

Influenza del bosco sul regime delle acque

Nota dell'ing. dott. ANGELO SCALA

La presentazione della legge « Appalachian and White Mountain forest reserve bill » nel 1912 al Parlamento americano, riguardante l'acquisto di estese foreste e di terreni diboscati nei bacini montani di torrenti, che sbarrati da potentissime dighe formano laghi artificiali di capacità sconosciute in Europa, e che a loro volta, oltre fornire di acqua potabile le città maggiori, alimentano le industrie, la navigazione fluviale e irrigano i campi, diede origine a forti e vivaci discussioni nel Parlamento stesso, in seno alla Società degli ingegneri civili dell'America ed a polemiche fra scienziati su giornali e riviste. Ben 22 fra le più spiccate autorità in materia tecnica, geologica e forestale hanno espresso il loro parere sull'influenza che avrebbero dovuto esercitare quelle foreste sullo stato e sul deflusso delle acque nei bacini in parola.

Le nuove teorie e le discussioni svolte in seno alla suddetta Società sono trattate nel voluminoso libro di H. M. Chittenden « Forest and reservoirs in their relation to stream flow, with particular reference to navigable rivers ».

Queste teorie sviluppate da Chittenden trovarono dapprima eco anche in Europa — come altre di recente data — e specialmente fra i teoretici nemici del bosco, come fra gl'indifferenti. Ma in Europa come altrove le nuove teorie furono avversate da ingegneri idraulici e forestali insigni con pubblicazioni comparse su diverse riviste professionali (1).

Taluni degli assiomi di Chittenden non si riesci allora a combattere causa l'insufficienza di materiale sistematicamente e metodicamente sperimentato. Si incitava quindi gli studiosi ad eseguire le

(1) Dr. HOFMANN AMERIGO, in « Oesterreichische Vierteljahrschrift für Forstwesen »; prof. WANG, in « Forst und Jagdzeitung »; Ing. capo SCHAFFERNAK, in « Wochenschrift für den öffentlichen Baudienst », ed altri.

opportune ricerche, riservandosi di ritornare sull'argomento a indagini compiute.

Parallelamente a queste polemiche, anzi sin dal 1906, la Stazione centrale svizzera per l'indagini forestali aveva principiato gli studi necessari per meglio stabilire l'influenza che il bosco esercitava sul regime delle acque, specialmente in riguardo alle vaste sistemazioni idraulico-forestali, che allora si stavano progettando in Svizzera. L'esito delle indagini fu recentemente pubblicato dal dott. Arnold Engler, professore di scienze forestali al Politecnico di Zurigo e direttore del predetto istituto, nel XII volume delle pubblicazioni di quella Stazione (1).

Engler ha il merito di aver fatto finora le più ampie ricerche su questa materia, in modo di poter rispondere con dati e criteri positivi se non a tutti, a buon numero dei quesiti, che finora erano insoluti, ma ai quali il Chittenden ed altri avevano creduto poter rispondere, generalizzando le loro osservazioni in maniera da confondere, p. es., il pacifico Mississippi con l'impetuoso torrente montano.

Le opinioni sull'influenza esercitata dal bosco sul regime delle acque sono state sempre le più disparate; basti leggere le discussioni e gli ordini del giorno svolti nei diversi congressi forestali e specialmente di idraulica e navigazione fluviale.

Le indagini di Engler — eseguite per una serie di ben 13 anni in due territori distinti — l'uno boscato, l'altro diboscato, in condizioni geologiche e morfologiche pressochè eguali, ci hanno portato un raggio di luce nel problema. Però l'ideale per poter raggiungere dati precisi e definitivi sarebbe di assoggettare dei terreni in condizioni morfologiche e idrologiche diverse a indagini, prima senza soprassuolo per una serie di anni; imboschire successivamente i medesimi terreni ripetendo le indagini per altra serie di anni; infine trattare il bosco a taglio successivo, saltuario e a scelta. Ma chi non misconosce la quasi impossibilità di tale sperimento, per la sua lunga durata e per gli incidenti che potrebbero sopravvenire e rendere vane tutte le fatiche? Le piante legnose hanno fino alla loro utilizzazione sì lunga vita di fronte all'uomo, che questi raramente può seguire la pianta ed il suo sviluppo fino alla morte.

(1) *Untersuchungen über den Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer*, von Dr. ARNOLD ENGLER, Zürich, 1919.

Visto l'importanza che il problema ha per l'economia forestale in genere, per la politica e legislazione forestale, e per le sistemazioni idraulico-forestali in particolare, crediamo giustificato, se diamo in succinto notizia delle due voluminose pubblicazioni, affinché il lettore possa farsi un'idea precisa sull'argomento, che stiamo per svolgere ed intuisca il posto, che spetta al bosco nell'economia nazionale.

* * *

Chittenden esamina le quattro tesi fondamentali formulate incirca 50 anni or sono dall'idrologo Gustavo von Wex, che precisano la azione del bosco sul deflusso delle acque e che qui vogliamo ripetere:

1° che il terreno umoso del bosco trattiene ed immagazzina le acque piovane e di sgelò, impedendo il rapido deflusso di queste; ripartendolo uniformemente in un periodo di tempo più lungo e conseguendo in tale maniera una certa regolarità nel convoglio delle acque. Retenzione e compensazione del deflusso da ascriversi alla presenza del bosco;

2° che determina il ritardo nello scioglimento delle nevi in primavera e il conseguente ritardo nel deflusso delle acque di sgelò o del dimoio;

3° che origina l'aumento delle precipitazioni nei territori boscati;

4° che l'esistenza del bosco impedisce l'erosione su pendii e che da ciò deriva una certa protezione ai corsi d'acqua ed alle opere idrauliche contro l'interramento.

Dimostrare che le quattro tesi siano più o meno esatte, è cosa ben difficile — scrive Chittenden — giacchè su questi processi influiscono un'infinità di fattori sconosciuti; però è opinione generale che, causa gli straordinari diboscamenti eseguiti in America nel secolo passato, venne a verificarsi nei corsi d'acqua uno squilibrio nello stato delle piene e delle magre, in modo, che ambedue divennero più frequenti con ripercussione sull'economia delle acque.

Fatto un'attento esame delle quattro tesi, l'autore osserva:

a) Nei periodi di precipitazioni ordinarie e locali il bosco esercita la funzione di regolatore, non pertanto e in nessun caso nei periodi di precipitazioni intense su estese plaghe. All'incontro, defluendo l'acqua immagazzinata, le condizioni di deflusso divengono peggiori su terreni boscati, anzichè su terreni privi del bosco. Le piene dei fiumi non sono che l'integrazione delle piene dei rispet-

tivi affluenti. Ne consegue che se in tempi di forti precipitazioni queste piene vengono a trovare in tutti i bacini idrici colture boschive uniformemente dense, sono esse causa di maggiori pericoli, perchè in seguito dell'immagazzinamento delle acque del suolo boschivo esse vengono a promuovere delle piene generali e contemporanee in tutti gli affluenti.

Nei periodi di magra, i piccoli corsi d'acqua che provengono da terreni nudi, si seccano prima di quelli provenienti dai boschi. Da ciò, e per il motivo che i piccoli corsi alimentano i fiumi, dovrebbero verificarsi in questi minori magre, ma più costanti, se manca il bosco. Ciò però non si verifica.

La differenza delle magre nei piccoli corsi d'acqua è insignificante.

Il bosco trattiene per lo più l'intera acqua delle precipitazioni estive. Piccole precipitazioni, che causano un deflusso percettibile dai terreni nudi, vengono interamente assorbite dal bosco. Le chiome evaporano più del terreno nudo.

È più importante il quantitativo d'acqua, fornita specialmente nell'estate dai piccoli corsi d'acqua, che l'uniformità e la regolarità nella condotta di questi, poichè la regolarità chiesta dal moderno impianto idrico si raggiunge artificialmente con sbarramenti e bacini.

L'abbassamento o la diminuzione della portata magra nei corsi d'acqua in seguito all'esistenza del bosco è più importante che la regolarità del suo deflusso.

b) L'influenza del bosco sul deflusso delle acque, che provengono dallo scioglimento delle nevi, consiste nella concentrazione di detto scioglimento in un periodo di tempo relativamente breve. Ciò deriva dagli ostacoli che frappone il bosco alle colmazioni delle nevi causate dal vento, ed al ritardo dello scioglimento in primavera, come infine al persistere del manto nevoso fino all'estate. Il deflusso di queste acque sarà per le ragioni suesposte più regolare e di maggiore durata nei luoghi scevri da colture boschive.

c) Manca qualsiasi dimostrazione sull'aumento delle precipitazioni causate dal bosco. Variazioni di clima possono verificarsi; però queste non stanno in nessuna relazione con i cambiamenti causati dall'uomo sulla superficie terrestre, e perciò nemmeno con i diboscamenti.

d) Pure la decantata influenza benefica dei boschi contro le erosioni non è ancor dimostrata a sufficienza. L'autore non osservò mai che il diboscamento avesse avuto per conseguenza delle notevoli erosioni, perchè fatti i tagli il suolo si ricopre subito spontanea-

mente di altro mantello. Soltanto nelle alte montagne potrebbe forse avvenire il contrario.

L'asserzione, che i fiumi conducono in conseguenza di diboscamenti maggiore quantità di detriti, non è giusta: ciò lo dimostrerebbe il Mississippi. L'erosioni non derivano dai tagli eccessivi, bensì dal modo di coltivazione del suolo in genere.

Esaminati i dati relativi americani e consultata la letteratura europea in materia, il Chittenden fa nel corso della sua pubblicazione ancor le seguenti deduzioni:

e) Non è da aspettarsi da una possibile estensione dell'economia forestale un rimedio per la regolazione e per lo sfruttamento delle acque, e neppure un rimedio per impedire le piene. Nessun vantaggio per la navigazione fluviale o altro sfruttamento delle forze delle acque può derivarne, perchè per questi problemi hanno importanza decisiva le condizioni estreme del pelo d'acqua e non le medie. Nessun ingegnere vorrà arrogarsi di abbassare nemmeno di un'oncia le piene del Mississippi adottando misure d'indole forestale, e non potrà persuadere alcuno, che mediante una più intensa attività forestale possasi ridurre il costo della regolazione di un fiume allo scopo di renderlo navigabile con acque di magra. Una scissione completa delle quistioni forestali da quelle che riguardano le regolazioni fluviali significherebbe per quest'ultime un guadagno.

f) L'economia forestale dovrà cercare la sua salvezza, senza richiamarsi al regime delle acque, seppure per il primo momento le viene tolto un argomento importante per il suo sviluppo. Non sarebbe meglio che questa riducesse la sua attività alla pura soddisfazione dei bisogni che i popoli hanno di legname ed all'estetica, invece di voler estendere la sua influenza su una pretesa reazione o influenza del bosco sul regime delle acque? È forse saggio di ridurre, anzi concentrare l'economia forestale sui discosti territori di montagna per coprire il nostro fabbisogno di legna? Se invece non si prende riflesso ai fiumi, la politica forestale potrebbe battere altre vie nell'acquisto di terreni! Si formi il demanio forestale in quei siti dove la lavorazione ed il trasporto del legname esigono il minor costo e ove può servire da esempio all'iniziativa privata. Il bosco, se come tale impedisce in qualche modo il deflusso delle acque, sarà sempre più vantaggioso averlo in pianura che su pendii ripidi delle montagne!

Queste sono in succinto le teorie di Chittenden, che al primo istante sembrano non soltanto di voler capovolgere le nostre cono-

scienze professate, ma anche le massime scientificamente fondate in materia forestale e idrotecnica. Oltrechè nell'America trovò Chittenden anche in Europa una corrente contrarissima alle sue arrischiate e in parte vaghe asserzioni. Però tutte le discussioni svoltesi finora sul tema « Bosco e acque » si basano su premesse, ponderazioni e congetture teoretiche, in una parola su speculazioni, osservazioni ed esperienze locali di durata insufficiente ed eseguite con metodi irrazionali. Soltanto così fu possibile di fare deduzioni generali, che poi stavano in contrasto con i casi speciali. E così avvenne, che in una quistione di somma importanza per la generalità — giacchè questa sopporta le spese derivanti dall'applicazione di una teoria errata — esistessero fino a ieri opinioni diametralmente opposte, non soltanto fra la cerchia di profani colti, ma anche fra idrotecnici e forestali. L'iniziativa della Stazione sperimentale forestale svizzera e del suo direttore meritano il plauso dei forestali e idrotecnici di tutte le nazioni, perchè senza risparmio di fatiche e di danaro vollero asseguire indagini precise, che non temono critiche, tutti i punti fin'qui controversi, accogliendo i suggerimenti loro fatti in occasione delle polemiche sul tema da noi trattato.

* * *

Per mancanza di spazio non ci è concesso purtroppo che di riassumere per sommi capi le conclusioni a cui venne l'Engler nel corso delle sue indagini, benchè sarebbe di eguale importanza fermarsi su certi dettagli contenuti nel prezioso volume di 626 pagine, ricco di grafici e tavole. D'altronde è indubbiamente importante per la maggior parte dei colleghi che non avranno occasione di prendere visione del testo originale, di conoscere: A) a quali ricerche; B) con quali mezzi e modi, e C) con quali risultati pratici e teoretici ebbe a dedicarsi l'autore per assolvere con onore l'arduo compito assuntosi.

A) RICERCHE E QUESITI:

Le indagini dovevano rispondere ai seguenti quesiti:

1° Come si comporta il deflusso delle acque in bacini boscati e diboscati, in quale rapporto stanno fra di loro le masse di deflusso a condizioni del resto eguali?

- a) durante piogge dirette o torrenziali e durante nubifragi;
- b) durante piogge continue o di lunga durata;

c) al rapido sciogliersi delle nevi;

d) in periodi di siccità.

2° Per quanto o in quale misura debesi aumentare l'area boschiva di un bacino per ridurre il deflusso a una misura innocua e quanto suolo agricolo è necessario di cedere all'economia forestale per il raggiungimento di tale scopo in ogni singolo caso.

3° Stabilire:

a) la relazione fra le masse di acqua cadute: giornaliere, mensili, annue e i rispettivi deflussi;

b) il deflusso durante l'inverno;

c) ricerche e studi comparati sulla condotta dei detriti di torrenti, che provengono dal bosco e di quelli provenienti da territori privi di colture silvane;

d) stabilire l'influenza del sottosuolo sul deflusso delle acque.

B) MEZZI E METODI:

Vennero sottoposti a indagini due bacini limitrofi I e II con proprietà esposte e descritte nella tavola annessa per la quale va osservato.

CARATTERI	BACINO I	BACINO II
1. Formazione geologica.	Ghiaie diluviali, frammentate, variopinte di quarzo, frammiste a banchi di arenaria. Stratificazione con $5\frac{1}{2}^{\circ}$ di pendenza da SE. verso NO. Arenaria poco permeabile, si sfascia facilmente coi geli invernali - molte sorgenti.	Identica al Bacino I.
2. Qualità fisiche	Terreno ricco di sostanze calcaree, buono, sollo, 20-30 cm. terriccio fortemente intralciato di radici fino a 80 cm. di profondità.	Humus 10-12 cm. con radici di erbe grovigliate, impediscono il passaggio dell'acqua. <i>Alnus viridis</i> rende il terreno sollo, radici fino a 60 cm., <i>Calluna vulgaris</i> , fino a 20 cm., <i>pteridium aquilinum</i> fino a 110 cm.

CARATTERI	BACINO I	BACINO II
3. Esposizione . . .	Di 4 affluenti N. fino NO. di 5 affluenti S. fino SE.	Di 4 affluenti N. fino NO. di 4 affl. SE. fino SO.
4. Altitudine media .	m. 900-1200	m. 902-1261
5. Pendenze medie .	20% per il torrente, 45% affluenti.	17.5 % principale, 40 % secondari.
6. Superficie. . . .	ettari 56	ettari 69
7. Manto vegetale e stato di coltura.	97% bosco, 3% pascolo.	30 % boscato, 28 % pa- scolo boscato, 42 % prati e campi.
8. Clima	Ricco di precipitazioni, umido.	Ricco di precipitazioni, umido.
9. Sottosuolo	Sondazioni n. 8 fino a m. 1,50; cm. 10 terriccio, cm. 80 argilla frammista a ghiaia, a cm. 139 pas- saggio all'arenaria poi sottosuolo calcareo-aren- aceo, filoni di radici fino a cm. 80 di pro- fondità.	10 cm. humus con radici di erbe, 110 cm. argilla con molte pietre, poi arenaria. Le radici del- l'erba fino a 20 cm., quelle degli alberi e ces- spugli fino a 90 cm. di profondità.
10. Sorgenti.	n. 14	n. 14
Pozzi.	n. 9	n. 2
11. Strade.	m. 2520 con 15-20% e 116 scoli. m. 3110 orizzontali con 85 scoli. Occupano assieme $\frac{3}{4}$ di ettaro.	660 m. con 13 % e 6 scoli occupano un quinto di ettaro.
12. Formazione e go- verno del sopras- suolo.	Ettari 48 bosco di dirado misto di ab. rosso, bian- co e faggio. Ett. 1-5 ab. rosso puro di 50-60 anni, ett. 4-5 col- ture di ab. r. e b. di 45 anni.	Pascolano 60 buoi dal 1-6 al 15-9, campeti sparsi per i bisogni dei pa- stori, pascolo ett. 38,20, campi 1-2, prati ett. 5,9 bosco con tagli a scelta e incrementali ett. 24,5.

CARATTERI	BACINO I	BACINO II
12. <i>Segue</i> Formazione e governo del soprassuolo.	Acer. pseudopl. Ulmus mont. Fraxinus exc. Tilia parvifl. Alnus glut. e altre piante erbacee. Presa prevista 1905-1915 . . . m.³ 7380 Presa fatta 1905-1915 . . . m.³ 4468 Riserva 1905-15 m.³ 2912 Provvigione P₁ - 1905 . . . m.³ 26529 Provvigione P₂ - 1915 . . . m.³ 26122 P₂ - P₁ . . . m.³ - 407 Presa 1905-15 + m.³ 4468 Accr. dec. . . m.³ 4061 Accr. annuale e per ettaro . . m.³ 8,1 Superf. verificata ett. 50.19. Provvigione per ett. m.³ 520. N. delle piante per ett. 300. Esbosco: tagli estivi e autunnali con risine, a slitta che dà origine, assieme ai dissodamenti, alla formazione e condotta di detriti.	Pascoli in luoghi asciutti. Campi fino a 1100 m. con patate, segala, groviglio e malerbe. Prati con rotazione di 3 anni per il cambiamento di coltura. Bosco: a scelta nel ramo principale e negli affluenti principali; suolo coperto da sottobosco. Bosco coetaneo: ab. rosso su terreni pascolativi nato per disseminazione; suolo senza sottobosco. <i>Invasioni</i> di Alnus viridis Calluna vulgaris, Pteridium aquilinum, ecc.

La forma del bacino I, che è quella di conca, influisce favorevolmente sul deflusso, aumentandolo di fronte al bacino II. Il suolo boschivo di I risulta più ricco di sostanze calcaree a cagione delle grandi quantità di acqua, che lo infiltrano e che vengono a contatto col sottosuolo calcareo. La caduta delle foglie aumenta il contenuto di acido carbonico; queste lo assorbono mediante le radici dalle parti più profonde e slavate del suolo. Queste proprietà, come quelle che accelerano lo scioglimento e la disgregazione del suolo mancano ai terreni con colture agrarie. La conoscenza del contenuto di acido carbonico di un terreno è perciò importante, giacchè sta in relazione

con la forma e qualità di humus, con la sollità o sofficità del suolo — due fattori che influiscono in misura straordinaria sul deflusso delle acque.

Risulta dalla tabella, che non tutte le particelle boschive del bacino *I* possiedono l'istessa capacità retensiva per le precipitazioni; stanno in tale riguardo in prima linea quelle di bosco a scelta o dirado, seguono i boschi stramaturi che si coronano, ultime sono le colture coetanee di abete rosso, allevate su terreni pascolativi. L'esigua profondità dello strato infilzato da radici, il giacimento fisso del suolo ostacolano l'infiltrazione delle acque, mentre la favoriscono i terreni di quelle forme di bosco, che derivano da vecchie colture silvane.

Risulta che i due territori scelti non sono teoreticamente identici, come dovrebbero esserlo ad eccezione del manto vegetale, la cui influenza sul deflusso delle acque si sta indagando. L'uno dovrebbe essere completamente boscato, l'altro completamente libero da coltura silvana — coperto di prati e pascoli. Data l'impossibilità di trovare due territori identici sotto ogni aspetto ad eccezione del manto vegetale; dovuta scartare l'idea di fare le indagini sull'istesso terreno, dapprima nudo, poi boscato, causa il numero di anni necessari per raccogliere i dati relativi (almeno due generazioni d'uomo), devesi convenire, che per ottenere dati relativamente esatti per le necessarie deduzioni e in un lasso di tempo relativamente breve, la scelta fatta dall'Engler dei due territori fu felice e rispondente all'intento.

Sono dell'istessa formazione geologica, incirca della stessa composizione di terreno, hanno l'istesso grado di permeabilità, morfologicamente favorisce il terreno del *II* il lento deflusso e l'evaporazione superficiale delle acque. Pure riguardo al manto vegetale ed alla conseguente permeabilità del suolo, il territorio dell'*I* si trova in svantaggio di fronte allo scolo delle acque, perchè in primo luogo non completamente boscato (manca il 3 % della superficie) e poi principalmente perchè il *II* è per ben un terzo della sua superficie coperto di colture silvane. Infine la metà del suolo pascolativo non possiede le proprietà del pascolo, perchè invaso da alnus, pteridium ecc. che sono la causa di una maggiore permeabilità e sofficità. Tutte queste circostanze dunque determinano che l'influenza favorevole del bosco nell'economia delle acque non scaturisce in quella piena misura dai risultati delle indagini. È chiaro che con pre-

precipitazioni intense ed al rapido sciogliersi delle nevi, oppure in lunghi periodi di siccità, la differenza delle masse che defluiscono per ogni territorio dovrebbe essere di molto maggiore, se i due territori avessero l'identica forma di terreno e se nel *II* mancasse qualsiasi forma di bosco. L'influenza compensatrice del bosco sul deflusso delle acque risulterebbe senza dubbio maggiore; d'altronde correggere i risultati ottenuti con riflesso alle più favorevoli condizioni del *II* equivarrebbe fare delle induzioni *pro domo*. Siamo però nella possibilità di renderci conto esatto dell'influenza di quel, seppure misero bosco, che copre un terzo della superficie del *II*, come più innanzi verrà dimostrato.

In quanto al calcolo delle masse di precipitazione e di deflusso, alla misurazione delle acque sorgive, alle masse di detriti — dati che occupano 40 pagine del menzionato libro — basti dire, che le misurazioni vennero eseguite con la massima cura e coscienza e con mezzi tecnici moderni e perfetti.

Tali misurazioni si estesero sulle precipitazioni, sui deflussi, sulle temperature dell'aria, sull'evaporazione, sulla capacità idrica del terreno, sul volume di porosità, sulla permeabilità, ecc., e diedero le seguenti

C) RISULTANZE:

Dall'esame e dal confronto dei dati ottenuti Engler fece le sue deduzioni ed espose i risultati delle indagini che qui riassumiamo:

1° Le precipitazioni nel territorio diboscato *II* furono in complesso maggiori di quelle dell'*I*. Un'esatta misurazione delle precipitazioni, ossia dell'intero quantitativo d'acqua caduta sui due territori *I* e *II* o ricevuta sotto altra forma non fu possibile, perchè il *II* viene alimentato, se anche in misura esigua, da sorgenti e da un pozzo, mentre dal *I* viene deviata una delle migliori sorgenti. Nel raffronto dei due territori sono in giuoco due fattori climatici importantissimi: l'evaporazione e la precipitazione, che stanno in relazione con l'altitudine e l'esposizione. L'evaporazione risulta bensì quale differenza fra precipitazione e deflusso, ma sarebbe stato importante sapere quanta acqua evapora a sua volta il bosco e quanta il terreno agricolo nelle diverse stagioni per mezzo della vegetazione e quanta direttamente o senza questa. Risultò però indubbiamente:

2° Che a maggiori altitudini corrispondono minori temperature dell'aria: consegue da ciò un più lungo perdurare delle nevi, una

diminuzione dell'evaporazione, che a sua volta produce un aumento di deflusso.

3° Suolo e vegetazione assieme evaporano su terreni boschivi e agricoli incirca la medesima quantità di acqua.

4° Le qualità fisiche del suolo, che hanno influenza sul regime delle acque, si differenziano per il bosco e per il suolo agricolo come segue:

a) La porosità o il volume poroso del suolo boschivo è di gran lunga maggiore di quella dei prati, pascoli e arativi, non soltanto negli strati superiori, ma specialmente in quelli inferiori. Il suolo boschivo deve la sua porosità e sofficità al costante riparo per parte delle chiome, alla formazione dell'humus, alla infinità di radici, che infilzano e penetrano profondamente, all'azione meccanica e chimica delle radici morte, infine alla fauna del sottosuolo. Le particelle del suolo vengono così a trovarsi in continuo movimento, anche in profondità rilevanti. La porosità varia secondo la specie legnosa, la forma ed il governo del bosco. Il gelo invernale esercita un'influenza favorevole sulla sofficità dei terreni boscati e agricoli. Piogge continue lo rendono limoso e diminuiscono perciò la sua permeabilità.

b) Il suolo libero da colture ha facoltà di trattenere più acqua capillare del terreno boscato causa l'azione capillare dei suoi pori e causa il volume totale relativamente maggiore di sostanze solide. D'altronde il suolo boschivo racchiude e fa circolare maggior quantità d'acqua di sottosuolo. Il contenuto di acqua trattenuta o di ritenzione varia nel corso di un anno molto di più nel terreno libero da colture che nel boschivo, ma è più costante in questo, e dopo lunghi periodi di siccità il suolo boscato non soltanto contiene più acqua di sottosuolo, ma anche più acqua di ritenzione che il suolo nudo.

Nel bosco viene rimpiazzata l'acqua di ritenzione dopo lunghi periodi di siccità da quella di sottosuolo mediante sollevamento per azione della forza capillare.

c) Il suolo del bosco trattato e sfruttato con dati riguardi, possiede un maggior grado di permeabilità di quello libero da colture e del pascolativo densamente inerbato.

Pendii ripidissimi coperti da boschi assorbono momentaneamente le più forti precipitazioni, mentre il suolo pascolativo è infinitamente meno permeabile.

d) Il suolo ombreggiato dal bosco oppone all'irrigazione superficiale meno resistenza del suolo scevro da colture.

e) Le qualità del suolo fin qui annoverate determinano in massima il differente decorso del deflusso su pendii boscati e diboscati nel modo seguente:

« Su terreni boscati, soffici, usati e sfruttati con cautela, l'acqua meteorica scorre sottoterra; su terreni liberi da specie legnose e specialmente con piogge intense e al rapido sciogliersi delle nevi, il deflusso ha invece luogo alla superficie o sopra terra.

Su pendii ripidi ed erbati il deflusso alla superficie raggiunge il massimo valore.

Nell'interno del suolo il deflusso è di molto più lento che alla superficie e di più per regola non defluisce affatto grande parte d'acqua, perchè trattenuta nei piccoli vani del terreno.

L'influenza favorevole del bosco sull'economia delle acque si basa in prima linea sulla grande porosità e permeabilità del suolo ».

Contrariamente ai pareri finora espressi, risulta d'importanza secondaria l'azione diretta della chioma del bosco sul ritardo, sulla ripartizione e diminuzione del deflusso delle acque. L'influenza del bosco è piuttosto indiretta, *perchè mantiene il suolo nello stato fisico tanto vantaggioso per il regime delle acque.*

Pure le teorie patrocinate ed insegnate fin qui dall'Ebermayer, Wollny, Ney, Henry e altri, che la capacità di ritenzione del bosco sia originata dalla capacità della coperta di strame e muschio di trattenere le acque, sono da considerare errate. Le indagini e l'esperienza insegnano il contrario. Questi assorbono bensì grandi quantità d'acqua, ma ne passano poca al suolo, e allorchè satolli, determinano lo scolo alla superficie. Su coperta di strame di abete e faggio scorre l'acqua velocemente, se il terreno è inclinato. Il muschio lascia passare poca acqua nel suolo in tempi asciutti, torba e palude si contengono negli stessi termini.

5° Secondo le osservazioni fatte finora, le altezze massime d'acqua e il deflusso totale del bacino I (boscato) sono di molto inferiori a quelle del II durante il rapido sciogliersi delle nevi in primavera e nell'inverno. Se il terreno boscato non è gelato, e se non è satollo da piogge precedenti, esso assorbe tutta l'acqua derivante dallo scioglimento delle nevi per trattenerla nei suoi vani o pori. Se le nevi si sciolgono senza piogge, le curve di deflusso sono regolari e corrispondono a quelle della temperatura giornaliera. Le acque raggiungono il minimo ed il massimo d'altezza alcune ore più tardi delle più basse e più alte temperature.

In seguito a queste osservazioni si deve riconoscere l'azione benefica del bosco sullo stato d'acqua nei fiumi durante il dimojo specialmente nei paesi con inverni miti (venti da est e sudest) dell'Europa meridionale e ponentina.

6° Sul deflusso delle piogge dirette e di quelle continue si constatò quanto segue:

a) La capacità di ritenzione del bosco risultò grande per tutti i casi di piogge dirette, intense e di corta durata (nubifragi).

Le portate massime per minuto secondo del bacino boscato importano soltanto da un terzo fino alla metà di quelle del bacino disboscato II a pari intensità e qualità di precipitazione, e il deflusso totale del primo è ordinariamente soltanto la metà di quello del secondo. Se ambidue territori fossero morfologicamente identici, se mancassero nel II completamente la vegetazione arborea ed i cespugli, le differenze dovrebbero essere maggiori.

Va notato, però, che le massime altezze d'acqua e il deflusso totale dipendono dal tempo che precede il nubifragio, vale a dire dallo stato in cui queste precipitazioni trovano il suolo. Lunghi periodi di siccità, caldi persistenti e forti geli aumentano la permeabilità e la capacità di ritenzione del suolo e diminuiscono perciò il deflusso. Umidità persistenti ed inverni senza geli agiscono in senso contrario, in modo che di due piogge dell'istessa intensità e durata, l'una produce nel primo caso un alzamento appena sensibile del pelo d'acqua nel recipiente di scolo, mentre l'altra consegue nel secondo caso una piena pericolosa.

b) Per le piogge continue è di massima importanza quanto sopra osservato. Se il suolo contiene molta acqua, il bosco si dimostra senza effetto in punto ritenzione. Defluisce in questo caso il medesimo quantitativo di acqua come dal terreno senza bosco. Se però il suolo è poco pregno di acqua, il bosco si dimostra molto efficace per la ritenzione. Basti che la pioggia continua raggiunga a intervalli intensità maggiori, però, perchè il bosco faccia per lo meno ritardare il deflusso.

c) Il deflusso differisce secondo che si tratta di pioggia continua o diretta.

La vera e tipica pioggia diretta è causa di piene, che fanno crescere rapidamente il pelo d'acqua fino al massimo, coinvolgendo una parte relativamente piccola della precipitazione.

La vera e tipica pioggia continua fa crescere molto più adagio il pelo d'acqua; il coefficiente di deflusso è molto maggiore a pioggia

continua che a dirotta tanto per il I e che per il II. Con piogge dirotte ambidue torrenti raggiungono transitoriamente peli d'acqua molto più alti che con continue. Il valore del coefficiente di deflusso dipende dall'intensità, dalla durata, dalla quantità della pioggia e dalla capacità d'assorbimento del suolo.

7° Nei periodi invernali ed estivi di siccità defluisce più acqua dal bacino boscato I che dal II, nonostante che quest'ultimo fosse dotato di più numerose e copiose sorgenti e sebbene alimentato inoltre da altre sorgenti che provengono dal di fuori del suo bacino imbrifero.

L'alveo del II è più volte asciutto durante l'estate, quello del I mai.

Nei paesi di collina e di montagna, ove all'inverno subentrano lunghi periodi di siccità, il bosco acquista grande importanza perchè alimenta con una certa continuità le sorgenti ed i corsi d'acqua.

8° Le masse di deflusso ed i coefficienti di deflusso mensili ed annui sono differenti nell'istesso anno di osservazione per I e II secondo la quantità della precipitazione e lo stato fisico del suolo. In primavera allo sciogliersi delle nevi ed in autunno con un'evaporazione minima del terreno nudo il deflusso è maggiore nel poco boscato bacino II che nel I. L'estate e l'inverno, invece, il deflusso è maggiore nel bacino I completamente boscato che nel II.

Risulta che il bosco alimenta i corsi d'acqua nelle due anzidette stagioni, ove di consueto regna la siccità, con regolarità, continuità e più copiosamente di quanto lo fa il terreno nudo o libero da bosco. Però, non ostante questa differenza nel deflusso per stagione, rimane il deflusso totale annuo per I e II, bosco e terreno nudo, il medesimo ed il coefficiente di deflusso importa per ambidue incirca il 60 % delle precipitazioni.

9° Dalle indagini è risultato, che il modo di deflusso delle acque dipende dal tempo che precedette la precipitazione. Ciò deriva dal fatto, che il contenuto d'acqua del terreno, il suo stato chimico-colloidale, che a loro volta determinano la porosità e sofficità del suolo, sottostanno all'influenza del tempo e variano secondo questo.

« Le minori variazioni nel deflusso dal bosco sono infine la conseguenza delle condizioni regolari di temperatura e umidità dell'aria e del suolo nelle singole stagioni nei paesi ricchi di boschi e ciò determina una certa stabilità nel clima di quei paesi ».

10° Nel bacino II si vanno formando più detriti che nel I. Le cause sono diverse ed estranee alle precipitazioni ed al deflusso.

* * *

CONCLUSIONI SULLE INDAGINI. — I risultati ottenuti dalle indagini e dalle misurazioni fatte in quei due territori hanno naturalmente pieno valore soltanto per territori con eguali condizioni climatiche ed edafiche. Però molte conclusioni generali si possono trarre dalle indagini fatte, e risulta indubbiamente che un terreno bene boscato e una conveniente ripartizione di bosco e pascolo in montagna e in collina agiscono molto favorevolmente sull'economia delle acque. Non perciò che il bosco sia capace di impedire inondazioni! Anzi con piogge continue esso perde in un dato momento completamente la capacità di ritenzione e agisce come il pascolo o il terreno libero da colture arboree. Ma persino in quel momento è ancor percepibile la sua favorevole influenza o la sua efficacia sul regime delle acque nel senso, p. e., che quasi mai sarà origine di erosioni o del conseguente aumento nella condotta di detriti, quale lo è invece con grande probabilità il terreno scevro del bosco.

Se con piogge continue si riscontrano inondazioni anche in territori bene boscati, queste non hanno conseguenze catastrofiche come nei territori diboscati. Risulta dalle indagini e dalle statistiche che danni di qualche entità vengono più raramente cagionati dalle inondazioni nelle regioni boscate che in quelle diboscate.

Assoluta sicurezza contro l'impeto degli elementi non esiste, ma con mezzi preventivi si è in caso di restringere e affievolire le distruzioni con tutto quello che conseguono.

Se anche gli esperimenti e le indagini di Engler abbisognano ancora di perfezionamenti specialmente riguardo ad una più esatta misurazione del quantitativo intero dell'acqua affluita sotto qualsiasi forma al bacino prescelto e di quella defluita dal medesimo, nulla di meno il valore dei risultati finora conseguiti è di tale importanza per la ricostituzione dei boschi e per la conservazione di quelli esistenti specialmente in Italia, che ognuno deve chiedersi se le leggi forestali attuali corrispondano a questi due capisaldi dell'economia nazionale.

Non è qui nostro compito nè nostra intenzione di dimostrare, se e in quale misura le leggi forestali italiane o di altra nazione contemplano la ricostituzione e la conservazione dei boschi. Per l'Italia avrà di ciò da occuparsi il prossimo congresso forestale italiano. Vogliamo perciò confrontare per sommi capi le massime di Chittenden con le risultanze di Engler.

Possiamo affermare che la terza tesi di Wex che glorifica il bosco quale sorgente di maggiori precipitazioni è completamente errata. La quarta ha mantenuto il suo valore che aveva 50 anni or sono. Le altre due sono soltanto in parte giuste. Premesso che il problema del clima non va trattato in maniera da confondere la protezione dei boschi nell'interesse del regime delle acque, con quella problematica nell'interesse del clima stesso, passiamo al confronto prefissoci.

I. *Retenzione.* — Secondo Chittenden il bosco diviene dannoso e quindi superfluo nei periodi di piogge continue, intense e regionali, perchè il deflusso che dovrebbe in teoria essere eguale all'afflusso viene aumentato dopo saturazione del suolo per il quantitativo immagazzinato o trattenuto nel suolo boschivo, quantitativo che poi defluisce lentamente *assieme* a quanto seguita ad affluire per precipitazione! L'aumento voluto da Chittenden per opera del bosco o della sua capacità di ritenzione è teoreticamente impossibile. Basti osservare un serbatoio in cui l'acqua che affluisce raggiunge in un dato momento il massimo livello di rigurgito o il piano di sfioramento. Senza mettere in azione l'apparato di scarico defluirà da questo momento in poi *l'istesso* quantitativo che affluisce. E le indagini hanno dimostrato (vedi 6-b) che in questo riguardo hanno eguale comportamento il terreno boscato e quello libero da bosco. Anzi si è constatato che il deflusso ritarda nel terreno boscato di fronte al nudo, se la pioggia continua raggiunge a intervalli intensità maggiore.

AmMESSO che si deve evitare (se ciò sta nel nostro potere) l'entrata contemporanea delle piene in tutti i rami di un recipiente o bacino, ci si domanda perchè proprio il bosco favorisce questo fatal momento e perchè lo ritarda o elimina il terreno diboscato?

AmMESSO che di due territori di un bacino, una volta il boscato facesse ritardare la piena in maniera, che questa coincida al punto di confluenza con quella del diboscato, l'altra volta la facesse ritardare il nudo per raggiungere la coincidenza. Risulta perciò, che se a condizioni di coltura eguale per i due territori (arborea o erbacea) questa coincidenza non possa verificarsi, dovrebbe allora essere dannoso tanto il bosco, quanto il prato o terreno nudo, perchè non sono capaci nè l'uno nè l'altro di evitare che le piene di ambidue coincidano nel punto di confluenza! Dunque per raggiungere l'intento si dovrebbe nel primo caso radere il bosco dei due territori, nel secondo imbo-

schire il terreno nudo degli stessi. Quale operazione sarà più economica, lasciamo rispondere Chittenden.

Se l'industria e Chittenden rimproverano al bosco che questo inghiottisce le piccole precipitazioni senza vantaggio per essa, se la costanza nella condotta d'acqua magra dei piccoli corsi d'acqua nei periodi di siccità apparisce di nessuna importanza per l'industria, si deve osservare, che a questi piccoli corsi perenni o alle sorgenti perenni alimentate dal bosco è intimamente legata l'esistenza della agricoltura. L'industria attinge le sue forze dai bacini artificiali e non da queste misere sorgenti!

Le piene derivanti da piogge dirette e da nubifragi sono di maggior interesse per la generalità, perchè queste per lo più impetuose sono origine di danni e catastrofi per l'agricoltura, gli abitati e le comunicazioni. E per queste è constatato a sufficienza la benefica azione del bosco, inquantochè questo ha forte capacità di ritenzione (vedi 6-a) di modo che a pari intensità e quantità di precipitazione nei due territori distinti, il deflusso dal boscato importa la metà di quello dal diboscato.

II. — Nel dimojo delle nevi il bosco è pure dannoso per Chittenden, ma anche in questo riguardo l'Engler ha dimostrato l'insistenza di tale asserzione (vedi 5).

III. *Erosione.* — Che il terreno bene cespugliato eserciti la medesima e forse in casi specifici migliore benefica azione nel regime di un corso d'acqua che la fustaja, è cosa ben nota, specialmente a chi ebbe ad occuparsi di sistemazioni idraulico-forestali in terreni franosi e corrosi da acque.

Quanto si è raggiunto nella limitazione dell'erosione in montagna con gl'imboschimenti congiunti a manufatti dopo pochi anni di lavoro, lo dimostrano ad esuberanza i successi avuti finora nei diversi paesi. La necessità di aumentare la superficie agricola include il pericolo dell'erosione, e perciò vigilanza doppia è necessaria per impedire diboscamenti, ove questi dovessero essere causa di erosioni e per evitare le erosioni mediante imboscamenti di quei terreni dai quali nessun profitto trae l'agricoltura e che questa dovrebbe, se non offrire, per lo meno cedere alla silvicoltura.

La supposizione, che le devastazioni di boschi non abbiano nessuna influenza sul regime delle acque, è contrastata dai fatti, cioè dalla degenerazione avvenuta in molti corsi d'acqua di montagna è soltanto per causa dei diboscamenti.

Il bosco di qualsiasi forma rappresenta ad ogni modo un fattore importante nell'impedimento di erosioni, perchè lega e trattiene masse sciolte di terra e pietra, offre resistenza al ferimento del suolo, impedisce il rapido raccogliersi delle acque specialmente in momenti di forti precipitazioni. In omaggio a questi vantaggi e per l'importanza che il bosco assume particolarmente per le vie fluviali il 10° Congresso internazionale per la navigazione fluviale tenutosi a Milano nel 1905 votò il seguente ordine del giorno:

« 1° Emanazione di prescrizioni severe sulla conservazione dei boschi, sulla protezione delle falde di montagna e sull'imboschimento dei terreni nudi per evitare danni ai fiumi navigabili dal formarsi e dalla condotta di detriti.

« 2° Introduzione sistematica di esperimenti e misurazioni idrologiche per determinare l'influenza dei boschi sul modo di deflusso dei fiumi e larga pubblicazione dei dati relativi ».

Nel regime di grandi corsi d'acqua come il Mississippi, messo ad esempio da Chittenden, non risulta forse tanto l'importanza del bosco nell'economia delle acque, perchè forse si è al caso di compensare alcuni dei danni derivanti dal rapido raccoglimento delle acque con l'erezione di bacini artificiali. Tutt'altro apparisce il problema per la immediata vicinanza loro e per il fiume in cui si riversano di quei relativamente piccoli corsi d'acqua provenienti da bacini montani.

È indubbiamente dimostrato quale resistenza offre il bosco alla formazione di solchi di erosione sui pendii. Dal modo e dal metodo di coltura nei bacini montani derivano più volte danni sensibili ai corsi piani, per cui crediamo utile di accennare con Engler in chiusa di questo articolo ai mezzi economici e tecnico-forestali, che l'amministrazione dei boschi deve impiegare nei bacini montani, affinché detti boschi influiscano favorevolmente sul regime delle acque.

* * *

L'influenza favorevole del bosco sul regime delle acque si manifesta allorchè il suolo è uniformemente boscato e coperto dalle chiome; mèta a cui tende ogni economia razionale e che contemporaneamente ha per scopo immediato la protezione del suolo. I metodi di economia forestale che tendono all'aumento comprensivo della produzione forestale, conferiscono in uno anche al bosco quella protezione di cui abbisogna per avere l'influenza desiderata sul regime delle acque.

Dunque per corrispondere a questa esigenza il forestale non ha che da trattare il bosco secondo i criterî più sopra esposti.

Si dovrà anzitutto dare il bando al taglio raso, perchè danneggia la produzione, il suolo è fisso, di una porosità minima, offre resistenza all'infiltrazione delle acque, favorisce ed accelera il deflusso alla superficie.

Il dissodamento del bosco sarà da permettere soltanto in casi eccezionali, ove si presenta la assoluta necessità di terreni coltivabili a coltura agraria. In tutti gli altri casi è da proibirsi con leggi severe. Il suolo si trova nel miglior modo protetto da quella forma di bosco, che lo tiene riparato continuamente e uniformemente; ciò si ottiene col bosco di dirado e col bosco a tagli successivi. Con queste forme di governo il suolo mantiene quelle qualità fisiche che dalle indagini risultarono necessarie per il buon regime delle acque. Alla formazione dell'humus crudo si porrà riparo già nei primi anni di costituzione del bosco intensificando le cure dovute all'uopo.

I mezzi di trasporto formano parte integrante del trattamento e governo di una foresta; questi sono da eseguirsi in maniera che non offrano occasione di erosioni.

L'imboschimento dei bacini di torrenti pericolosi rende il suolo più permeabile e gli fa acquistare quelle qualità fisico-chimiche proprie al terreno boscato, in virtù delle quali esso risulta tanto vantaggioso per il regime delle acque, specialmente perchè impedisce l'erosione. Già boschi cespugliati, pascoli arborati e terreni con piante erbacee offrono resistenza all'erosione. L'imboschimento di terreni argillosi, d'impermeabili arenarie, risultò più efficace per il regime delle acque, che quello di permeabile pietrisco delle falde o di terreni carsici. Risulta che la conoscenza delle qualità fisiche del terreno è di somma importanza per i provvedimenti che s'intendono adottare. Engler raccomanda a tal'uopo l'impianto di carte fisico-geologiche generali, che noi vorremmo ridurre soltanto a quei bacini montani, in cui rendono necessarie opere di ricostituzione del bosco.

Trieste, giugno 1920.
