 1860. Quanto all'Italia, sembra che l'aumento della temperatura (almeno dalla fine del secolo scorso in poi) abbia riguardato le temperature estive e non quelle invernali. Ricavo questa affermazione da un recente studio di A. Giacobbe, fondato sul raffronto tra i valori termici del quindicennio 1892-1906 e quelli del ventennio 1936-55. Il Giacobbe non ha però considerato la temperatura annua, bensì la media delle massime del mese più caldo e quella delle minime del mese più freddo e la relativa escursione fra questi valori estremi. Egli ha potuto così notare che l'80% delle stazioni da lui prese in considerazione (in tutto 92) hanno presentato un aumento medio di 1°,4 nelle temperature massime e che in una proporzione quasi eguale di stazioni si è avuta una diminuzione delle temperature minime di circa 2°. L'accentuarsi del caldo estivo e del freddo invernale ha dunque portato, secondo il Giacobbe, a una maggiore continentalità del clima italiano e tale tendenza sembra essere stata più sensibile nell'area appenninica e nei litorali tirrenico e ionico che nell'Italia continentale (69).

(69) A. GIACOBBE, *Le variazioni della temperatura atmosferica in Italia*, in « Riv. Geogr. Ital. », Firenze, 1961, pp. 352-366. Le conclusioni cui è pervenuto il

Quanto agli Stati Uniti, si possiedono dati di lungo periodo che risalgono alla prima metà del secolo per le città di New York, di New Haven, di Filadelfia, di Saint Louis e di Washington, e tutti confermano il sensibile innalzamento della temperatura; questo non può essere attribuito all'urbanizzazione e al riscaldamento delle abitazioni, dato che l'attenuazione del freddo invernale è testimoniata anche dalla stazione di Blue Hills, che è ben lontana dai grossi centri urbani. Un sensibile riscaldamento del clima si è avuto anche in molte parti del Canada, dove però si sono constatate variazioni piuttosto forti da zona a zona.

Quanto all'emisfero meridionale, su vastissime zone la variazione recente del clima non è stata percepita, mentre è addirittura incerto se vi sia stato un vero innalzamento della temperatura nell'Antartide, dove la grande estensione dei ghiacci agisce indubbiamente da freno all'evoluzione termica. Per molte altre regioni ci manca una precisa documentazione.

Nonostante ciò, si può dire che l'innalzamento della temperatura media fra la metà del secolo scorso e la metà del nostro, pur avendo riguardato in modo particolare i paesi che si affacciano sull'Atlantico settentrionale, sia dal lato europeo che da quello americano, è stato un fenomeno generale nel nostro pianeta, come hanno dimostrato i meteorologi L. Lysgaard, G.S. Callendar, J.M. Mitchell e H.C. Willett, i quali ce ne hanno dato delle rappresentazioni cartografiche giungendo a risultati assai simili fra loro. Secondo questi studiosi, il riscaldamento riguarda anzitutto

Giacobbe non coincidono con quelle tratte da S. Polli in uno studio sulle variazioni del clima nella regione veneta. Questo studioso infatti, mettendo a confronto i valori medi della temperatura di alcune stazioni venete calcolati per il trentennio 1871-1900 con quelli del trentennio 1931-1960, ha riscontrato un aumento della temperatura media di $0^{\circ},3$ e una diminuzione dell'escursione termica di $0^{\circ},5$, determinata dalla flessione delle temperature estive e dal contemporaneo aumento di quelle invernali. Nello stesso intervallo di tempo è stata constatata una diminuzione del totale annuo delle precipitazioni pari al 9% (S. POLLI, *La variazione attuale del clima della Regione Veneta*, in «Ateneo Veneto», Venezia, 1966, pp. 75-91). Ricordo che un aumento della temperatura media è stato notato anche a Bari a partire dal 1925, come si deduce dall'articolo di F. GIAMETTA, *La temperatura a Bari*, in «Riv. di Meteorol. Aeronaut.», Roma, 1964, n. 3, pp. 24-33.

I risultati di questi e di altri studi simili destano talvolta qualche perplessità per i contrasti che manifestano fra loro; ciò si deve da un lato al fatto che gli autori non sempre ci assicurano che le serie meteorologiche da essi considerate sono omogenee (ossia che gli strumenti sono stati sempre nello stesso sito e hanno funzionato in modo eccellente e senza interruzione), dall'altro al fatto che spesso vengono usati metodi diversi di indagine e di elaborazione statistica.

le regioni artiche, in secondo luogo le zone fredde e temperate dell'emisfero settentrionale (Stati Uniti, Europa, Siberia) e quindi, in misura meno sensibile, i tropici e le zone temperate dell'emisfero meridionale. Sembra che non abbiano conosciuto questo aumento della temperatura media alcuni territori del Canada nord-orientale, una gran parte dell'America Meridionale, l'Africa di sud-ovest e certe regioni dell'Asia centrale, dell'Oceano Indiano, del Sud-est asiatico e dell'Australia.

Al fine di offrire un quadro globale della variazione del clima compiutasi negli ultimi 70 anni, riporto qui in tabella i valori medi dell'incremento della temperatura media annua per fasce di latitudine e per la maggior parte della Terra, secondo i calcoli del Callendar e di Mitchell e Willett (70). I valori medi contenuti nella tabella possono apparire a un primo superficiale esame modesti e quasi trascurabili e dar l'impressione che l'aumento della temperatura sia stato così lieve da essere rilevato solo dagli strumenti. Ma è opportuno ricordare (se pur ve ne fosse bisogno) che anche gli incrementi più sensibili della temperatura media della sola stagione invernale o di quella estiva, di cui si è parlato in precedenza, si traducono in aumenti di pochi decimi di grado nella media annua. Ne consegue che anche incrementi in apparenza modesti hanno effetti di notevole entità sul paesaggio naturale, sulla distribuzione della vegetazione e della fauna (come vedremo tra poco) e, naturalmente, sull'economia e la vita dell'uomo.

CALLENDAR (*)		WILLETT e MITCHELL (**)	
Limiti di latitudine	°C	Limiti di latitudine	°C
60° N - 25° N	0°,39	60° N - 20° N	0°,32
25° N - 25° S	0°,17	30° N - 30° S	0°,19
25° N - 50° S	0°,14	20° N - 50° S	0°,06
		20° N - 60° S	0°,10
60° N - 50° S	0°,23	60° N - 60° S	0°,21
		80° N - 60° S	0°,27

(*) Differenza tra la media 1921-50 e quella 1891-1920.

(**) Differenza tra la media 1920-49 e quella 1890-1919.

(70) Ricavo la tabella dallo studio di J.M. MITCHELL, *On the world-wide pattern of secular temperature change*, nel vol. *Climatic Change*, cit., pp. 161-181.

Benché Mitchell e Willett siano partiti, nei loro studi, da valori medi e da metodi diversi da quelli del Callendar, i loro risultati e le loro conclusioni sono in notevole accordo con quelli di quest'ultimo studioso, come si rileva dalla tabella. Il Mitchell fa notare che le temperature medie dell'emisfero nord sembrano aver subito una variazione quasi sincrona, ma aggiunge che le tendenze medie valide a scala mondiale non sono sempre valide per le singole regioni, le quali possono presentare un'evoluzione propria. Tuttavia è innegabile che la seconda metà del XIX secolo e i primi decenni del XX siano stati contrassegnati da un riscaldamento generale del clima, dapprima lento e irregolare e poi sempre più intenso, così da raggiungere il suo massimo fra il 1930 e il 1940; tale riscaldamento in alcune regioni ha avuto inizio più tardi che in altre, ma nel periodo 1920-40 è stato di un'ampiezza quasi mondiale.

Fin qui le variazioni accertate nell'andamento termico annuo; ma quali mutamenti si sono notati nella quantità e nel regime delle precipitazioni?

R.G. Veryard (71) fa notare che è più difficile raccogliere in un insieme unico e coerente tutti i dati disponibili sulla piovosità, dato che in questo elemento del clima le tendenze a lungo termine sono mascherate da variazioni a più corto periodo e queste ultime dalla variabilità interannuale. Tuttavia, con opportuni metodi statistici, è possibile ricavare dei dati di un certo valore. Dagli studi di E.B. Kraus, L. Lysgaard e altri sembra che in Europa e nel Mediterraneo si sia avuto un aumento delle precipitazioni nel periodo 1870-90, una successiva diminuzione continuata fino al 1920 e da quell'anno in poi variazioni di senso diverso tra le varie parti del continente. Secondo L.S. Berg, a causa della diminuzione delle precipitazioni (e come riprova di tale evento), nella prima metà del nostro secolo si sarebbe avuto un netto abbassamento del livello delle acque nel Caspio e nei bacini del Danubio, del Don e del Dnepr. J. Neuman, studiando le variazioni delle piogge in Palestina in rapporto con quelle del livello del Mar Morto, ha rilevato che vi è un notevole parallelismo tra le oscillazioni verificatesi in Europa e quelle notate in Palestina, con la sola differenza che la diminuzione

(71) R. G. VERYARD, *op. cit.*, p. 25.

delle piogge sarebbe continuata in questa regione anche dopo il 1920, fino alla metà del secolo. E.B. Kraus (72) ha compiuto studi particolarmente interessanti sulle variazioni pluviometriche nelle zone tropicali, giungendo a risultati almeno in parte concordanti con quelli ora ricordati per le latitudini medie dell'Europa. Anche ai tropici la flessione delle piogge sembra essere iniziata negli ultimi decenni del secolo scorso, come effetto del restringimento della zona tropicale umida e dell'accorciamento della stagione piovosa, ma a partire dal 1950 pare si siano ristabilite condizioni di maggiore umidità; ciò sarebbe provato anche dall'aumento della frequenza dei cicloni tropicali che si è registrato in varie parti. Il Kraus afferma che in tutte le zone tropicali si sono avute piogge abbondanti fino al 1880-85 e che un periodo di accentuata siccità si è stabilito intorno all'ultimo ventennio del secolo (sembra abbastanza bruscamente), portando a una graduale espansione delle zone aride. In media la flessione delle precipitazioni sarebbe stata del 30% rispetto al periodo precedente il 1880, ma avrebbe superato di molto questo valore in certe località: ad Aden, per esempio, è stata riscontrata una flessione dell'84%. In sintesi, se gli ultimi decenni (posteriori al 1940) hanno visto variazioni un po' diverse da zona a zona, la flessione della piovosità dal 1880 al 1940 sembra essere stato un fenomeno di portata mondiale, tanto alle medie latitudini come nelle zone tropicali.

Possiamo affermare che il riscaldamento della zona temperata e l'inaridimento delle zone tropicali e subtropicali sono due fenomeni che procedono sempre di pari passo? E' ben possibile che le cose si svolgano in questo modo, ma solo le ricerche future ci daranno la definitiva conferma di tale supposizione.

Il periodo secolare di innalzamento della temperatura è attestato anche da un gran numero di prove glaciologiche. Per molti ghiacciai infatti noi conosciamo le variazioni di volume della massa e di posizione della fronte, in base alle osservazioni condotte regolarmente almeno da mezzo secolo a questa parte (per alcuni da oltre un secolo) e da tutti i dati a nostra disposizione si è potuto trarre la conclusione che tra il 1850 e il 1950 vi è stata una tendenza generale, persistente e a carattere mondiale, al re-

(72) E.B. KRAUS, *Secular changes of tropical rainfall regimes*, in « Quart. Journ. R. Meteorol. Soc. », Londra, 1955, pp. 198-208.

gresso degli apparati glaciali. Fra i ghiacciai delle Alpi, quelli della Scandinavia, dell'Alasca e di altre parti del mondo non vi è stato perfetto sincronismo per quel che riguarda il periodo di più intenso arretramento, ma è innegabile che l'ultimo secolo ha visto i ghiacciai di tutti i continenti — con la sola eccezione, forse, dell'Antartide — ritirarsi dalle posizioni avanzate raggiunte intorno al 1850. Gli studi sul regresso dei ghiacciai nell'ultimo secolo sono numerosissimi ed è ormai praticamente impossibile venire a conoscenza di tutto ciò che è stato pubblicato sull'argomento. Mi limiterò pertanto a riferire sui risultati dei lavori riguardanti non singoli ghiacciai, ma aree più o meno vaste, oppure ghiacciai particolarmente importanti, la cui evoluzione possa esprimere le tendenze di una particolare area montuosa.

Le notizie più sicure, come sempre, ci vengono dalle Alpi Occidentali, sia dal versante francese che da quello italiano. Nella valle di Chamonix i primi sintomi di regresso dei ghiacciai cominciano ad avvertirsi intorno al 1855 e una decina d'anni più tardi il fenomeno ha già raggiunto proporzioni notevoli. Infatti in un solo anno (il 1867-68) la Mer de Glace regredi di 150 metri e nel successivo decennio di 757 metri, alla media di 76 metri all'anno (73). In un secolo, dal 1860 al 1960, la fronte di questo ghiacciaio si è ritirata, in proiezione orizzontale, di ben 1100 metri, mentre quelle dell'Argentière e di Les Boissons hanno regredito rispettivamente di 970 e di 600 metri (quest'ultimo però nel solo sessantennio 1895-1955). Le conseguenze sono state importanti, perché il paesaggio della valle di Chamonix è profondamente mutato da quando la Mer de Glace, nel nostro secolo, ha cessato di essere visibile dalla pianura dell'Arve. Non meno interessanti sono gli studi d'insieme: P. Mougín, facendo dei raffronti tra le carte topografiche rilevate e pubblicate in epoche diverse notava, nel 1925, che tra il 1853 e il 1910 i ghiacciai della Val d'Isère avevano subito una diminuzione areale assai forte, essendo passati da 10.000 a 8600 ha., esattamente come quelli del bacino dell'Arc. Nelle alte valli dell'Arc e dell'Isère 77 ghiacciai conosciuti attraverso le carte e le fotografie aeree hanno perduto il 36% della loro superficie tra il 1900 e il 1956 (74).

(73) E. LE ROY LADURIE, *Histoire du climat*, ecc., cit., p. 202.

(74) E. LE ROY LADURIE, *Histoire du climat*, ecc., cit., p. 78.

Nelle Alpi italiane i movimenti dei ghiacciai vengono rilevati anno per anno mediante continue osservazioni e studiati per cura del Comitato Glaciologico Italiano, per cui è possibile oggi conoscere le varie fasi di avanzamento e di ritiro dei ghiacciai italiani (almeno dei più importanti) da diversi decenni a questa parte. E' sufficiente qui riferire sui risultati generali di questa ricognizione sistematica, tenendo presenti i lavori di sintesi pubblicati in questo dopoguerra da M. Vanni e da G. Nangeroni, i due geografi italiani che più si sono distinti nelle ricerche glaciologiche.

Il Vanni (75), in una comunicazione presentata al XIV Congresso Geografico Italiano, nel 1947, rilevava che le fronti dei maggiori ghiacciai italiani, dopo aver avanzato tra il 1915 e il 1925, erano andate rapidamente ritirandosi nel decennio successivo; il regresso si sarebbe attenuato intorno al 1936, ma senza cessare del tutto. Lo stesso Vanni, in collaborazione con C. Origlia e F. De Gemini (76), rilevava qualche anno dopo (1953) che i ghiacciai della Val d'Aosta, i quali occupavano nel 1884 ben 237 kmq. (secondo le carte topografiche), si erano ridotti a 222 kmq. nel 1929 e a 190 nel 1952, mostrando una riduzione del 20% circa in un intervallo di mezzo secolo. Per le Alpi lombarde abbiamo un interessante studio del Nangeroni (77), il quale ci informa che su 239 ghiacciai studiati fin dall'inizio del secolo ben 66 risultavano scomparsi nel 1953, mentre per quelli ancora esistenti in occasione delle ultime ricognizioni era stata constatata una forte riduzione della massa e un arretramento della fronte di almeno 9 m. all'anno. Dieci anni più tardi il Vanni (78) presentava al Congresso Geografico di Como un'ottima sintesi sulle variazioni dei ghiacciai italiani dal 1925 al 1963, dalla quale ricaviamo questi pochi dati: nel 1929 su 147 ghiacciai osservati nessuno risultava in aumento, per

(75) M. VANNI, *Le variazioni dei ghiacciai italiani e l'opera del Comitato Glaciologico Italiano*, in « Atti XIV Congr. Geogr. Ital., Bologna, 1947 », pp. 369-374.

(76) M. VANNI, C. ORIGLIA e F. DE GEMINI, *I ghiacciai della Valle d'Aosta*, in « Boll. Com. Glaciol. Ital. », Torino, 1953, pp. 1-177.

(77) G. NANGERONI, *Considerazioni sulle variazioni dei ghiacciai lombardi nell'ultimo venticinquennio*, in « Atti XVI Congr. Geogr. Ital., Padova-Venezia, 1954 », pp. 487-499.

(78) M. VANNI, *Le variazioni dei ghiacciai italiani nel 1963 e l'andamento del glacialismo alpino negli ultimi 10 anni*, in « Atti XIX Congr. Geogr. Ital., Como, 1964 », III, pp. 27-34.

il 4% non fu possibile accertare la tendenza evolutiva, mentre tutti gli altri, il 96%, erano decisamente in fase di regresso; nel 1938 su 186 ghiacciai solo il 7% erano in fase di avanzamento, il 4% furono considerati incerti e l'89% risultavano in ritiro; nel 1950 questa percentuale era salita di nuovo al 95%, contro l'1% in avanzamento e i rimanenti considerati incerti.

Per i ghiacciai delle Alpi Orientali, versante austriaco, abbiamo un interessante studio d'insieme di R. Finsterwalder (79), dal quale si ricava che 8 ghiacciai tipici studiati con metodi fotogrammetrici avevano perduto circa un sesto della loro superficie tra il 1920 e il 1950, mentre lo spessore diminuiva, nello stesso periodo, di 60 centimetri all'anno (18 metri in trenta anni).

Al di fuori dell'area alpina non si hanno osservazioni così minuziose e statistiche altrettanto precise: tuttavia per i singoli ghiacciai di una certa importanza ricerche molto accurate non mancano. Ad esempio sappiamo che nei Pirenei, dove la recente fase di regresso dei ghiacciai risulta evidente, il ghiacciaio di circo del Portillon è scomparso quasi interamente fra il 1912 e il 1956 (80) e che si è avuta un'uguale tendenza nei paesi nordici. Nell'Islanda infatti il Vatnajökull risultava in fase di regresso già alla fine del secolo scorso, per cui si valuta che la sua lingua abbia perso 1 km. in poco più di 50 anni. Nelle isole Spitsbergen, secondo ricerche condotte a cura del Norwegian Polar Institute, alcuni ghiacciai si sono ritirati di ben 4,5 km. a partire dagli inizi del secolo; fino al 1950 erano pure in regresso i ghiacciai dell'isola di Jan Mayen e quelli della Terra di Francesco Giuseppe. Nella Groenlandia il regresso della massa glaciale è stato così forte da trasformare completamente la fisionomia del paesaggio naturale, particolarmente delle zone costiere. In Norvegia i ghiacciai di Jostedal, di Svartisen e di Folgefonna erano in fase di ritiro intorno al 1940, e così quello svedese di Stor che, secondo studi accurati, ha perduto 70 milioni di mc. del suo volume dal 1922 al 1947.

In Canada e in Alaska il movimento è addirittura imponente, come provano i risultati degli studi condotti nella Terra di Baffin,

(79) R. FINSTERWALDER, *Photogrammetry and glacier research*, in « Journ. of Glaciol. », Cambridge, 1954, pp. 306-315.

(80) Ricavo la notizia da E. LE ROY LADURIE, *Histoire du climat*, ecc., cit., p. 73.

in varie isole dell'arcipelago canadese e nelle montagne alascane. Un solo esempio: il ghiacciaio alascano di Muir, nella Glacier Bay, si è ritirato di ben 22 km. fra il 1902 e il 1946, con una media di mezzo chilometro all'anno (81).

Sono in regresso anche i ghiacciai asiatici del Caucaso, del Kurdistan, dell'Himalaya (dove si sono registrati arretramenti anche di 40 m. all'anno) e quelli africani del Kenia, del Kilimangiaro e del Ruwenzori; per questi ultimi si prevede la scomparsa totale in uno spazio di tempo di 40-200 anni, se il ritiro continuerà ancora al ritmo attuale. Per l'emisfero meridionale la fase di deglaciazione risulta ben documentata nei rilievi del Perù, dell'Argentina e del Cile e infine nella Nuova Zelanda. Solo l'Antartide sembra sfuggire a questa tendenza mondiale al ritiro dei ghiacciai.

Terminata questa breve rassegna, ci rimane solo da precisare i rapporti esistenti fra innalzamento della temperatura e regresso dei ghiacci. In tutti i ghiacciai nei quali sono state fatte precise ricerche riguardanti i bilanci idrologici è stato notato che il regresso delle fronti non è stato determinato da una diminuzione delle precipitazioni nevose invernali (o lo è stato solo in misura trascurabile, in qualche caso), ma piuttosto dall'innalzamento della temperatura media della stagione estiva e da un certo allungamento di quest'ultima, cioè in pratica della stagione di ablazione. A questa insolazione più forte e di maggior durata si accompagna spesso una diminuzione delle incursioni di aria fredda, le quali, favorendo le cadute di neve estive, tenderebbero invece ad aumentare l'albedo dei ghiacciai e quindi a ridurre l'ablazione. Questi due fattori intervengono insieme a far diminuire la massa glaciale e a far arretrare le fronti, anche se in verità la « risposta » dei ghiacciai all'aumento della temperatura non è immediata, ma avviene con una certa inerzia che può essere di tre, cinque o più anni.

Sul mutamento del clima che ha avuto inizio intorno alla metà del secolo scorso abbiamo oggi anche delle prove oceanografiche. Infatti l'innalzamento della temperatura media, cui si accompagna un maggior apporto di masse d'aria calda dai tropici verso le regioni settentrionali, rende più calde (e quindi anche più salate) le acque che le correnti marine convogliano verso

(81) H. W. AHLMANN, *op. cit.*, p. 184.

le alte latitudini. Ciò è stato constatato già da diversi decenni e in più parti degli oceani. Ricerche condotte da studiosi norvegesi negli anni prebellici hanno messo in evidenza che la temperatura delle acque presso le coste norvegesi era effettivamente aumentata dall'inizio del secolo e che un volume d'acqua più grande che in passato si dirigeva dall'Atlantico verso il Mare Artico (82). Altri rilievi, effettuati da scienziati russi tra il 1935 e il 1936 presso le coste della Penicola di Kola, hanno permesso di accertare che la temperatura del mare era aumentata fino alla profondità di 200 m. di un'entità variabile fra 1° e $3^{\circ},5$ rispetto al 1900. Analoghe misurazioni eseguite dall'oceanografo H.U. Sverdrup intorno alle isole Spitsbergen nel 1931 hanno provato che la temperatura e la salinità alla profondità di 200 m. erano aumentate rispettivamente di $1^{\circ},5$ e dello $0,2\%$ rispetto al 1912. In pari tempo la stagione propizia alla navigazione nel mare delle Spitsbergen si era allungata da poco più di tre mesi all'inizio del secolo a quasi sette mesi. Anche lungo le coste della Russia settentrionale il periodo dell'anno in cui il mare è libero dai ghiacci si è esteso notevolmente soprattutto a occidente della Novaja Zemlja. All'interno del Mare Artico l'aumento del contenuto salino, pure constatato da oceanografi russi, sta a dimostrare che vi è stata una maggiore penetrazione di acque calde. D'altra parte la banchisa si è ridotta non solo di superficie, ma anche di spessore. Infatti verso la fine del secolo scorso Nansen si aprì un passaggio attraverso di essa, con la nave *Fram*, valutandone lo spessore medio in 365 cm., mentre negli anni 1937-40 i russi, col rompighiaccio *Sedov*, in base a una serie di misurazioni comparative trovarono che lo spessore medio era di 218 cm. (83).

Al regresso dei ghiacci marini, che nella prima metà del nostro secolo sono andati ritirandosi sempre più entro la calotta polare, ha fatto riscontro, ancora come effetto della variazione positiva della temperatura, l'aumento di volume degli oceani, ossia l'innalzamento del livello marino. Questa variazione eustatica o glacio-eustatica è ormai provata da numerosissime misurazioni effettuate con mareografi in ogni parte del mondo. Secondo le me-

(82) H. W. AHLMANN, *op. cit.*, p. 186.

(83) H. W. AHLMANN, *op. cit.*, p. 187.

die calcolate da vari studiosi (84) questo innalzamento è dell'ordine di 1,5 o 2 mm. all'anno, ossia di 15-20 cm. in un secolo di fusione dei ghiacci polari e continentali: è appunto di questa entità l'aumento del livello dei mari che si sarebbe verificato, secondo gli specialisti, tra la metà del secolo scorso e il 1950. Si tratta in verità di un argomento ben noto sul quale non è necessario qui soffermarci.

Il generale miglioramento delle condizioni del clima ha avuto una sua influenza sulla distribuzione degli animali e delle piante? In altri termini, vi sono prove biologiche di questa fluttuazione climatica? Finora infatti abbiamo trattato del fenomeno in sé e delle modificazioni che esso ha determinato nel mondo fisico, ma è importante per noi pure il problema degli effetti biologici ed ecologici di queste fluttuazioni anche al fine di ricavarne elementi di giudizio per lo studio delle conseguenze sulla vita dell'uomo. Una precisa conoscenza di tali influenze (se noi per il nostro tempo siamo in grado di documentarle in maniera inequivocabile) è poi particolarmente importante perché i risultati che trarremo da questi studi potranno darci un'idea delle modificazioni che sono avvenute in passato durante altre epoche calde.

Le conseguenze biologiche più importanti si sono avute nelle regioni artiche, intiepidite dall'innalzamento della temperatura e soprattutto dall'allungarsi della stagione estiva. Infatti, sia nella Scandinavia che nella Russia settentrionale numerose specie di animali hanno cominciato a spostarsi verso nord, estendendo sempre più il loro *habitat* normale. Particolarmente interessanti, a tale proposito, sono i mutamenti osservati nelle popolazioni degli uccelli (85), da un lato per l'arrivo di specie di paesi temperati e dall'altro per il protrarsi del soggiorno estivo di altre specie che già prima giungevano in quelle terre nordiche nelle loro periodiche migrazioni. Più delle variazioni nella distribuzione degli animali terrestri sono significative quelle riguardanti gli animali ma-

(84) Rimando per tali problemi all'opera fondamentale di H. VALENTIN, *Die Küsten der Erde*, Ergänz. 246 delle « Pet. Mitt. », Gotha, 1954. In Italia era apparso in precedenza il seguente breve articolo di sintesi: D. ALBANI, *Studi recenti sulle variazioni attuali del livello marino*, in « Boll. Soc. Geogr. Ital. », Roma, 1947, pp. 88-96.

(85) D. J. CRISP, *The influence of climatic changes on animal and plants*, in « The Geogr. Journal », Londra, 1959, pp. 1-19.

rini. Sulla terra infatti vi sono altri fattori, oltre alla temperatura, che condizionano la ripartizione delle specie animali, come le piogge, le cadute di neve, oppure il tipo di suolo, le barriere naturali (montagne, deserti), mentre il mare è molto uniforme, per cui le differenze di temperatura assumono un ruolo determinante nella ripartizione delle varie specie marine. Appunto un'importante conseguenza delle mutate condizioni termiche del mare è rappresentata dalle migrazioni di alcuni pesci verso nord. Lo spostamento più notevole è stato quello del merluzzo, il quale verso la fine del secolo scorso popolava solo alcuni punti delle acque della Groenlandia sud-occidentale e oltre tutto in scarso numero; a partire dal 1910 i merluzzi cominciarono a spostarsi sempre più verso nord e ad aumentare di numero: nel 1919 raggiunsero le acque di Godthaab, a 64° N, nel 1922 quelle di Sukkertoppen, a 65°, cinque anni più tardi erano dinanzi a Holstinsborg, a 67°, nel 1930 toccarono i 70° e intorno al 1950 i 73°. In questi ultimi tempi la pesca del merluzzo è attivamente praticata nel mare a occidente della Groenlandia e questo pesce è diventato ormai la principale risorsa degli abitanti della grande isola artica (86). Il recente incremento della popolazione groenlandese è stato favorito non solo dal miglioramento generale delle condizioni climatiche, ma anche dall'incremento di queste risorse alimentari.

Dal punto di vista dell'ecologia umana hanno pure grande importanza le variazioni avvenute nella distribuzione della vegetazione e delle colture agricole, anche perché è proprio in questo campo che si sono tratti i maggiori benefici dal generale miglioramento delle condizioni climatiche. In Svezia, in Norvegia, in Finlandia e nella Russia settentrionale la foresta è andata sempre più estendendosi verso nord, mentre i cerchi degli alberi mostravano che la crescita avveniva più rapidamente che in passato. Quanto alle colture, è stata notata l'estensione dell'area coltivata ad orzo in Islanda e lo spostamento verso nord del limite di coltura del frumento nel Canada, nell'Unione Sovietica e nei paesi scandinavi. Tale fatto si deve anche al miglioramento delle tecniche agricole e alla selezione di sementi in grado di resistere al freddo e di maturare nel breve periodo vegetativo che è proprio dei paesi

(86) H. W. AHLMANN, *op. cit.*, pp. 187-188.

di alta latitudine, ma anche — indubbiamente — all'innalzamento della temperatura estiva che in quei paesi si è verificato. A. Walén e I. Hustich hanno dimostrato che il riscaldamento progressivo della stagione vegetativa (primavera-estate) durante la prima metà del nostro secolo ha determinato in Svezia e in Finlandia un contemporaneo aumento del rendimento della segale e del grano. La concordanza della curva termica con quella della produttività dei due cereali, mostrata dai due AA., risulta perfetta e oltremodo significativa (87).

Per ciò che riguarda invece la tendenza all'aridità che si è registrata in alcuni paesi tropicali e subtropicali in relazione col l'innalzamento della temperatura, è ovvio che essa deve avere avuto un'influenza negativa sulle colture. Tuttavia gli studi finora apparsi non hanno messo bene in evidenza conseguenze di tal genere, data la mancanza di sufficienti informazioni in questo campo. Le grandi carestie dell'India, dice il Le Roy Ladurie (88) ricordando in particolare quella gravissima del 1966, possono essere spiegate con l'influenza di singole annate particolarmente sfavorevoli, ma possono essere anche la concreta manifestazione della tendenza climatica attuale; il problema, trattandosi di un fatto recentissimo, deve essere ancora chiarito.

Tali considerazioni ci hanno portato quasi involontariamente ad esaminare anche l'influenza del periodo caldo sulla vita umana. Dobbiamo in proposito ripetere quanto si è detto poc'anzi, cioè che siamo poco informati per poter dare un giudizio globale. Possiamo dire che l'innalzamento della temperatura ha influito certamente su alcune attività economiche, come la pesca, e che si è fatto sentire in maniera sensibile in alcune regioni periferiche, come le regioni nordiche, nelle quali l'attività agricola e in generale le condizioni di vita ne hanno tratto un indubbio vantaggio. Ancora non possiamo valutare i mutamenti apportati nelle regioni montane, pure sensibili alle variazioni termiche, e nei paesi tropicali, dai quali finora non ci sono pervenute notizie di qualche interesse. Forse, se fossimo a conoscenza di tutti i lavori editi a

(87) I. HUSTICH, *On the correlation between growth and the recent climatic fluctuation*, in « Geogr. Annaler », Stoccolma, 1949, pp. 90-105.

(88) E. LE ROY LADURIE, *Histoire du climat*, ecc., cit., p. 93.

cura degli istituti geografici che pure esistono in alcuni dei paesi tropicali — lavori che ora per tante ovvie ragioni ci sfuggono — probabilmente potremmo raccogliere un'ampia documentazione sull'influenza del riscaldamento del clima e della contemporanea flessione delle piogge in quei paesi, ma io ho fiducia che lavori di sintesi arretranti la necessaria documentazione per una definitiva conoscenza di queste influenze verranno nei prossimi anni. Se infatti insistiamo a rivolgere l'attenzione alle zone temperate e soprattutto ai nostri paesi, dove l'agricoltura è oggi estremamente differenziata e dove la tecnica è in grado di influire profondamente sulla produttività agricola, difficilmente troveremo tracce dell'influenza della recente variazione del clima sulle attività umane.

Un'ultima considerazione ci rimane da fare: è ormai terminato il periodo caldo? In tal caso, in quali anni deve collocarsi la fine di questo ciclo climatico? Il problema è dibattuto, poiché, mentre alcuni considerano certe annate fredde che si sono avute in questi ultimi decenni solo come eccezioni nel quadro del periodo caldo secolare (che per costoro dunque perdurerebbe ancora), altri giudicano queste annate come l'inizio di un nuovo ciclo che ha posto fine all'epoca calda. Occorre però rilevare che anche tra coloro che sostengono quest'ultima tesi non vi è accordo, affermando taluni che il mutamento è avvenuto poco dopo il 1939 e altri dopo il 1949. Vediamo alcuni di questi studi (89).

Per la Norvegia gli studi di T.H. Hesselberg, B.J. Birkeland e T.W. Joannessen informano che la fase calda sembra essere cessata nel 1940, soprattutto per il succedersi di alcuni inverni molto freddi. Per le Isole Britanniche, invece, J. Glasspoole ha dimostrato che l'incremento della temperatura è continuato ininterrottamente fino al 1950, mentre per la regione austriaca, e particolarmente per Vienna, F. Steinhauser ha rilevato che la temperatura media è aumentata fino al 1939, si è poi abbassata a causa di alcune annate fredde, per innalzarsi nuovamente fino a toccare valori non mai prima raggiunti. Da parte sua il Callendar ha affermato che in Europa vi sono state tre estati molto calde nel 1957, nel 1958 e nel 1959, che hanno fatto regredire notevolmente i ghiac-

(89) Per le citazioni degli autori ricordati a questo punto nel testo rimando a R. G. VERYARD, *op. cit.*

ciali alpini e scandinavi. Egli è del parere che il riscaldamento tuttora perduri in molte regioni, benché alle latitudini subartiche si sia notata una tendenza alla diminuzione dopo il 1948. Per contro il Mitchell (90), in uno studio da lui presentato al Simposio di Roma sulle variazioni del clima (1961), ha sostenuto con decisione che il periodo caldo si è concluso nel decennio 1940-49, anche se in certi luoghi la temperatura media ha continuato ad aumentare. Pure il polacco A. Kosiba (91) è del parere che il raffreddamento del clima dell'Europa è avvenuto dopo il 1939 ed ha avuto inizio con la successione degli inverni freddi 1939-40, 1940-41 e 1941-42, seguita dall'altra serie 1946-47, 1954-55 e 1955-56. Il Kosiba definisce questa concentrazione di inverni freddi nell'Europa centrale come la più forte degli ultimi 150 anni, tale da avere i suoi precedenti solo nella seconda metà del XVIII secolo, durante la piccola età glaciale. Egli riconosce però che è possibile notare alcuni asincronismi quando si raffrontano le serie degli inverni freddi di alcune regioni come le Spitsbergen, la Scandinavia o altre parti d'Europa e che tali contrasti rappresentano un grave problema nello studio delle oscillazioni climatiche, particolarmente nella correlazione di queste ultime con l'attività solare.

A quegli studiosi che hanno posto l'inizio del raffreddamento del clima non nel 1940, bensì nel 1950, per il fatto che i principali ghiacciai hanno cominciato a regredire dopo quell'anno, sarebbe facile obiettare che esiste sempre una « inerzia glaciale », per cui le grandi masse di ghiaccio rivelano solo con qualche anno di ritardo, con l'avanzamento o col regresso, le variazioni del clima. E' probabile poi che anche nel mare le variazioni climatiche si risentano con un certo ritardo. M. Rodewald (92) ha rivelato, in base a misurazioni effettuate da navi oceanografiche, che la temperatura media delle acque dell'Oceano Atlantico nel decennio 1951-60 era ancora un po' più alta (0°,5) rispetto alla media normale pluride-

(90) J. M. MITCHELL, *op. cit.*, p. 162.

(91) A. KOSIBA, *Some remarks on the last climatic fluctuation in the Arctic Regions and in Central Europe*, nel vol. *Climatic Change, cit.*, pp. 271-280. Anche in « *Czasopismo Geogr.* », Varsavia, 1962, vol. 33, pp. 63-71.

(92) M. RODEWALD, *Sea-surface temperatures of the North Atlantic Ocean during the decade 1951-60, their anomalies and development in relation to the atmospheric circulation*, nel vol. *Climatic Change, cit.*, pp. 97-107.

cennale, ma che durante lo stesso decennio si è manifestata una tendenza alla diminuzione, peraltro non uniformemente distribuita su tutto l'oceano. Tali risultati non coincidono esattamente con quelli ottenuti da P.R. Brown (93) in uno studio riguardante la temperatura delle acque superficiali e dell'atmosfera sovrastante gli oceani dal 1870 al 1949. Da tali osservazioni si deduce che gli alti valori termici hanno cominciato ad abbassarsi nel decennio 1940-49, benché questo sia rimasto un po' più caldo di qualche decennio precedente, come il 1910-19.

Pur con le incertezze che sempre si accompagnano a questi studi, sembra si possa concludere che i decenni precedenti il 1940 sono stati caratterizzati certamente da temperature medie più elevate di quelle attuali e che dopo tale anno si sia manifestata una tendenza alla diminuzione, estesi poi dopo il 1950; ma i veri caratteri del decennio 1940-49 su scala mondiale restano ancora da precisare, dato che in alcune regioni il periodo di più intenso riscaldamento si è avuto proprio nel trentennio 1920-50. D'altra parte, se pure ammettiamo di trovarci attualmente all'inizio di una fase fredda, non possiamo dire se questa sia di breve periodo oppure se essa si inquadri in un ciclo più ampio di durata secolare.

6. *Un cenno sulle cause delle variazioni.* — Su questo argomento è sufficiente solo un breve cenno, quanto basta per esporre le teorie più recenti che cercano di spiegare le variazioni del clima come effetto di particolari fattori planetari e cosmici. Si entra infatti qui in un campo di ricerca che comporta vaste conoscenze di fisica terrestre e che pertanto rimane assolutamente estraneo al geografo come allo storico. Alcuni fenomeni tuttavia appaiono abbastanza chiari. Gli studiosi moderni infatti interpretano le variazioni climatiche come oscillazioni di lungo periodo del grande flusso da ovest che interessa le zone temperate fra i 40° e i 70° di latitudine e particolarmente della corrente a getto. Questa corrente, come hanno dimostrato Rossby, Willett e altri, subisce delle forti variazioni di intensità che comandano l'evoluzione del tempo e del clima europeo, dato che a essa è sempre associato il fronte

(93) P. R. BROWN, *Climatic fluctuation over the oceans and in the tropical Atlantic*, nel vol. *Climatic Change*, cit., pp. 109-123.

polare al suolo (94). E' noto che la corrente a getto è soggetta a un ciclo (non regolare, ma che di solito dura da 7 a 10 giorni) durante il quale essa si organizza, raggiunge la massima velocità, poi rallenta e infine si dissolve in una serie di circolazioni regionali. Quando la corrente da ovest è assai veloce, diviene rettilinea (quindi zonale) e si trova a latitudini piuttosto basse; in questo caso cicloni e fronte polare interessano il Mediterraneo e le zone subtropicali, mentre le zone di alta latitudine si trovano in gran parte sotto una cappa di aria fredda per il formarsi di anticicloni più o meno stabili che espandono l'aria artica fino alle latitudini temperate. La corrente zonale allora priva le latitudini medie e alte delle masse d'aria calda provenienti da sud. Quando invece la corrente diminuisce la sua velocità, presenta ampie inflessioni in direzione nord-sud che favoriscono gli scambi meridiani, permettendo all'aria tropicale di invadere e riscaldare le zone subpolari. E' dunque ovvio che se in un anno, in una serie di annate successive o in un ciclo più lungo prevalgono le giornate con corrente rapida e rettilinea, nelle latitudini medie e alte si affermerà la tendenza all'abbassamento della temperatura media, per cui si avranno inverni freddi, avanzamento dei ghiacciai fino a far diminuire il livello del mare, ecc., mentre le aree mediterranee vedranno diminuire di poco la temperatura e soprattutto aumentare la quantità delle precipitazioni (fase pluviale); onde è possibile dire che la circolazione rapida, con corrente a getto di tipo zonale situata a latitudini subtropicali, è caratteristica dei periodi di raffreddamento del clima. Se invece in un periodo più o meno lungo prevale la circolazione lenta con frequenti e intensi scambi meridiani, con la corrente a getto che sale in latitudine e i cicloni che seguono traiettorie soprattutto settentrionali (tra l'Islanda e le Spitsbergen in estate, tra la Scozia e il Baltico d'inverno), si ha la tendenza all'aumento della temperatura: i ghiacci si sciolgono, il livello marino si innalza, mentre l'aria sahariana, penetrando nelle regioni mediterranee, vi porta l'aridità. Da ciò deduciamo che il tipo di circolazione lenta, il quale favorisce l'ap-

(94) Per una trattazione di sintesi sulle teorie riguardanti la circolazione atmosferica formulate in questo dopoguerra, rimando al mio articolo *Moderne vedute sulla circolazione generale dell'atmosfera*, in « L'Universo », Firenze, 1956, pp. 403-420.

porto di aria tropicale verso il polo, è tipico dei periodi di riscaldamento del clima.

Il gran merito di questa teoria sta nel fatto che essa chiarisce diversi fatti insieme e indica le ragioni per le quali al riscaldamento del clima nelle zone temperate e polari si accompagna l'aridità nei paesi mediterranei e al raffreddamento l'aumento della piovosità. Inoltre la teoria spiega le variazioni da una settimana all'altra, da un anno all'altro e perfino le oscillazioni climatiche di più lungo periodo con una causa unica.

Un punto di vista del tutto diverso è stato esposto dallo studioso russo B. L. Dzerdzeevskij, dell'Accademia delle Scienze dell'U.R.S.S. (95), il quale, in base all'esame di migliaia e migliaia di carte isobariche, è giunto alla conclusione che è proprio al prevalere della circolazione zonale che si attua il riscaldamento delle zone di alta latitudine. P. Pédelaborde (96) però ha dimostrato che le cose sono assai più complesse di quanto non facciano supporre le teorie finora esposte e che occorre evitare in questo campo ogni schematizzazione; basti pensare — dice il climatologo francese — che l'intensificazione o il rallentamento della circolazione non producono variazioni di temperatura o di piovosità dello stesso senso sulle coste occidentali e in quelle orientali dei continenti e che l'effetto della circolazione meridiana non è uguale sull'Atlantico o sulla Siberia.

Queste sono le teorie più recenti, le quali, come si vede, appaiono in netto contrasto fra loro. Tutte però si richiamano a variazioni di regime nella circolazione atmosferica, e allora il problema si sposta, dato che noi possiamo chiederci quali fattori creino tali variazioni. Il Willett pensa a un'oscillazione nella radiazione ultravioletta del sole e ritiene che le violente emissioni ultraviolette provocate dalla cromosfera solare perturbino lo strato di ozono (ozonosfera) presente nella stratosfera inferiore. Ne risulterebbe un freno per la circolazione zonale e un incremento per quella meridiana, mentre una diminuzione di tali emissioni

(95) B. L. DZERDZEEVSKIJ, *Fluctuations of general circulation of the atmosphere and climate in the twentieth century*, nel vol. *Climatic Change*, cit., pp. 285-295.

(96) P. PEDELABORDE, *Chronique météorologique*, in « Ann. de Geogr. », Parigi, 1967, pp. 79-92 e 203-220. Si vedano in particolare le pp. 206-213.

porterebbe al fenomeno opposto. Deduciamo dunque da questa teoria che le variazioni climatiche hanno origine cosmica. Se poi teniamo presente che le oscillazioni del clima hanno avuto in passato un'influenza non trascurabile su tante vicende umane, questo collegamento di certi episodi della storia dell'uomo con le influenze del cosmo ci appare in una prospettiva estremamente suggestiva e interessante.

Conclusione. — Con le considerazioni che precedono il discorso si è riportato sul problema iniziale, e per noi fondamentale, dell'influenza del clima e delle variazioni del clima sulla storia umana. Questo problema, che un tempo aveva acceso vivaci discussioni, è oggi alquanto trascurato, ed io ritengo che ciò dipenda essenzialmente da due fattori: da un lato sta il fatto che nel nostro tempo il rapporto fra clima e attività degli uomini non ha più quell'importanza e quell'urgenza ch'esso ebbe fino al sec. XVIII (cioè in età pre-industriale), in società essenzialmente agricole, sempre dominate dal difficile problema della sussistenza; dall'altro, la diffidenza che gli storici manifestano verso qualsiasi spiegazione climatica dei fatti umani, per i quali — a loro giudizio — si possono sempre trovare delle cause storiche, adeguate e razionali. Migrazioni di popoli, periodi di relativa decadenza, epidemie si possono ben spiegare con eccessivo incremento demografico, insufficienza di prodotti alimentari, bassa produttività, declino di commerci marittimi, piuttosto che come effetto di una ipotetica fase di clima sfavorevole. In verità questa diffidenza era giustificata quando le variazioni del clima non erano conosciute, ma erano soltanto ammesse per ipotesi (Huntington e altri), dato che in quel tempo qualsiasi correlazione di un certo evento umano con supposte variazioni climatiche appariva del tutto gratuita. Oggi però sappiamo con certezza che le condizioni del clima sono mutate più volte nel corso della storia dell'uomo e conosciamo il senso di queste variazioni, onde è possibile affrontare con animo diverso il problema di collegare gli eventi umani (o almeno certi eventi) a questi mutamenti del clima. Io ritengo che tale riesame sia favorito anche dal fatto che gli storici sembrano oggi più disposti di quanto non lo fossero ancora venti anni addietro a collaborare coi cultori delle discipline scientifiche e a servirsi degli

strumenti che queste mettono a loro disposizione: vediamo storici e archeologi servirsi di metodi di datazione col radiocarbonio, dell'ausilio delle fotografie aeree, degli elaboratori elettronici, ecc. Per quanto riguarda poi la conoscenza delle variazioni climatiche, abbiamo visto che alcuni storici hanno dato di recente un contributo assai importante. Questo mutato atteggiamento è certamente favorevole e può condurci a riconsiderare il problema dei rapporti tra clima ed eventi umani con piena obiettività, senza preconconcetto scetticismo, rifuggendo da qualsiasi generalizzazione, ma piuttosto col proposito di rivolgere l'attenzione a quelle epoche storiche e a quelle aree geografiche nelle quali più facilmente tali rapporti possono essere individuati. Le resistenze però sono tuttora molto forti, perché sono ancora numerosi quegli storici che aborriscono qualsiasi contatto con le discipline scientifiche e che non vogliono occuparsi di eventi naturali, in quanto ciò sembra loro indegno della loro vocazione umanistica. Eppure la storia del clima ha la sua importanza, perché ci aiuta a ricostruire le condizioni ambientali del passato, in seno alle quali hanno operato le società che ci hanno preceduto, ci aiuta insomma, come già dicevo all'inizio, a ricostruire quella *geostoria* di cui parla il Braudel (97).

Riflettiamo su alcuni fatti: la colonizzazione dei Vichinghi in Groenlandia in epoca di clima caldo e la successiva decadenza seguita dalla totale scomparsa dell'insediamento normanno nella grande isola artica in concomitanza con una nuova avanzata dei ghiacci; l'introduzione della viticoltura nell'Inghilterra meridionale in età medievale, durante la fase calda, e la sua scomparsa al ritorno del clima freddo e umido; la diffusione e la successiva estinzione della malaria nei paesi a nord delle Alpi, in stretto rapporto con queste alterne vicende del clima. Aggiungiamo un altro evento meno importante, se si vuole, anche perché da noi molto lontano, ma pur sempre significativo: l'involuzione cui andarono soggette le popolazioni precolombiane viventi nel Nuovo Messico e nell'Arizona quando il loro territorio si inaridì tra il 1200 e il 1250, durante il nostro Medioevo. Gli scavi archeologici e le datazioni col radiocarbonio hanno permesso di ricostruire

(97) F. BRAUDEL, *op. cit.*, pp. 395-407 dell'edizione italiana.

abbastanza bene le varie fasi della vita di questi popoli che si erano insediati nel sud-ovest degli attuali Stati Uniti, e noi oggi sappiamo che essi avevano praticato un'agricoltura abbastanza evoluta tra il 700 e il 1200 della nostra èra e che vivevano agglomerati in grossi villaggi. Il declino ebbe inizio nel XIII secolo, quando queste popolazioni cominciarono a diminuire numericamente soprattutto in seguito ad un esodo intenso che continuò per almeno 200 anni ed a causa del quale numerose regioni nei bacini del Colorado e del Río Grande, nell'Arizona e nel Nuovo Messico, vennero riconquistate dal deserto. A che cosa attribuire questa decadenza demografica e questo abbandono di un ampio territorio che per un certo periodo era stato in grado di alimentare una numerosa comunità rurale? Forse vi furono cause umane e naturali insieme, ma tra queste ultime ha avuto certamente un posto di particolare importanza la grande siccità che si abbatté in tutto il sud-ovest degli Stati Uniti intorno alla metà del XIII secolo e che i recenti studi, basati soprattutto sulle ricerche dendroclimatologiche, hanno messo in evidenza (98). Gli studiosi non hanno più alcun dubbio in proposito.

Tutti questi fatti mi sembrano oltremodo significativi dal punto di vista dei rapporti fra clima ed eventi umani e tali da far meditare qualsiasi studioso che voglia accostarsi allo studio di questi rapporti con animo assolutamente obiettivo. Ma convinceranno tali argomenti i più scettici e soprattutto coloro che sono stati finora i più accesi antideterministi? A questo punto potremo pure chiederci: da quali ragioni è nata l'avversione e la diffidenza degli storici e di tanti cultori di geografia umana verso questi problemi? La decisa opposizione di questi studiosi a qualsiasi spiegazione climatica dei fatti umani dipende, a mio avviso, dall'errata impostazione che si è data al problema nei secoli scorsi. In passato infatti si è posto brutalmente il quesito: « le azioni umane e il carattere dei popoli dipendono dalle condizioni del clima? ». Com'è noto, hanno dato risposta positiva i deterministi, contro i quali hanno violentemente reagito numerosi storici e geografi

(98) K. BRYAN, *Pre-columbian agriculture in the south-west, as conditioned by periods of alluviation*, in « Ann. of Assoc. of Amer. Geogr. », Washington, 1941, pp. 219-242. Si vedano inoltre i lavori già citati nella nota 10, riguardanti gli studi dendroclimatologici negli Stati Uniti.

dal tempo di P. Vidal de La Blache e di L. Febvre in poi. Una replica è possibile tuttavia, ed eccola: a parte il fatto che tale quesito è stato posto tanto tempo addietro, quando ancora non si aveva del clima una precisa conoscenza scientifica, onde ne risulta inficiata qualsiasi risposta, in senso deterministico o meno, che può essere stata data dai singoli studiosi (99), io penso che un simile modo di impostare il problema sia da considerarsi decisamente come antiscientifico, poiché rivela la pretesa di arrivare immediatamente alla soluzione di una questione di grande momento senza passare per quelle tappe intermedie che il metodo cartesiano richiede.

Oggi la moderna climatologia, dopo averci dato un'esatta definizione del clima, ha precisato le condizioni climatiche delle varie parti del globo e ha cominciato a delineare i caratteri del clima nelle varie epoche storiche, per cui siamo in grado di porre il problema con ben altra competenza e capacità; eppure dobbiamo procedere ancora con molta cautela e non affrontare la questione in modo globale, bensì per approcci successivi. Ecco i vari quesiti che dobbiamo porci, se vogliamo procedere con la dovuta gradualità: per alcuni eventi umani dei quali non si conoscono le cause motrici e per i quali è stata avanzata, come ipotesi di lavoro, la possibilità di un'influenza del clima, è opportuno un approfondimento della ricerca per stabilire se il fattore climatico ha avuto veramente un'importanza determinante? Vi sono delle aree nel globo, o anche soltanto nel nostro continente, particolarmente sensibili all'influenza climatica, nelle quali sarà più facile trovare dei rapporti evidenti fra vicende umane o attività economiche umane e l'azione del clima? Abbiamo visto nelle pagine che precedono come i paesi nordici e quelli alpini siano sensibili ai mutamenti della temperatura, mentre quelli mediterranei e semiaridi risentano delle fluttuazioni della piovosità; in ciò sta già un'indicazione, una direzione da imprimere alle ricerche future. Vi sono epoche della storia nelle quali l'uomo ha dovuto soggiacere alle imperiose leggi del clima, al punto da vederne condizionato il suo sviluppo, e altre in cui, pur essendosi da queste influenze affrancato in larghissima misura, ne ha però subito gli effetti (o si è

(99) Avevo già espresso tale mia riserva nelle pagine iniziali di questo lavoro.

giovato di questi) in occasione di profonde variazioni delle condizioni termiche e udometriche? Nel rispondere alla prima parte di questa domanda viene spontaneo pensare ai tempi preistorici, durante i quali l'uomo, in possesso di tecniche ancora rudimentali, non poteva difendersi che in modo assai precario contro gli imperativi del clima, che ne hanno condizionato la vita, le attività, le migrazioni ecc. In quei lontani tempi, che ebbero durata di centinaia di migliaia di anni, il clima esercitò probabilmente anche un'influenza antropologica di notevole importanza e tale anche da avere ripercussioni notevoli e durature (sulla statura, sul colore della pelle, su certi tratti psichici, ecc.) onde non sarebbe errato dire che nella preistoria il clima ha condizionato direttamente quasi tutte le vicende dell'uomo. Ma queste cose, tutto sommato, ci interessano meno, dato che noi ci preoccupiamo piuttosto di sapere se il clima ha condizionato certi eventi storici, sia direttamente che attraverso le attività economiche, quando l'uomo era già avviato sulla via dell'incivilimento e soprattutto in epoche vicine a noi. Ma allora ecco che un altro problema si pone: fino a quale momento della storia, fino a quale livello culturale dell'uomo, fino a quale fase dello sviluppo della tecnica, l'azione del clima si è fatta sentire sulla vita degli uomini? Io ritengo che almeno fino all'inizio dell'età industriale questa influenza si sia avvertita ogni volta che il clima, in virtù di mutamenti a breve e a lungo termine, è diventato un fattore critico dell'agricoltura. Le società europee del passato, è notissimo, avevano un'economia fondata essenzialmente sulla produzione di cereali, attività per la quale il pericolo maggiore nei paesi mediterranei era la prolungata siccità, nei paesi nordici la temperatura eccessivamente bassa, in quelli dell'Europa oceanica la eccessiva umidità; e ogniquale volta quelle avverse condizioni si realizzavano per alcuni anni successivi, il problema dell'alimentazione e della sussistenza si poneva in termini d'urgenza. Anzi possiamo dire che fino alla fine del '700 le variazioni dei raccolti (e quindi delle condizioni climatiche che le determinavano) avevano sull'intera economia e sullo stesso livello di vita della popolazione un'influenza decisiva, ben più grande di quanto accada ai giorni nostri (100). In altri termini, le società del passato, fin-

(100) E. LE ROY LADURIE, *Climat et récoltes*, ecc., cit., p. 460.

ché non hanno impostato su basi più larghe la loro economia, hanno sempre subito le avversità del clima. Poi la rivoluzione rurale, che ha spostato il centro di gravità dell'economia dai cereali all'allevamento del bestiame, e la rivoluzione industriale, che ha trasferito questo fulcro dall'agricoltura alla metallurgia, hanno reso quasi inoffensiva l'influenza del clima, un tempo nefasta. Ricordiamo però che il clima non ha avuto soltanto effetti negativi, dato che in certe epoche, come nell'ultimo secolo, ha favorito l'espansione e l'intensificazione dell'agricoltura su vaste terre.

Per concludere, mi pare di poter dire che la cosa più importante sia quella di non considerare definitivamente chiuso il problema dei rapporti tra clima e uomo con la categorica affermazione, fatta a suo tempo dagli antideterministi, che non vi è stata più alcuna influenza del clima sui fatti umani dopo l'inizio dell'età storica, dato che le stesse recenti scoperte fatte dalla Paleoclimatologia ci impongono di riconsiderare a fondo e su nuove basi questo importante problema. Pretendere che non si debba neppure porre una simile questione in nome di una indiscussa superiorità e di una totale indipendenza dell'uomo dai fatti naturali è atteggiamento assurdo e antiscientifico (101). Una impostazione di questo problema su basi nuove e razionali « ... exorciserait en effet une fois pour toutes ce déterminisme paresseux qui, à chaque grand fait économique ou démographique mal expliqué, ajuste gratuitement une explication climatique. Mais elle permettra aussi de donner au climat la part qui lui revient dans l'histoire des sociétés traditionnelles, part qui n'est ni la première,

(101) Io non credo, d'altra parte, che si diminuisca il prestigio dell'uomo se si afferma che in certi casi esso ha dovuto subire l'influenza del clima, o che ha dovuto compiere certe azioni, comportarsi in certo modo sotto la spinta del clima, o, infine, che è stato favorito in certe sue imprese dal clima favorevole e mite. Per riportarmi ad una questione della quale ho già fatto cenno in precedenza, dirò che molti studiosi oggi ammettono che uno stretto rapporto può esservi stato fra variazioni del clima e alcune grandi migrazioni di popoli avvenute nell'antichità. Le teorie di Huntington non sono più ritenute avventate come si faceva un tempo. Si veda in proposito l'interessante studio di E. DEMOUGEOT, *Variations climatiques et invasions*, in « Rev. Histor. », Parigi, 1956, pp. 1-22. Anche se in qualche caso ha agito sotto la spinta del clima, l'uomo rimane il protagonista della storia, come ha sostenuto con calore L. FEBVRE, nella sua opera ben nota *La Terre et l'évolution humaine. Introduction géographique à l'histoire*, Parigi, La Renaissance du Livre, 1922.

ni la dernière ... » (102); e in sintesi consentirà di giudicare in quale misura le fluttuazioni del clima hanno ora servito e favorito ora ostacolato le tendenze profonde dello sviluppo storico.

SUMMARY. — The Author, having premised that the Paleoclimatology of the historian ages is an extremely interesting field of study because both the students of scientific and humanistic sciences are interested in, states that this new science will certainly help to find a solution to the old but always present problem of the relation between man and climate.

Then he examines the main periods of the climatic history of the last 6-7000 years, that is the climatic *optimum* of the post-Ice Age, the cold age of the first millenary before the Christian Age, the hot period of the Middle-Age (800-1200), the so-called "Little Ice-Age" (1590-1850) and at last the hot period of the last century (1850-1950). Dealing with the last period, the Author points out that it is difficult to establish when it is really finished. For each one of these periods of the climatic history there is a series of naturalistic tests (glaciological, botanical, etc.) and of historical evidences. As far as the Roman Age is concerned (from the 3rd century B.C. up to the fall of the Roman Empire) the news we have about the climate are very poor.

In the close, the Author deals again with the relations between man and climate and states that the way this problem has been solved in the past years cannot be considered well grounded. The reason is that the solution had been suggested when the climate was not scientifically known and when they were convinced that the climate conditions had not changed after the end of the Ice-Age. Only when the Paleoclimatology will improve and when there will be a wider documentation about the influence of the climate on the human events in the western countries, it will be possible to suggest again the problem about the relation between the climate and man with a real objectivity and in strictly scientific terms.

(102) E. LE ROY LADURIE, *Histoire et climat*, cit., cfr. in particolare p. 34.