

II. — COMUNICAZIONI E RELAZIONI

La formazione dei deserti e le emigrazioni umane ⁽¹⁾

di TH. BIÉLER-CHATELAN

redattore all'Istituto Internazionale d'Agricoltura a Roma

I.

Uno dei fenomeni più curiosi e più enigmatici nella storia delle razze umane è senza dubbio quello delle migrazioni di interi popoli, che si ripetono di secolo in secolo. Per lungo tempo si ricercò invano una spiegazione, sino a che, in questi ultimi anni, il concorso reciproco di varie scienze — quali l'astronomia, la geologia, l'antropologia, la chimica agricola, ecc. — ha permesso di formulare su questo fenomeno alcune teorie più o meno soddisfacenti.

Il primo impulso a questo genere di studi è dovuto a recenti relazioni di viaggi nell'Asia Centrale. L'immenso territorio che si stende per più di 3700 chilometri dalla Mesopotamia alla Manciuria presenta oggidì lo spettacolo della più orribile degenerazione desertica che si possa immaginare. Privo di piogge e di corsi d'acqua, sprovvisto di ogni vita vegetale, animale o umana, questo sconfinato deserto è abbandonato senza difesa ai raggi brucianti del sole ed al morso dei venti. È un mare di sabbia, interrotto qua e là da isolotti rocciosi crepacciati, da mucchi di ciottoli e da stagni salati.

In estate, di giorno la temperatura raggiunge i 60° e i 70° C., per abbassarsi di notte a 25° e 20°; in inverno lo sbalzo è ancor più grande, poichè va dai 15°-20° di giorno a — 20° e perfino — 40° di notte. Per effetto delle dilatazioni diurne e delle con-

(1) **Fonti:** C. ULPANI, Sulla laterizzazione dei terreni a clima arido: *Le stazioni sperimentali agrarie italiane*, Vol. XLV, fasc. 9. — LEONE CAETANI, *Studi di Storia orientale*, Milano, Hoepli ed., 1911. — HILGARD, *Die Böden arider und humider Länder*, in *Internationale Mitteilungen für Bodenkunde*, Band I, Heft 5, Berlino, 1912.

trazioni notturne, la roccia rigida è sottoposta a continue tensioni in senso contrario che non può sopportare senza fendersi o scheggiarsi, o, in una parola, disgregarsi in frammenti più o meno minuti.

Se queste particelle potessero rimanere sul posto ed umettarsi con l'acqua piovana, finirebbero per permettere a qualche seme di germogliare ed a qualche pianticella di affondarvi le sue radici, delle quali, alla lunga, il lavoro finirebbe per creare uno strato di terra vegetale; ma le piogge sono quasi nulle ed il vento porta via ogni traccia di umidità e di polvere fine, non lasciando sussistere attorno alle rocce che sabbia arida e ciottoli. Si potrebbe paragonare il deserto di Gobi ad un immenso crogiuolo ove, per una distillazione secca continua, le particelle più fini sono per così dire sublimite e portate dai venti alla periferia; ove la sabbia si deposita formando le dune, mentre le polveri impalpabili, microscopiche ed anche ultra-microscopiche, sono spinte molto al di là della linea delle dune e vanno a formare i depositi di *loess* (1) della Cina. Poichè i venti soffiano specialmente dal N-W ed al W-N-W, il margine delle dune occupa soprattutto l'Ordos, l'Alascian e il Tarim. Al di là di questo margine minaccioso si trovano le fertili provincie cinesi del Cansù, dello Sciansì e del Cili, le quali ricevono giornalmente dal deserto una pioggia benefica di elementi fertilizzanti. Si può dunque dire che l'Asia centrale si spoglia di tutti i suoi elementi di fertilità a profitto del nord-ovest della Cina. Il naturalista russo Obruchev (2), fondandosi sullo spessore di 426 m. dei depositi di *loess* cinesi, ha valutato in 40 mila anni il tempo necessario alla loro formazione, ammettendo che durante questo periodo le condizioni climatiche dell'Asia centrale siano state simili alle attuali.

Ora, i viaggiatori che si sono avventurati recentemente nei deserti dell'Asia centrale — come Huntingdon, Sven Hedin, Stein — hanno scoperto tracce di fiumi disseccati, dei quali si possono tuttora seguire i corsi, perchè sulle rive si trovano, sep-

(1) Sono detti *loess* dei limi gialli o rossi più o meno calcarei, estremamente fini, a grani angolosi, privi di stratificazione, ai quali si attribuisce in gran parte un'origine eolica, vale a dire trasportati per mezzo dei venti.

(2) *Verhandlungen der russ. miner. Gesellschaft*, Pietroburgo, 33, pag. 229.

pelliti sotto la sabbia, resti d'alberi morti, rovine di villaggi e di città. Queste regioni, oggi desolate, furono dunque in altri tempi coperte di vegetazione e popolate: e se ne può concludere che alcune migliaia di anni addietro i deserti dell'Asia centrale dovevano essere meno estesi d'oggi, e che in seguito si sono avanzati cacciando le popolazioni stabilite nei pressi. Questa conclusione, confermata dalle tradizioni relative alle antiche migrazioni umane, pare ineccepibile. Per spiegare il crescente disseccamento dell'Asia si sono utilizzati nello stesso tempo i risultati delle ricerche preistoriche e quelli della storia geologica della terra; associando gli uni con gli altri, si è elaborata una teoria nella quale queste due scienze sono messe in rapporto di dipendenza reciproca.

II.

ORIGINE DELLE GRANDI MIGRAZIONI: L'ESTENDERSI DEL DESERTO.

Secondo Kropotkin (1), durante l'ultima epoca glaciale, immensi ghiacciai ricoprivano la maggior parte del centro dell'Asia. Sopravvenne il disgelo ed allora incominciò un periodo lacustre-palustre, durante il quale l'acqua di fusione dei ghiacciai si accumulò nelle depressioni, facendo del Mar Caspio e del Mar d'Aral — allora riuniti — un vasto Mediterraneo, ricoprendo il luogo degli attuali deserti di vasti laghi. Durante quest'epoca di piogge abbondanti, una vegetazione esuberante, popolata da una ricca fauna, ricopriva la terra umida emergente da quelle immense distese d'acqua. Parrebbe dunque probabile che, per migliaia d'anni, l'uomo vi abbia potuto vivere coi prodotti della caccia e della pesca, con i frutti degli alberi e fors'anco dell'agricoltura. Ma, a poco a poco, quella enorme massa d'acqua, non essendo più alimentata dal disgelo dei ghiacciai, evaporò quando questi si furono definitivamente ritirati. Le piogge diminuirono di continuo, la terra si inaridì e diminuirono sempre più anche la flora e la fauna: il deserto, che oggi ha invaso tutta l'Asia centrale, si formò lentamente come una cancrena che allargò ogni dì i

(1) *Geogr. Journal*, Vol. XXIII, pag. 722.

suoi margini, cacciando per tal modo le popolazioni rivierasche e costringendole ad emigrare in cerca di terre coltivabili.

In siffatta guisa può rappresentarsi l'origine delle grandi migrazioni umane riferite dalla storia e precedute chi sa da quante altre migrazioni preistoriche. Così, circa 3000 anni a. G. C., i Cinesi, i quali vivevano lungo le rive del Tarim e sulle sponde del lago Lob-Nor, a S-E del deserto attuale del Gobi, emigrarono in una sola corrente alla conquista della Cina attuale. Al contrario, gli Ariani, abitanti il S-W del deserto nelle immense steppe che circondano il Mar Caspio e il Mar d'Aral, emigrarono in due correnti: una diretta all'India, che verso l'anno 2000 a. G. C. aveva raggiunto l'Afghanistan; l'altra volta verso l'Asia Minore e l'Europa. Questa seconda corrente, dalla quale derivarono in seguito le nostre civiltà europee, trovò il posto già occupato e dovette imporsi con la forza. Altre correnti umane erano venute dall'Africa settentrionale e dall'Arabia. Sembra che il Sahara, a simiglianza del Gobi, sia stato un tempo fertilissimo ed abitato da numerose popolazioni; ed il fenomeno della sua degenerazione desertica avrebbe preceduto di molto quello manifestatosi nell'Asia centrale. Dalle regioni sahariane, che divenivano ogni dì più aride, era già emigrata la razza libica, irradiandosi verso l'Europa ed il bacino del Mediterraneo. Nello stesso tempo si disseccava l'Arabia, donde, in correnti successive, partivano i Semiti per andare a fondersi con le antiche civiltà sumeriche impiantate nell'Asia Minore. L'Asia anteriore e le coste del Mediterraneo divennero così il confluente di tre grandi correnti umane, partenti dal Sahara, dall'Arabia e dall'Asia centrale.

Analizzando scientificamente la storia antica, quella degli Egizi, degli Assiri, Caldei, Medi, Persi, ecc., fino alle ultime incursioni dei Mongoli e dei Turchi — storia che è stata rappresentata semplicemente come una serie di battaglie e di conquiste, una processione di dinastie — ci apparisce che essa ha dovuto essere determinata da fattori puramente fisici. In seguito al continuo e progressivo decrescere delle piogge dopo il periodo glaciale, nelle parti centrali dei continenti (Africa settentrionale, Arabia, Asia centrale), le condizioni climatiche, prima favorevoli alla vita umana, resero in seguito questa impossibile: si formò

il deserto e si estese, espellendo a poco a poco le popolazioni, le quali si trovarono costrette ad emigrare in cerca di territori abitabili.

III.

FORMAZIONE ED ESTENSIONE DEI DESERTI: LORO CAUSE.

Come possiamo spiegarci vicissitudini climatiche così considerevoli quali l'estendersi generale dei ghiacciai ed il loro successivo ritirarsi, seguito dal ritorno di clima dolce ed umido e dalla formazione di immensi laghi, ed infine l'invasione del deserto in regioni primitivamente fertili ed abitate?

Per gran tempo si è voluto spiegare l'estendersi dei ghiacciai con le cause astronomiche estrinseche alla Terra, quali, ad esempio, la precessione degli equinozi, le variazioni di eccentricità dell'eclittica (teoria di Croll, ecc.); ma tali spiegazioni non sono pienamente soddisfacenti. Oggi non si può più attribuire a questi fattori astronomici che una parte secondaria, e si invoca piuttosto un complesso di cause inerenti al nostro pianeta, d'ordine terrestre e geografico, quali l'inclinazione variabile dell'asse terrestre sul piano dell'eclittica, lo spostamento dei poli, i cambiamenti sopravvenuti nella ripartizione delle terre e dei mari e nell'altitudine dei continenti e dei massicci montagnosi.

Così gli studi del prof. Penck hanno permesso di stabilire che, al tempo della massima estensione dei ghiacciai alpini e pireneici, il limite delle nevi perpetue aveva dovuto abbassarsi di circa 1000 metri, ciò che corrisponderebbe ad una temperatura media più bassa di 3° o 4° dell'attuale. Ora, fondandosi sulle osservazioni meteorologiche moderne, si può ammettere che questo abbassamento di temperatura sia stato provocato da enormi precipitazioni atmosferiche risultanti da un'umidità eccessiva dell'aria. E tale accrescimento dell'umidità può, a sua volta, essere imputato ad un considerevole estendersi della superficie dei mari, segnatamente per effetto dell'affondamento relativamente recente che generò l'Atlantico, separando così i continenti antichi dal continente americano col quale essi erano primitivamente uniti.

Anche altri sprofondamenti si produssero, i quali accrebbero l'estendersi dei mari. Per lungo tempo si è creduto ad una som-

mersione del Sahara, ma essa non ha potuto essere che molto parziale e, per conseguenza, senza effetto apprezzabile: vi si trovano solamente le prove di un regime di piogge intense.

D'altra parte, in certi momenti, l'altitudine delle regioni settentrionali ed anche dei massicci montagnosi ha potuto essere sensibilmente maggiore dell'attuale, ciò che sarebbe bastato per aumentare il dominio delle nevi. Queste esagerazioni di altitudini hanno potuto prodursi a diverse riprese e la molteplicità delle invasioni glaciali troverebbe la sua spiegazione in una successione di movimenti producenti ora un accrescimento, ora una diminuzione delle nevi.

Questi fatti spiegherebbero dunque come, a più riprese, i due emisferi siano stati invasi da calotte di ghiaccio che raggiunsero le zone oggi temperate. In seguito, quando la temperatura si radolcì, quei ghiacciai si ritirarono definitivamente verso gli attuali loro limiti, lasciando libera ed oramai abitabile la distesa già da essi ricoperta. Il ritorno del clima dolce e umido è in realtà quello che caratterizza il principio dell'era attuale; e, in quanto riguarda l'Europa, sembra potersi spiegare con la formazione tardiva della corrente calda del Golfo, per effetto della separazione avvenuta delle Antille dalla Florida, le quali prima d'allora formavano un sol tutto. Il *Gulf-Stream*, dal quale in sì alto grado dipende l'attuale clima europeo, non ha potuto effettivamente formarsi che all'aurora del periodo neolitico dell'età della pietra.

Dalla fine del pliocene alcune regioni — come il Sahara, l'Asia centrale, attualmente desertiche — erano sottoposte ad un regime di piogge intense, attestate dagli enormi depositi alluvionali che vi si riscontrano anch'oggi. In qual modo la siccità ha potuto invadere e trasformare in deserti quelle distese già in altri tempi sì umide? Il *Gulf-Stream* può di nuovo fornircene la spiegazione. Questa corrente di acqua calda, con direzione SW-NE porta seco una corrente aerea nel medesimo senso. Lungo le coste del Giappone una corrente marina analoga al *Gulf-Stream*, ma meno intensa, produce pure un richiamo d'aria verso NE, ciò che fa sì che l'Eurasia sia realmente inquadrata da due parti da correnti aeree, le quali soffiano in direzione SW. L'equilibrio, così turbato, è ristabilito da una corrente di ritorno, in senso contrario, proveniente da NE. Questo aliseo — freddo e secco, perchè proveniente dalle regioni polari — si dirige a S-W e, da

Jacutsk in Siberia, fino al Sahara nel cuore dell'Africa a traverso tutta l'Asia centrale, determina una zona estremamente povera di precipitazioni atmosferiche, la quale comprende i deserti attuali, cioè il Gobi, la depressione aralo-caspica, i bacini chiusi del Belucistan e dell'Arabia, il Sahara, regioni tutte quasi in nessun modo difese contro l'evaporazione. Ciò spiega come il regime desertico abbia potuto incominciare ad invaderle quando si formò la corrente del Golfo, determinante, col meccanismo sopradescritto, l'esistenza della corrente aerea di ritorno, o aliseo secco, che attraversa tutta l'Asia. Una spiegazione analoga può essere invocata per l'America settentrionale: la parte contraria della corrente umida atlantica vi determina una zona di alte pressioni, con precipitazioni annuali talvolta inferiori a 200 millimetri, ove si trovano precisamente i deserti occidentali dell'Utah e della California. In una parola, le zone desertiche si trovano sul passaggio delle grandi correnti secche alisee.

Se a questi fatti, già altamente significativi, si aggiunge la configurazione di numerose regioni desertiche in bacini chiusi, senza scolo verso il mare, in depressioni o conche che non possono ricevere le correnti aeree se non dopo che hanno superato le montagne circostanti — dopo che hanno perduto, cioè, la maggior parte della loro già scarsa umidità — si comprende come la condizione del deserto tenda ad aggravarsi; tanto più in quanto l'evaporazione, superiore all'alimentazione delle piogge, si compie a spese delle riserve d'acqua esistenti.

Tale azione è soprattutto sensibile in Asia, ove i bacini chiusi non ricevono che il terzo della quantità d'acqua che cade sui territori contermini al mare, e di essa l'evaporazione ne porta via i tre quarti.

Questi fatti fanno intendere a sufficienza come regioni in altri tempi umide hanno potuto progressivamente disseccarsi al punto da trasformarsi in deserti.

Arriviamo infine al periodo del nostro passato storico o per lo meno preistorico, che si può far risalire a 10 mila anni addietro. Per spiegare la genesi dei deserti, la teoria del Caetani (1) ammette che da allora le piogge siano state in continua diminuzione.

(1) CAETANI LEONE, *Studi di storia orientale*, Milano, Hoepli, 1911.

È questo un punto molto controverso e che non è possibile di chiarire per mancanza di documenti meteorologici. D'altronde pare poco verosimile che i climi si siano mantenuti costanti durante un sì lungo periodo. Checchè ne sia, l'Ulpiani (1) non crede assolutamente necessario d'invocare la diminuzione progressiva delle piogge: secondo lui la genesi dei deserti si spiegherebbe con un processo chimico caratteristico dei suoli a clima caldo, il processo di *laterizzazione* o di formazione della *laterite*.

IV.

FORMAZIONE DELLA LATERITE.

In questi ultimi tempi le conoscenze relative alla terra arabile si sono profondamente modificate. Una ventina di anni fa si credevano tutte le terre costituite nello stesso modo, vale a dire contenenti, in proporzioni variabili, ciottoli, sabbia, argilla, calcare ed *humus*, e si pensava pure che le regole applicabili al suolo della Germania, della Francia e dell'Inghilterra fossero valide per tutta la superficie della terra. Ma alcuni viaggiatori sagaci riportarono la convinzione che nei paesi tropicali vi hanno specie di suolo di costituzioni assolutamente differenti. Si descrissero, come molto estesi in quelle regioni, dei suoli di color rosso, di natura sabbiosa, che si chiamarono *lateritici*, intendendo per *laterite* un ossido idrato d'alluminio differente dalla nostra argilla, accompagnato spesso da idrato di ferro, al quale è precisamente dovuto quel caratteristico color rosso. Le prime ricerche sulla natura della laterite e sul processo di laterizzazione sono soprattutto dovute al mineralogista tedesco Bauer (2). Fino dal 1896 egli trovò che la laterite, al pari della bauxite (3) è un idrato d'alluminio impuro che deriva dalle rocce alluminose (graniti, ecc.) insieme con quantità variabili d'idrato di ferro; questi due idrati

(1) ULPANI C., *Sulla laterizzazione dei terreni a clima arido*. (*Le Stazioni sperimentali agrarie italiane*, Vol. XLV, fasc. 9).

(2) *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, 1898. II, pag. 163; 1907, pag. 163.

(3) Bauxite, ossido idrato o idrato d'alluminio impuro che serve alla fabbricazione dell'alluminio.

rimangono sul posto mentre che la silice e gli alcali sono asportati per lavaggio. Al dir di Bauer questo processo di laterizzazione è in opposizione con un altro processo di decomposizione superficiale che si esercita pure sulle stesse rocce alluminose e che conduce alla formazione dell'argilla agricola comune; nella quale l'acido silicico, o silice, resta sul posto, combinato con l'idrato d'alluminio sotto forma di silicato idrato d'alluminio (argilla). Il chimico francese Schloesing figlio trovò in seguito, nel 1901, che alcune terre del Madagascar, sotto l'azione del lavaggio di soda caustica, nel dissolvere dell'allumina, lasciavano quantità notevoli di questa ultima base raggiungenti il 10 a 15 %, mentre tutte le terre di Francia da lui analizzate ne lasciavano assai meno dell'1 %. Schloesing ne concluse che questa terre del Madagascar contengono grandi quantità d'allumina, sia libera, sia formante per lo meno un silicato facilmente separabile con la soda caustica, a differenza dell'argilla o del caolino, i quali, nelle identiche condizioni, non sono affatto attaccati dalla soda (2,5 a 2,6 %). Recentemente il chimico olandese van Bemmelen ha proposto un metodo per riconoscere se il prodotto di decomposizione delle rocce alluminose prevalente in una terra è argilla oppure laterite: si tratta la terra con l'acido solforico, poi con la soda caustica e si dosa la silice e l'allumina così disciolte. Se il rapporto

$$\frac{\text{molecole di silice}}{1 \text{ molecola di allumine}}$$

è superiore a 3, il suolo è argilloso; se è inferiore a 3, si ha che fare con un suolo lateritico.

L'Ulpiani, applicando questo metodo allo studio dei terreni della Libia ed anche a quelli del Mezzogiorno d'Italia, ha trovato dappertutto un rapporto inferiore a 3; in un lino dell'oasi di Tripoli questo rapporto si abbassava fino a 0,84, come nei lini più tipicamente lateritici studiati dal van Bemmelen. Ne risulta che la laterizzazione si effettua non soltanto nelle regioni equatoriali, ma eziandio nelle zone subtropicali ed anche temperate calde, contrariamente alla teoria generalmente ammessa che localizza il processo di laterizzazione alle regioni equatoriali a piogge abbondanti e regolari. Per l'Ulpiani questa localizzazione non è giustificata. Certamente le regioni equatoriali piovose hanno i terreni lateritici per eccellenza, perchè la decomposizione della

roccia alluminosa nei suoi elementi (silice, allumina, ossido di ferro, calce, magnesia, alcali), è accompagnata da un lavaggio attivo che asporta la silice (sotto forma di silicati alcalini), la calce e la magnesia, mentre l'allumina e l'ossido di ferro rimangono sul posto per costituire la terra vegetale, insieme con i frammenti di rocce disgregate ma non ancora decomposte chimicamente. Nei paesi caldi ed aridi, i cui rappresentanti più tipici sono appunto i deserti, la laterizzazione si produce ugualmente, ma a cagione della rarità delle piogge, essa non è accompagnata da lavaggio: la laterite resta *in situ* con gli altri prodotti di disgregazione meccanica e di decomposizione chimica, per modo che non è facile di scernerla con l'analisi in mezzo agli altri prodotti. A rendere meno appariscente la presenza della laterite concorre ancora l'azione dei venti, che mantiene sempre arida la superficie di queste regioni desertiche: lo stato pulverulento del suolo facilita allora l'asportazione per opera del vento di tutte le materie impalpabili, colloidali, prodotte dalla decomposizione chimica. In tal guisa l'idrato di alluminio è pure asportato e la sua percentuale diminuisce, mentre nei paesi tropicali umidi, esso può sorpassare il 50%. In definitiva, se i paesi tropicali umidi raggiungono condizioni più favorevoli alla formazione della laterite, sia d'idrati d'alluminio e di ferro, protetti dalla loro insolubilità contro il lavaggio delle piogge, nei paesi a clima arido il processo di laterizzazione non è meno attivo, benchè le circostanze suddette tendano a mascherarne l'importanza. Il debole rapporto fra silice ed allumina trovato nelle sabbie e nei fanghi della Libia lo dimostra con sicurezza; e, in ogni caso, esso prova che la parte colloidale di queste terre risultante dalla decomposizione chimica, non contiene più argilla. Bisogna ammettere che in queste terre l'argilla si sia decomposta nei suoi costituenti — silice e allumina — e che la maggior parte della silice, non potendo essere sottoposta a lavaggio per mancanza di piogge, si sia depositata sotto forma di sabbia, insolubile nell'acido cloridrico e nella soda caustica.

Secondo l'Ulpiani, tale processo di laterizzazione sarebbe determinato dalle alte temperature delle regioni considerate. Sotto i climi freddi o temperati-freddi le rocce alluminose, come, ad esempio, i feldspati, danno, come prodotti di decomposizione, dell'argilla, della silice e del silicato di potassa. Nelle zone calde, al contrario, l'argilla è decomposta ulteriormente in silice e idrato

di alluminio e questa decomposizione non può operarsi che al di sopra di un certo limite di temperatura, realizzata soltanto nei climi caldi. I due processi — formazione d'argilla e formazione di laterite — non sono dunque punto opposti, come sostiene il Bauer: essi non si seguono affatto indipendentemente l'uno dall'altro, ma il processo di laterizzazione è la continuazione di quello della formazione di argilla. Sotto i climi freddi si formano terreni argillosi; in quelli caldi, al contrario, si hanno terreni caratterizzati dall'assenza di argilla e, a seconda dell'abbondanza o della scarsità delle piogge, si formano veri terreni di laterite, ove il lavaggio ha rispettato soltanto gli ossidi idrati di alluminio e di ferro, ovvero terreni sabbiosi senz'argilla, caratteristici delle regioni aride. Tenendo conto della grande estensione delle rocce alluminose, la superficie della terra può dunque essere divisa in due grandi zone:

1° zona argillosa dei climi freddi;

2° zona senz'argilla dei climi caldi, suddivisa alla sua volta in: *a*) vere lateriti delle regioni equatoriali umide; *b*) terreni sabbiosi senz'argilla delle regioni a clima arido.

V.

PROPRIETÀ AGRICOLE DELL'ARGILLA E DELLA LATERITE: LORO DIFFERENZE.

Qual'è ora, dal punto di vista agricolo, la differenza essenziale fra le proprietà dell'argilla e quelle della laterite?

Tutte due sono materie colloidali, ma l'argilla soltanto può gonfiare nell'acqua in modo da costituirvi una falsa soluzione, ossia sospensione, che possa essere attratta nel sottosuolo e formarvi in seguito degli strati impermeabili. Di più, l'argilla è plastica: una volta inzuppata d'acqua, essa la ritiene in gran quantità, per modo che gli strati superficiali d'un terreno argilloso, inzuppato d'acqua, chiudono i loro pori, divengono impermeabili e si oppongono ad una rapida e profonda imbibizione del sottosuolo, e l'acqua stagna oppure scorre alla loro superficie. Il paesaggio argilloso non soltanto è ricco di acque superficiali

ma anche di vegetazione, poichè il suolo mantenuto umido per lungo tempo favorisce la germinazione dei semi.

Al contrario, la laterite è un colloide non suscettibile di gonfiarsi a contatto dell'acqua. Schloesing ha già dimostrato, con l'analisi delle terre del Madagascar, che l'idrato di alluminio vi si trova soprattutto nella parte sabbiosa. Dal momento che le particelle della laterite non si gonfiano, i pori non sono soggetti a chiudersi, e l'acqua delle piogge, salvo che non siano torrenziali, è per intero assorbita dal terreno straordinariamente poroso e permeabile.

Parimente i torrenti che scendono dalle montagne si perdono nel fondo di questi terreni: ed è tale pure la caratteristica del regime idrografico dei deserti, ove si veggono comunemente alcuni fiumi sparire del tutto prima d'aver potuto raggiungere il mare.

Un'altra differenza essenziale fra i suoli argillosi e quelli lateritici è la loro maniera di comportarsi rispetto all'aria, ossia il loro modo caratteristico di disseccamento.

I terreni argillosi, umidi, data la loro grande plasticità, si disseccano lentamente, prima crepacciandosi, poi separandosi in zolle, più o meno grosse ma coerenti, compatte, impermeabili all'aria ed all'acqua e resistenti ai venti senza che si alteri la loro forma; invece, una superficie di terreno lateritico si dissecca prestissimo, riducendosi in polvere fine, incoerente, impermeabilissima all'aria ed all'acqua, e facilmente sollevata dal vento che ne trasporta le particelle più tenui.

È evidente che, nei paesi equatoriali a piogge abbondanti e regolari, queste proprietà del suolo lateritico non hanno un'influenza sfavorevole sulla vegetazione, la quale, in grazia dell'abbondanza d'acqua, vi acquista invece una straordinaria esuberanza. Per converso, nei paesi caldi a piogge rare, la vegetazione può esser compromessa dal fatto che il rapido disseccamento della superficie rende assai precari la germinazione dei semi e lo sviluppo delle pianticelle. È il sub-deserto, che diviene vero deserto a misura che il processo di laterizzazione acquista in profondità.

Le superficie rispettivamente occupate dai terreni argillosi e dai suoli lateritici non sono sempre state negli stessi rapporti d'oggi. Bauer sostiene che, durante l'epoca terziaria, allorchè regnava su tutta la terra un clima caldo ed uniforme, la laterite

doveva estendersi fino ai poli. Viceversa l'Ulpiani aggiunge che all'epoca dell'ultima estensione dei ghiacciai era possibile che i terreni argillosi arrivassero fino all'equatore. In fatti, quando i ghiacciai coprivano la maggior parte dei continenti, il principale prodotto di decomposizione chimica delle rocce doveva essere l'argilla, che poteva essere facilmente trasportata dall'acqua di fusione dei ghiacci alla superficie di tutta la terra. Allorquando, dopo il definitivo ritirarsi dei ghiacciai, si formarono le condizioni attuali, le immense superficie argillose cominciarono, sotto il clima caldo, a subire la trasformazione in laterite, processo chimico la cui durata si misura per millenni e che prosegue lentamente anch'oggi, tanto in profondità quanto in superficie.

Secondo l'Ulpiani, la causa del disseccamento crescente dell'Asia centrale, dell'Arabia e dell'Africa settentrionale non dovrebbe dunque tanto ricercarsi nella diminuzione progressiva delle piogge, a partire dall'epoca glaciale, quanto nell'intensificazione del processo di laterizzazione, il quale, facendo a poco a poco sparire l'argilla, ha reso possibili le condizioni subdesertiche e desertiche. Nel terreno agrario l'argilla è, con l'*humus*, il solo elemento che gli permetta di conservare alla superficie le acque piovane e le acque correnti, impedendo ad esse di scomparire nelle profondità. Se, al contrario, l'argilla si decompone in laterite, il terreno si apre, per così dire, si fa profondo, inghiotte le acque superficiali, lasciando una superficie arida nella quale i semi non germogliano affatto e le pianticelle si disseccano. La vegetazione s'adatta a queste nuove condizioni d'ambiente: dal tipo *idrofilo* (amante dell'umidità) essa passa al tipo *xerofilo* (1) (amante della siccità) ed inoltre anche questa flora xerofila, caratteristica delle regioni aride, va diminuendo ogni giorno più. In queste condizioni, in effetti, sparendo l'argilla, la quale potrebbe trattenere l'acqua alla superficie, e la flora xerofila evaporando pochissimo, è evidente che gli strati inferiori dell'atmosfera divengono meno umidi; ciò che diminuisce ancor di più le piogge e tende a rarefare ulterior-

(1) Le piante dette *xerofite* si adattano agli ambienti aridi evaporando pochissima acqua, sia a motivo di una considerevole riduzione della superficie foliare (foglie lineari, steli funzionanti come foglie dei cactus, ecc.), sia per effetto dei rivestimenti protettivi (peli, penne, epidermidi spesse); sia infine a cagione della spessezza delle foglie (foglie grasse o carnose).

mente la vegetazione. Ma, al dir dello stesso Ulpiani, questa ulteriore diminuzione delle piogge, che si produce in un secondo tempo, non avrebbe che un'importanza secondaria: essa non sarebbe la causa primordiale del prodursi delle condizioni desertiche, ma concorrerebbe solamente a spiegare come, una volta incominciata, la degenerazione desertica tenda ad aggravarsi e ad estendersi.

VI.

PAESI ARIDI E PAESI UMIDI:

LORO INFLUENZE RISPETTIVE SULLE CIVILTÀ E SULLE EMIGRAZIONI.

L'Ulpiani posa dunque su nuove basi la teoria del Caetani, sostituendo alla presunta causa fondamentale della diminuzione delle piogge, quella della diminuzione dell'argilla. Così modificata, la teoria del Caetani pare sia accettabile senz'altro, in quanto ha tratto ai rapporti che essa stabilisce fra suolo e clima da una parte e la storia umana dall'altra. Bisogna però tener conto di altre vedute tutte nuove e sensibilmente diverse, che sono di natura tale da modificare profondamente la teoria del Caetani, pure nella sua parte strettamente storica.

Queste idee nuove, veramente originali, sono state emesse in America, nella California. Mentre che in Asia, in Africa, in Australia, la degenerazione desertica colpisce il centro dei continenti, in America invece è il versante occidentale quello che è generalmente caratterizzato dall'aridità del clima. La California appunto è una regione arida, spiccatamente arida. Ora, il signor Hilgard (1), direttore della stazione agronomica di quello Stato, in una memoria recente, descrivendo le proprietà fisiche e chimiche dei terreni della California, giunge alla conclusione che i terreni dei paesi aridi sono assai più fertili di quelli dei paesi umidi. Tale conclusione, a prima vista paradossale, deriva dal fatto che i suoli aridi sono più porosi, più permeabili, più profondi di quelli dei climi umidi; qualità, queste, che permettono all'aria e all'acqua

(1) HILGARD, *Die Böden arider und humider Länder*, in *Internationale Mitteilungen für Bodenkunde*, Band I, Heft 5, Berlin, 1912.

di alimentazione di circolare più liberamente, alle radici di svilupparsi meglio, ed al sotto suolo di partecipare in più larga misura alla decomposizione atmosferica che deve fornire alla pianta i suoi alimenti minerali. Mentre, nei paesi umidi, le piante non hanno a loro disposizione che uno strato di buona terra dai 20 ai 30 centimetri, vale a dire soltanto lo strato smosso dall'aratro, al quale strato succede un sottosuolo generalmente compatto ed inerte, spesso contrario alla vegetazione, nei terreni aridi invece il suolo non ha importanza e serve soltanto a proteggere contro l'evaporazione l'umidità sottogiacente. È nelle immense e libere profondità del sottosuolo, a parecchi metri dalla superficie, in condizioni igieniche veramente meravigliose, che la pianta affonda le sue radici in cerca dell'acqua di alimentazione. Questa possiede una concentrazione salina fino a 100 volte superiore a quella della soluzione circolante nei terreni a clima umido, e ciò a motivo del lavaggio molto meno attivo nelle regioni a piogge rare. In definitiva, nei terreni aridi le piante profitano di questi due vantaggi: massa di terra più grande e soluzione più ricca di sali.

Certamente non dappertutto le condizioni sono così favorevoli; ma allora vi si supplisce artificialmente ricorrendo al *dry-farming* (1) ed all'irrigazione. Gli Americani del Nord hanno dimostrato praticamente che si può lottare contro il deserto, quando si sappia procurarsi l'acqua necessaria ed utilizzarla. Il problema è dunque divenuto essenzialmente idraulico. Si sono rimboscate le montagne e costruite immense riserve per raccogliervi l'acqua; si è studiata la distribuzione delle acque nel sottosuolo ed i sistemi più pratici per portarla alla superficie; si è soprattutto inaugurata la *sub-irrigazione* o irrigazione del sottosuolo, la quale permette di realizzare la più grande economia d'acqua, ovviando alle enormi perdite per evaporazione.

I risultati di questa grandiosa e feconda iniziativa, di questa lotta contro il deserto, sono stati meravigliosi: spesso il raccolto della prima annata ha pagato le spese d'impianto, poichè i ter-

(1) Il *dry-farming*, o coltura delle terre aride, è il perfezionamento sistematico e scientifico, compiuto dagli Americani del Nord, dei procedimenti culturali usati, fino dall'antichità, in tutte le regioni secche, per immagazzinare nel sottosuolo quanto più è possibile d'acqua piovana, impedendole poi d'evaporare.

reni aridi, quando si provvedono di una limitata quantità d'acqua, divengono, a cagione della loro profondità, fertilissimi e straordinariamente produttivi. La California è divenuta ora il giardino ed il verziere dell'America del Nord. Inoltre si è dimostrato che sottoponendo un terreno arido a coltura mediante la sub-irrigazione, nel primo anno per ottenere una raccolta abbondante si ha bisogno di grandi quantità d'acqua; ma le quantità necessarie diminuiscono in seguito sempre più, fino al momento in cui la vegetazione si appaga di quantità veramente minime. Questo si spiega all'evidenza col fatto che lo strato superficiale del terreno, primitivamente pulverulento e privo di vegetazione, si trasforma in modo lento in terra vegetale, ove l'*humus* che si forma agisce come l'argilla, cementando il suolo e rendendolo fresco e capace di ritenere l'acqua piovana. In queste condizioni, reso il suolo umido e la vegetazione aumentando la superficie di evaporazione, gli strati inferiori dell'atmosfera divengono pure più umidi e le piogge meno rare e più regolari.

Sempre a giudizio dell'Ulpiani, la differenza agricola essenziale fra le regioni fredde umide e quelle calde aride consiste nel valore inverso del suolo e del sottosuolo. Generalmente parlando, nelle prime, per le piante il suolo è pressochè tutto e il sottosuolo quasi nulla: nelle seconde è invece il contrario. Ne risulta che nei terreni umidi le piante prosperano bene, ma poi entrano in concorrenza per la conquista del suolo troppo poco profondo e troppo poco permeabile; mentre nei terreni aridi la crescita è difficile, ma se riesce e se le radici possono raggiungere il sottosuolo, allora la pianta può sviluppare liberamente il suo sistema radicale e, in grazia della correlazione fra la parte sotterranea e la parte aerea, può prendere proporzioni gigantesche. Al confine del deserto l'Arabo deve piantare lui stesso la palma, irrigarla giornalmente e difenderla contro i venti, ma quando le radici dell'albero avranno attinto alla falda acquifera sotterranea, esso crescerà superbo, facendo a meno dell'aiuto e sfidando i venti e l'aridità del clima. Nei terreni aridi le condizioni sono sfavorevoli soprattutto allo sviluppo spontaneo della vegetazione ed occorre l'intervento della mano perchè questa incominci e si mantenga; ma se le piante sono messe artificialmente in condizioni di vivere, possono raggiungere dimensioni di molto superiori a quelle delle loro congeneri dei climi umidi.

L'Hilgard vanta i vantaggi dei terreni in climi aridi al segno che arriva a sostenere questa tesi: « Non è punto per effetto del caso che le civiltà antiche si sono sviluppate precisamente nelle regioni aride. In esse, infatti, non soltanto la fertilità era maggiore e più durevole, ma la necessità dell'irrigazione costringeva ben presto le popolazioni ad imprese cooperative, le quali portavano alla pace anzichè alla guerra e promuovevano le organizzazioni sociali. L'Egitto, la Mesopotamia, l'Assiria, la Persia, l'India settentrionale erano già teatro dell'antica civiltà quando nelle foreste delle regioni umide regnava ancora la guerra e la barbarie ».

Queste considerazioni valgono pure per l'America, ove la civiltà indigena non si sviluppò già nelle umide praterie dell'Est e del Nord America e neppure nelle foreste equatoriali della Guiana e del Brasile; ma nel Messico, nel Perù, regioni a clima arido. La spiegazione data dall'Hilgard di questo fatto — quella cioè che il bisogno dell'irrigazione avrebbe associato l'uomo — è molto ingegnosa, poichè l'irrigazione presuppone degli accordi permanenti fra gli abitatori della montagna e quelli della pianura, accordi che non si poterono stabilire senza la formazione simultanea di vere organizzazioni di Stato.

Oltracciò l'Ulpiani è convinto che un altro fattore di civiltà ha dovuto entrare in giuoco: il bisogno di coltivare i campi, l'idea-madre dell'agricoltura, non ha potuto affacciarsi alla mente dell'uomo primitivo che sotto i climi aridi. Nei paesi umidi, secondo lui, nulla stimolava l'uomo alla coltivazione: la flora e la fauna di continuo e spontaneamente rinnovantesi intorno a lui, erano più che sufficienti ai suoi bisogni, ed egli poteva sodisfarli affilando i suoi selci e dedicandosi alla pesca e alla caccia. Nei paesi aridi, al contrario, mentre che il processo di laterizzazione s'intensificava e che la superficie del suolo si disseccava sempre più, divenendo impropria alla germinazione spontanea dei semi, e per conseguenza al rinnovellarsi della vegetazione; in questi paesi dunque dovette sorgere l'idea di mantenere artificialmente, per forza, sul suolo, le specie vegetali che minacciavano di scomparire. La coltura del suolo era l'unica soluzione del problema dell'esistenza; e questa soluzione fu trovata tanto più facilmente in quanto nei suoli aridi non si incontravano difficoltà speciali per fare le seminagioni, come nei terreni umidi, ove sarebbe occorso

distruggere completamente la rigogliosa vegetazione forestale e lavorare con grande stento il suolo argilloso e tenace.

Queste considerazioni dell'Ulpiani sono ingegnose, ma non mancano di esagerazione. Egli, dappertutto nei paesi a clima umido, non vede che i suoli argillosi e tenaci e sembra dimentichi che vi si trovano pure in abbondanza terreni sabbiosi, profondi, leggeri e permeabili, facilissimi a lavorare, le cui proprietà agricole differiscono per tal modo di poco da quelle dei suoli lateritici. D'altra parte parrebbe dubbio che le popolazioni primitive si siano acconciate ad un regime esclusivo di pesce e di cacciagione. Non soltanto esse hanno dovuto consumare alcuni vegetali selvatici, ma si ha pure la prova che dall'età della renna sapevano coltivare i cereali, per lo meno il grano e l'orzo (resti di cereali trovati in Danimarca, nei kjökkenmødding; in Svizzera nelle antichità lacustri; sculture sulle corna di renna rappresentanti alcune specie d'orzo trovate in Francia, nella grotta di Lourdes e nei rifugi di Bruniquel).

Come si vede, la teoria di Hilgard è in disaccordo con quella del Caetani. Secondo quest'ultimo il clima umido sarebbe stato sempre il miraggio che ha tratto le popolazioni emigranti dai paesi aridi: per l'Hilgard, al contrario, l'aridità crescente avrebbe fatto nascere presso i popoli primitivi il bisogno di vivere altrimenti che di caccia e di pesca e questo bisogno avrebbe stimolato lo sviluppo dell'agricoltura, dell'irrigazione, dell'incivilimento.

Queste due teorie opposte, un po' troppo assolute, potrebbero conciliarsi, facendo intervenire il fattore della razza o etnico, col ragionamento seguente.

Quando le condizioni desertiche si formarono, le popolazioni che avevano solo istinti di rapina e di violenza, avrebbero emigrato nel senso indicato dal Caetani, ma le popolazioni atte all'incivilimento — i valori intellettuali della nostra razza — sarebbero rimaste nei paesi aridi e vi avrebbero trionfato delle difficoltà, facendo sorgere le prime civiltà.

Resterebbe a spiegare per qual modo alcune regioni, come l'Asia anteriore e l'Africa settentrionale, che furono un tempo la sede di brillanti civiltà e dove la tradizione colloca il paradiso terrestre ed il giardino delle Esperidi, siano ora in via d'impoverirsi e di spopolarsi, invase dalla degenerazione desertica. Si può rispondere che in virtù di una legge biologica generale, ogni

specie, dopo aver raggiunto l'*optimum* delle condizioni di esistenza, degenera: e ciò perchè, in quelle condizioni, cessa di funzionare utilmente il meccanismo della selezione naturale che elimina gli individui meno capaci e meno resistenti. Tutte le civiltà che sono apparse fino ad oggi sulla scena del mondo hanno brillato per alcuni secoli e poi sono scomparse, vinte ed annientate da popoli meno sviluppati intellettualmente ma fisicamente più forti. In generale i vincitori si sono fusi coi vinti e da questa fusione sono risultati popoli nuovi, presso i quali i caratteri intellettuali dei vinti si sono conservati in unione a quelli fisici dei vincitori. Ora, per quanto riguarda l'ultima civiltà scomparsa, la greco-romana, è indubitabile che l'incrociamiento fra i Latini di Roma e i Germani fu più fortunato di quello dei Greci di Bisanzio coi Turchi. Questo fatto potrebbe spiegare perchè l'Europa, dopo il Medioevo, ha ripreso la sua marcia avanti, mentre l'Asia anteriore e l'Africa settentrionale, sotto la dominazione dei Turchi, sono state sempre più colpite dalla decadenza e dalla sterilità.

Sarebbe questa una novella prova dell'importanza della razza, del fattore etnico.

VII.

PROSPETTIVE PER L'AVVENIRE.

Una domanda di grande importanza per l'avvenire dell'umanità sorge: il deserto tende ad aumentare ed a vincere l'uomo, oppure l'uomo riuscirà ad asservire ai suoi bisogni il deserto?

Anche qui due teorie sono a fronte. Secondo la teoria pessimista — quella del Croll — l'eclittica, ossia l'orbita che la terra descrive intorno al sole, ha una eccentricità variabile; da ellittica essa tende a divenire circolare durante un periodo di 200 mila anni. Alla più grande eccentricità (ellisse) corrisponderebbe una diminuzione del calore solare della terra, causa dello antico estendersi dei ghiacciai: poi, a misura che l'orbita tende a diventar circolare, questo calore aumenta, ciò che spiegherebbe il ritirarsi degli antichi ghiacciai, l'avvento del clima attuale e quello delle condizioni desertiche. Al dire di Croll, queste condizioni andrebbero aggravandosi sempre più durante i 24 mila anni che rimangono all'eclittica per diventare perfettamente circolare. Fino allora

la civiltà emigrerà sempre più verso il Nord e l'elefante ritornerà a vivere in Siberia come durante l'epoca terziaria; mentre i paesi caldi, salvo le regioni equatoriali a forti piogge, diverranno incapaci di mantenere alcuna forma di vita. In seguito, tuttavia, l'orbita della terra incomincerà a ridiventare ellittica, e l'Europa sarà nuovamente invasa dai ghiacciai e i deserti ridiveranno fertili e popolati.

Al contrario Herz, fondandosi sulle variazioni che presenta l'inclinazione dell'asse terrestre sul piano dell'eclittica, sostiene la tesi ottimista che si vada incontro ad un nuovo periodo glaciale e che il periodo acuto della degenerazione desertica sia di già passato, e che, per conseguenza, i deserti beneficieranno ogni di più delle condizioni favorevoli alla vita.

Questa seconda ipotesi è più rassicurante della prima; ma nè l'una nè l'altra può essere ammessa senz'altro, perchè le teorie astronomiche pure, le quali non rispondono intieramente ai fatti osservati, non possono più ottenere che un credito limitato. Val meglio fondarsi sopra osservazioni geografiche e meteorologiche, attuali e controllabili. Procedendo in tal guisa il geologo De Laparent ammetteva che, nelle depressioni o bacini chiusi, le condizioni desertiche tendano ad aggravarsi, perchè l'evaporazione prende il sopravvento sull'alimentazione delle piogge. Ma non vi è pericolo che questi deserti, limitati dalla loro stessa configurazione, si estendano al di là delle catene di montagne che li rinserrano.

Come contro-parte rassicurante, vi sono poi dei deserti che vengono riconquistati dall'umidità e dalla vegetazione, come ha verificato il Rohlf in un viaggio al centro dell'Africa. « In effetto, quando un paese primitivamente umido si trasforma in deserto, per effetto della secchezza sopravvenuta nell'atmosfera finisce per stabilirvisi un centro di depressione barometrica. Da quel momento l'aria vi affluisce da tutte le parti per prendere il posto di quella che si è inalzata nelle alte regioni dell'atmosfera, ed avviene perfino che questo afflusso d'aria modifichi in modo oltre ogni dire benefico le condizioni delle regioni che attraversa. Così il centro di depressione barometrica del Sahara ha dato origine, a Nord del lago Ciad, ad un richiamo di venti umidi dal S-W. La steppa della Tintunna è stata così conquistata alla vegetazione ed i progressi di questa conquista verso il Nord sono ma-

nifesti. Alle erbe succedono le mimose e i bestiami pascolano oggi su di un suolo che fino a pochi secoli fa era in possesso delle sabbie.

L'azione disseccante del deserto non è, dunque, destinata ad estendersi gradatamente al di là di ogni limite, ed il fenomeno, allorchè ha raggiunto un certo grado d'intensità, mette di per sè stesso dei limiti alla sua estensione. Allora appunto l'azione dell'uomo può utilmente intervenire, per accelerare, con mezzi adatti, il lavoro inaugurato dalla natura ».

In favore dell'estendersi dei deserti forse si obietterà che in Libia, dall'epoca della dominazione romana le condizioni si sono aggravate. Ma qui non è soltanto in causa l'opera della natura, perchè, sulla base di studi recenti di climatologia comparata, si crede di poter ammettere che da allora le piogge non son punto diminuite. L'aggravamento deriverebbe soprattutto dall'incuria in cui quel paese è stato lasciato per parecchi secoli dalla dominazione turca; e si hanno buone speranze che esso, mercè gli sforzi del colono in lotta contro il deserto, possa riprendere tutta o parte dell'antica fertilità (1). Gli Americani hanno mostrato i miracoli che possono produrre l'irrigazione e il *dry farming*, ed il loro esempio autorizza questa conclusione ottimista: con siffatti mezzi l'uomo può lottare contro il deserto ed assoggettarselo, anzichè divenirne lo schiavo.

(1) Considerazioni analoghe si possono fare per la Mesopotamia, la quale ha perduto i resti della sua antica fertilità a cominciare dal secolo XIII della nostra èra, allorchè gli invasori Mongoli distrussero i lavori di irrigazione. In grazia dell'iniziativa di sir William Willcoks, essi sono attualmente in via di restaurazione su di un nuovo piano, e promettono di già a questo paese, che fu il granaio del mondo, un ritorno alla sua antica prosperità.
