MEMORIE
DI
MATEMATICA

RIFLESSIONI SUI PRINCIPJ D'IDRAULICA

Del Sig. Bernard

MEMORIA

Del Sig. Antonio Lombardi Socio Onorario.

Ricevuta li 10 *Ottobre* 1811.

La Teoria delle Velocità dei Fluidi, che sortono dai fori dei vasi, e che scorrono per canali orizzontali, fu già impugnata dal Sig. *Gennetè*, il quale anzichè seguire la regola già stabilita di considerare esse velocità proporzionali prossimamente alle radici delle altezze, vi sostituì un'altra ipotesi fondata sopra una serie di esperienze da lui eseguite, dalle quali ne veniva di conseguenza che le velocità stesse fossero proporzionali alle altezze: l'insussistenza però di questo principio fu chiaramente dimostrata dall'illustre Sig. Cav. *Teodoro Bonati* con pubblici, e rigorosi esperimenti, che confermarono l'antica teoria già ricevuta da tutti gl'Idraulici, i quali poi furono anche vieppiù rassicurati sulla verità di questo fondamentale principio della scienza, dalle belle, ed esatte esperienze fatte con grandi apparati dall'egregio Sig. *Michelotti*.

Ma terminata così vittoriosamente questa scientifica contesa, un'altra ne insorse, non ha molti anni, allorquando il Sig. *Bernard* pubblicò li suoi *Nuovi principj d'Idraulica*, nei quali egli esaminando i fondamenti della scienza stabiliti in gran parte dagli Italiani credè di scoprirvi molti errori, ed inesattezze, e proponendo egli nuovi principj fondamentali, tentò di erigere un novello edifizio in questo nobil campo della Fisica Matematica.

L'egregio Sig. *Bonati* però, che per tanti titoli è benemerito della scienza idraulica, non volle lasciare anche questa seconda volta senza difesa l'onore degli Italiani, e nella sua Memoria inserita nel Tomo XV della Società Italiana delle Scienze, dimostrò col raziocinio congiunto a diverse ingegnose esperienze l'incoerenza del principio addottato dal Sig. *Bernard* per determinare la velocità del fluido che esce dai fori dei vasi; e confrontando le formole lasciateci da *Newton*, e da *Bernulli* con gli esperimenti da lui instituiti fece palese, che queste si allontanano assai meno di quella di *Bernard* dai risultati effettivi che si ottengono in pratica. Seguitando io benchè da lungi le traccie di questo nostro grand'Uomo, intraprenderò in questa Memoria l'esame di alcuni altri nuovi principj che trovansi sparsi nell'Opera stessa risguardanti specialmente la teoria del corso dei Fiumi.

Non mi è ignoto in quanta oscurità sia involta questa materia, di quante spine siano cinte le questioni Idrauliche, e quale sia la moltiplicità degli elementi, che entrano a modificare, ed a variare nella pratica le teorie che s'insegnano, motivo per cui non ben si accordano fra loro in molti punti li più esimii Scrittori, che finora batterono quest'ardua carriera.

Ciò nullameno io ardisco di accingermi ad esaminare alcuni fra i punti principali della nuova teoria del Sig. *Bernard* sì perchè troppo interessa il tener saldi i fondamenti di una scienza così utile anzi necessaria, sì perchè l'onore degli Scrittori Idraulici Italiani potrebbe ricevere qualche discapi-

to, se le massime fondamentali da essi con tanti studj, e con tante osservazioni stabilite dovessero soffrire riforma.

Che se la mia tenuità non permetterà, che questo scritto corrisponda alla sublimità dell'argomento, mi lusingo almeno che i Professori della Scienza gradiranno il mio zelo, ed impegno per una così giusta causa, e per un così interessante oggetto.

§. 1. Semplicissimo è il metodo che ci presenta il Sig. *Bernard* per misurare la pressione dei fluidi in moto, qualora la superficie di essi sia parallela al fondo, e la quantità che attraversa ciascuna sezione sia costante; poichè egli la uguaglia a quella dei fluidi in quiete, giacchè la forza che produce la velocità orizzontale nulla influisce sulla pressione. Ora io così ragiono. Questa forza qualunque essa siasi, agirà in linea orizzontale, mentre la gravità agisce in linea verticale. Se si consideri una particella di fluido animata da queste due forze che agiscono in direzioni ad angolo retto fra loro, vorrem noi dire che gli effetti dell'una, non turberanno punto quelli dell'altra? Questa particella premerà essa ugualmente il fondo, e quando è animata dalla sola forza di pressione, e qualora debba ubbidire a questa insieme, ed a quello che gli impresse il moto orizzontale? Io non mel so persuadere. Gli effetti che osservo sui corpi solidi (se pure è lecito in questo caso il paragone) mi dicono apertamente che no: un Cocchio che rapido scorra, lascia dietro sè orme assai meno profonde di un altro che lentamente si muova. La supposizione dell'Autore cioè che la superficie del fluido resti parallela al fondo, che forse potrebbe favorire la sua teoria, è distrutta dalle osservazioni. Ma le ragioni metafisiche debbono cedere il luogo alla guida principale in queste ricerche, voglio dire alla sperienza. Se il nostro Autore avesse consultato le sperienze dell'egregio Sig. Cav. *Gio: Battista Venturi* sul movimento laterale dei fluidi, avrebbe osservato che queste possono difficilmente convenire con la sua teoria. Il Fenomeno maraviglioso osservato, e spiegato da

questo esperimentatore, del succhiamento del fluido prodotto dal moto laterale d'altr'acqua che si muove per un canale, credo che basti a dimostrare essere la pressione dei fluidi in moto diversa da quella dei fluidi in quiete.

§. 2. Calcolando la quantità d'acqua che sorte dalla estrema bocca di un canale orizzontale secondo i principj del Sig. *Bernard* trovasi esser questa la metà di quella che ottiensi impiegando i metodi già prima noti. Io qui non mi arresterò a ricercare se sia da attendersi o nò questo risultato, perchè dipendente affatto dalla teoria delle velocità già esaminata dall'egregio Sig. *Bonati* nella Memoria da lui ultimamente pubblicata, e da me citata; e mi limiterò a presentare alcune riflessioni sulle obbiezioni fatte alla teoria dell' illustre *Guglielmini* (1) dal nostro Autore. La velocità, dice egli, assegnata da *Guglielmini* all'acqua che scorre per un canale orizzontale è maggiore di quella che ha in realtà (2). Imperocchè, si adatti all'estremità di questo un altro canale della stessa larghezza del primo, inclinato per modo che l'acqua conservi in esso la velocità media che può produrre la caduta. Si osserverà allora che il fluido avrà in questo nuovo canale un'altezza minore di quella che aveva nel canale orizzontale dove ha luogo la caduta; dunque la velocità media alla caduta è maggiore della velocità media nel canale superiore, poichè queste due velocità sono in ragione inversa dell'altezza viva del fluido nei due canali. Distingue-

(1) L'idea che ci dà il Sig. *Bernard* del sapere di *Guglielmini* nel discorso storico (p. 10) disonorerebbe assai la sua memoria se questo celebre Italiano non fosse già in possesso di una stabile gloria. Le espressioni del Sig. *Bernard* sono le seguenti. *Nato con uno spirito vasto* (Guglielmini) *non gli mancarono che i veri principj delle materie che trattò; egli se ne immaginò all'esempio de' suoi contemporanei, e subì come essi l'influenza del suo secolo.*

Gli elogi però profusi (con non molta ragione secondo *Bernard*) a questo Scrittore Italiano dai sommi Uomini d'*Alembert*, *Bossut*, *Fontenelle*, e *Montucla* sono a mio giudizio un testimonio così chiaro della sua profondità nella Scienza Idraulica, che spero non potrà essere per un solo istante bilanciato in contrario dal suddetto giudizio del Sig. *Bernard*, il quale io rispetto sommamente, ma non credo, che pretenda di essere messo a livello dei sunnominati celebri Matematici.

(2) *Bernard* p. 97.

remo i casi, e vedremo di togliere così il dubbio del Signor *Bernard*.

Il movimento di un fluido sopra un fondo orizzontale è ben diverso da quello sopra un fondo inclinato. La pressione è la sola causa producitrice della velocità nel primo caso, quando però il fluido non abbia preconcepito velocità alcuna per la caduta; ma nel secondo l'acqua si accelera continuamente, e quindi deve ribassare il proprio pelo per la legge scoperta dal celebre Abbate *Castelli*. Ora il fluido giunto alla estremità del canale orizzontale si abbassa alcun poco di pelo, la sua superficie si dispone in un piano inclinato, e questa inclinazione di pelo si estende per qualche tratto su per l'alveo orizzontale. Questo effetto è cagionato da ciò: le particelle estreme, e le più basse del fluido non essendo più premute da altre particelle, nè essendo più sostenute dal fondo, precipitano, e seco si strascinano le superiori. La velocità deve adunque in quell'attimo crescere qualche poco, e perciò l'altezza deve diminuire nel canale che si applica, semprecchè scorra per questo tanto fluido appunto, quanto ne somministra il canale superiore. L'inganno del Signor *Bernard* consiste a mio parere nel trasportare la teoria dei canali orizzontali a quella dei canali inclinati, e nel credere, che *Guglielmini* abbia inteso essere la velocità all'estremo del canale orizzontale precisamente uguale a quella del fluido nelle parti superiori dello stesso canale (1). Questa diversità però non rende in conto alcuno

(1) Alla pag. 16 del Discorso Storico l'Autor francese vorrebbe distruggere la conseguenza di *Guglielmini*, che quando la velocità dipenda dalla sola altezza viva essa crescerà al crescere dell'altezza perchè dic'egli tal conseguenza è contraria all'altro inconcusso principio, che le velocità sono reciproche alle Sezioni. Chi vorrà però riflettere alla condizione che richiede *Guglielmini*, cioè che il canale sia orizzontale ed abbia una larghezza costante, converrà che *Bernard* ha questa volta applicato inopportunamente il suddetto principio, perchè nelle circostanze dell'Autore Bolognese, o non si devono paragonare insieme le Sezioni di un medesimo canale orizzontale, ma quelle di due differenti canali orizzontali di uguale larghezza, e nei quali l'acqua abbia diverse altezze vive; oppure, se si vuol considerare lo stesso canale, conviene intendere che vi siano introdotte diverse quantità d'acqua, che facciano variare l'altezza.

difettoso l'ingegnosissimo metodo prescritto dal nostro celebre Italiano per misurare la quantità d'acqua che sbocca da un canale orizzontale. Egli suppone è vero, che la velocità allo sbocco sia precisamente quella dovuta a tutta l'altezza viva superiore, e quindi qualche poco minore dell'attuale, ma egli ottiene un corrispondente compenso nella maggiore altezza della sezione che introduce nel calcolo. E tanto è ciò vero, che egli propone (1) per unico metodo da usarsi per misurare la quantità d'acqua anche nei grandi fiumi, il suo regolatore, in cui come a tutti è noto, non s'impiega nel calcolo la velocità dell'ultima sezione libera, ma bensì quella media, che compete all'altezza del fluido reso stagnante. Chi bramasse d'impiegarvi l'attuale velocità media dell'acqua, dovrebbe poi impiegare anche l'altezza precisa della sezione allo sbocco, cioè quell'altezza che resterebbe determinata dal velo inclinato dell'acqua alla caduta senza regolatore. Ma *Guglielmini* vide quante, e quali difficoltà sarebbonsi incontrate volendo misurare la velocità media della sezione allo sbocco, che dipende da più elementi; e perciò vi sostituì la velocità superiore modificando poi opportunamente l'altezza.

§. 3. L'altra obbiezione che ci presenta il Sig. *Bernard* alla esposta teoria di *Guglielmini* è la seguente.

Pongasi colla immaginazione (2) nel luogo di una sezione verticale di fluido una parete di uguali dimensioni a quelle del canale orizzontale, e che abbia precisamente la stessa velocità dell'acqua, questa sarà premuta ugualmente da ambedue le parti, perchè l'altezza del fluido sarà la stessa tanto a destra, che a sinistra, essendo il fluido orizzontale, e premendo ugualmente per tutti i versi. Si supponga ora che sia praticato in qualunque luogo di questa parete un foro:

---

(1) Misura delle acque correnti T.° I° della Racc. di Parma p. 339, 342.
(2) *Bernard* p. 99 N.° 187.

l'acqua trattenuta dalle pressioni uguali non sortirà. Fin qui l'Autore, il quale io prego a riflettere che questa immaginaria parete, si potrà nella sua ipotesi considerare come un sottil velo di fluido, il quale si muova entro lo stesso fluido con la stessa precisa sua velocità. Ora, e come potrà mai sortire il fluido da un foro in questa parete fatto, se questa sfugge davanti a lui con la stessa velocità con cui esso la insegue? Parmi che questo caso sia appunto quello di due corpi li quali partendo dallo stesso punto si muovano sempre con uguali velocità, dei quali non si avvererà giammai che l'un d'essi avanzi in cammino l'altro che si muove al suo fianco. Ma io osservo inoltre, che l'ipotesi del nostro Autore poggia sulla supposizione del §. 152, cioè, che la pressione dell'acqua in moto uguagli quella dell'acqua in quiete, e che la superficie di essa, quando si muove, sia perfettamente orizzontale. Abbiamo già superiormente osservato, che la prima supposizione non sembra molto fondata, e non credo che si possa così facilmente convenir seco nella seconda (1). L'esperienza ci dimostra che l'acqua al sortire da un canale orizzontale si abbassa in altezza, e questo sbassamento deve per l'aderenza che hanno fra loro le parti del fluido, e per la somma sua mobilità comunicarsi alle sezioni superiori dell'alveo, estendendosi insensibilmente all'insù, e diminuendosi a poco a poco; quindi la pressione che si esercità sulla immaginata parete non può dirsi rigorosamente uguale da ambe le parti. Chiunque conosce la natura dei fluidi non potrà a meno di non convenir meco, che una minima differenza di pressione che si ammetta nel fluido anteriore, e posteriore a questa parete, basta per produrne la contrastata inclinazione (2).

---

(1) Le esperienze di *Bossut* sui canali orizzontali T.° II° p. 251 dimostrano ad evidenza che la superficie di un fluido che si muove in un canale orizzontale, è inclinata verso lo sbocco. L'altro fenomeno poi che osservasi di un luogo cioè del canale, in cui l'acqua è più alta, che in qualunque altro, dipende dalle resistenze di cui non è qui luogo di parlare.

(2) Molte sono le critiche date dall' Autore agli Scrittori Italiani Idraulici,

§. 4. Passiamo ora a confrontare i risultati delle sperienze eseguite dall'egregio Sig. *De Buat*, per misurare la quantità d'acqua che sorte da un canale orizzontale e riportate da *Bernard* (1) con quelli dati dalla teoria di *Guglielmini*, onde veder così a qual partito sia meglio l'attenersi in mezzo a tante dubbiezze, ed oscurità. La maggior differenza, che osservo fra le quantità dedotte dalle sperienze del Sig. *Di Buat*, e quelle dedotte dalla teoria del chiarissimo Bolognese si è di 60 in più, e la minima è di 8 pure in più, impiegando la correzione di $\frac{1}{3}$ per la contrazione della vena e non quella di $\frac{5}{8}$, e ciò per considerare il caso più sfavorevole. Se si divida l'errore massimo di 60 per la quantità dedotto dalla sperienza cioè 3110 avremo $\frac{1}{52}$ circa, ossia 0,192 che ci esprimerà l'eccesso massimo della quantità teorica di *Guglielmini* sulla sperienza di *Buat;* ed $\frac{1}{54}$ ossia 0,185 è il difetto che si trova dividendo 8 per la quantità 432 dell'altra corrispondente sperienza, dal che dedur si potrebbe tutto al più, che invece di adoperar la correzione di $\frac{1}{3}$ usar si debba quella di $\frac{37}{78}$ (2) ossia 0,346. Si confrontino ora le esperienze medesime con le quantità teoriche di *Guglielmini*, e con quelle date da *Bernard* che ne sono la metà. Le successive differenze in più fra le quantità dedotte secondo la teoria Guglielminiana, e le quattro corrispondenti esperienze sono come i numeri 1188, 568, 364, 164; quelle dedotte secon-

le quali però cadono da sè qualora si dimostri la poco sussistenza de' nuovi principj; non posso però ommettere qui la difesa dell'illustre *Torricelli* che da *Bernard* (Discorso preliminare pag. 7) viene accusato di aver scoperta così a tentone la legge delle velocità dell'acqua che sorte da un serbatojo per orifizj piccoli usando della esperienza senza darne la dimostrazione. Se l'Autore si fosse dato il pensiere di scorrere le opere *Geometriche di questo chiaro* Italiano, vi avrebbe incontrata alla pag. 196 (Edizione di Firenze in 4.° 1644) la dimostrazione, che desiderava fondata appunto su i principj dell'incomparabile *Galileo* da lui rammentati nel citato luogo del suo discorso.

(1) Pag. 119.

(2) Questa frazione $\frac{37}{78}$ è dedotta nel modo seguente. La quantità teorica di *Guglielmini* è 660: per ridurla a 432, quantità avuta dalla sperienza, conviene detrarre 228, che è all'incirca $\frac{37}{78}$ del totale 660.

secondo la teoria di *Bernard*, sono in corrispondenza, ma in meno, come i numeri 1350, 947, 374, 57. Da questo semplice confronto rilevasi che gli errori in più nella teoria di *Guglielmini* sono minori di quello siano gli errori in meno nell'altra. Chiunque è versato in questa scienza giudicherà ora, se, prescindendo anche da quanto io ho fatto osservare negli antecedenti paragrafi, debba, o no preferirsi il metodo ordinario per calcolare la quantità del fluido nel caso concreto alla nuova regola che incontrasi nell'operà che andiamo esaminando.

Non isfuggirono queste riflessioni al Sig. *Bernard*, il quale vide che li suoi risultati teorici differivano fino ad $\frac{1}{3}$ dalla sperienza, ma attribuì questo errore alla mancanza delle condizioni da lui richieste nei vasi usati nelle sperienze per verificare la sua teoria, e convenne, che applicando li suoi principj (1) non si otterrà che una porzione di tutta la quantità d'acqua, che sorte dall'emissario di un canale, cioè di quella, che secondo lui cade liberamente; ma quando saremo al caso pratico, qual norma dovremo seguire per sapere quanta sia l'altra parte del fluido che sgorga? I nostri Italiani ci somministrarono dati più certi per avere in questi calcoli quella approssimazione a cui solo può pretendersi in tali materie. Il chiariss. esperimentatore Sig. *Michelotti* ci istruisce che l'error massimo fra la teoria di *Guglielmini*, e le sue delicate, ed esatte esperienze fu di pollici cubi 16 in un corpo di acqua di pollici cubi 1414 (2) cioè di $\frac{1}{88}$ del totale, e determinò in conseguenza di esse il rapporto da usarsi in questi calcoli onde evitare ancora un tale difetto specialmente nelle altezze maggiori di un piede. Il minimo errore poi fu di piedi 8 $\frac{1}{2}$ in piedi cubi 1473 $\frac{1}{2}$ cioè di $\frac{1}{173}$ circa

(1) pag. 115, N.° 217.
(2) *Michelotti* Sperimenti Idraulici, Tom. I, pag. 185 e segg.

del totale. Posta questa corrispondenza fra la teoria di *Guglielmini*, e le sperienze dell'egregio Sig. *Michelotti* che le eseguì con grandi apparati, e con tutta la possibile esattezza parmi a dir vero, che si possa conchiudere che l'ordinario metodo di determinare la quantità d'acqua sia più sicuro, o almeno assai più prossimo al vero di quello sia la nuova teoria che viene proposta.

§. 5. L'immortale *Galileo* aveva insegnato che *la Velocità delle Acque in un Canale dipende dalla pressione delle Acque superiori* (1). Non piacque al Sig. *Bernard* questa teoria, e tacciò d'immaginaria quest'asserzione di *Galileo*. Se alla estremità di un canale inclinato si applichi un serbatojo d'acqua orizzontale, il fluido, che trovasi nell'ultima sezione dice *Bernard* non franerà più perchè la causa di questo effetto, sarà distrutta dall'opposizione del fluido orizzontale (2). Quando egli così ragionò, convien dire che dimenticasse il noto principio fondato sulle costanti osservazioni fatte da tutti gl'Idraulici che l'acqua influente si spiana tutta sotto il pelo del recipiente. Questa osservazione porta necessariamente a concludere, che nel caso da lui supposto, il franamento dell'acqua non sarà così sensibile è vero, e si estenderà a minor distanza, ma però sussisterà, e sarà tanto più sensibile, quanto sarà maggiore l'inclinazione del letto, e quindi la velocità dell'acqua all'estremità del canale; perchè questa avrà maggior forza per spingere oltre, e penetrare l'acqua del serbatojo orizzontale. Che se l'Autore avesse attentamente esaminato il passo di *Galileo*, in cui cioè stabilisce il nominato principio, gli avrebbe certamente resa quella giustizia che merita un sì grand'Uomo. *Galileo* non parla di un canale immaginario, in cui si supponga scorrere sempre la stessa quantità d'acqua, ma bensì di un fiume per cui muovendosi l'acqua, si aumenti rapidamente il suo volume al

(1) *Galileo* opere. Padova 1744, Tom. III., pag. 365, lin. 12.

(2) *Bernard* Nouveaux principes d'Hydraulique pag. 69, N.° 130.

sopravvenire di una piena. Avendo egli più superiormente dimostrato con il raziocinio, e con la sperienza del fiume Arno, che l'accelerazione delle acque in tempo di piena, è prodotta in massima parte dall'aumento celere del volume d'acqua, e non dalla inclinazione dell'alveo: ed in forza delle resistenze di esso, e delle sponde scorrendo le acque ordinarie con una velocità assai minore di quella che dovrebbero avere dipendentemente dalla inclinazione dell'alveo, succede, che arrivando le acque in piena animate da una velocità maggiore di quella delle acque ordinarie, e in gran volume, piombano dirò così su queste, e le spingono avanti accrescendo così la loro velocità.

Non sembrami poi in parte alcuna fondato il paragone, che istituisce il Sig. *Bernard* (1) del principio di *Galileo* alla opinione di alcuni, i quali sono di sentimento, che nelle piene grandi, e rapide le acque comprimano l'aria al segno, che essa acquisti forza bastante a sollevare i sassi, e farli rotolare colla massima rapidità. Chiunque leggerà attentamente il citato passo di *Galileo*, dovrà sicuramente convenir meco, esser ben difficile il poter paragonare il principio di questo alla stravagante idea della compressione dell'aria di cui egli non fa pur cenno, e si vedrà che egli non attribuisce il movimento delle acque inferiori alla pressione di quelle che sono più vicine alla loro origine, come asserisce *Bernard*, ma bensì alla maggior copia delle acque superiori prementi, e spingenti. Io non ardirò di sostenere che questo effetto si estenda ad una grande distanza nell'alveo inferiore, e nemmeno *Galileo* lo dice: bastami l'aver dimostrato, che non può dirsi assolutamente immaginaria l'asserzione di questo insigne Filosofo il quale appunto per la sublimità de' suoi talenti, e per la superiorità, e estensione delle sue cognizioni fu lo scopo dell'invidia de' suoi contemporanei, e

(1) pag. 147, Sez. IV, Cap. III.

che non so per quale avverso destino, non meritò poi dagli Enciclopedisti altro encomio, che quello di esser posto a livello con *Poscal*, e giudicato inferiore a *Cartesio* (1).

§. 6. L'interpretazione data dal Sig. *Bernard* a questo principio di *Galileo*, lo conduce a dedurne alcune conseguenze, le quali se potessero sostenersi come dipendenti da questa massima, oscurerebbero assai la gloria di questo nostro Italiano.

La prima conseguenza che *Bernard* ne ricava si è, che se nel letto dei fiumi le acque superiori agissero sulle inferiori, chiudendo queste, s'impedirebbe alle altre di scorrere al basso (2). Se noi immagineremo, che le sezioni del fluido siano come tanti corpi solidi isolati, come egli persuadere ci vorrebbe, allora potrà verificarsi ciò che egli dice; ma finchè ci formeremo delle idee giuste della fluidità, e semprecchè si supponga che il canale sia qualche poco pendente, ed abbia il suo pelo inclinato verso lo sbocco, come ci ammaestra l'esperienza, credo, che nessun fisico ricaverà dal principio di *Galileo* una conseguenza così singolare. Quando l'Autore Italiano ammise questa gravitazione delle acque superiori sulle inferiori, non s'intese già che le acque scorrenti all'origine di un fiume agiscono su di quelle dello sbocco, come vorrebbe interpretare *Bernard*, allorchè dice che le acque le quali scorrono per un fiume non sono nel caso di quelle, che corrono racchiuse in un tubo (3). Se il canale fosse poi perfettamente orizzontale, e si chiudesse il suo sbocco, mentre seguitasse a correre l'acqua nel suo letto, chiunque per poco versato che sia in queste materie, vedrà primieramente, che questo non è il caso preciso contemplato da *Galileo*; ed inoltre rileverà facilmente, che in simile ipotesi il pelo d'acqua allo sbocco si eleverebbe quanto richiedesse la differenza di livello delle acque fra l'emissario del canale, e la sua

(1) Enciclopedia. Discorso preliminare pag. 28, Edizione di Parigi 1751.

(2) pag. 151.

(3) Ivi.

origine, si disporrebbe in una linea orizzontale, e intanto il fluido potrebbe superare le sponde, e seguitare a muoversi.

§. 7. L'altra conseguenza che deduce il Sig. *Bernard* (1) si è che quando le acque superiori divengono più abbondanti, il moto delle altre dovrebbe crescere in una maniera uniforme; anzi se il movimento fosse tanto più considerabile, quanto la distanza alle acque affluenti fosse minore, potrebbero accader delle piene in quei punti dei fiumi nei quali dette acque non sarebbero arrivate. Per conoscere quanto fondata sia questa conseguenza, si osservi, che supposta ancora questa comunicazione così lontana di movimento come s'immagina *Bernard*, e non *Galileo*, sembrami che da ciò non si potesse dedurre altro, sennonchè le acque più lontane dall'origine del fiume, acquisterebbero del moto, e si accelererebbero, dando così luogo alle sopravvegnenti. Affinchè succeda una piena richiedesi assolutamente un aumento d'acqua in quel luogo, il che non veggo come possa aversi al solo aumentarsi della velocità cagionato dalla supposta comunicazione di movimento, anzi al crescere della velocità, deve secondo il principio del chiariss. Abbate *Castelli* decrescere l'altezza delle sezioni specialmente nei canali inclinati di fondo, quando non vi sia reale aumento di fluido.

§. 8. L'influente in un fiume più grande sarebbe capace dice per ultimo *Bernard* (2) supposto sempre il principio di *Galileo*, di muovere, e spingere avanti le acque del recipiente, che d'ordinario sono di una massa assai enorme riguardo a quello del primo: siccome *Galileo* nel proporre la tanto contrastata massima si espresse in termini generali, così non doveva contemplare un'eccezione della regola; ed a lui, che scoprì le leggi del moto era sicuramente noto, qual proporzione ricerchisi fra le velocità di due masse perchè l'urto della minore fra esse sia capace di muovere la maggiore.

---

(1) pag. 151.
(2) Ivi.

Oltre di che il regurgito delle acque del recipiente sull'alveo dell'influente è cagione che la piena di questo segua nello scaricarsi leggi ben diverse da quelle che osservansi in un gran fiume recipiente. Se il Sig. *Bernard* avesse poi più attentamente esaminato il passo di *Galileo*, non avrebbe immaginato una nuova spiegazione del fenomeno dell'acceleramento delle acque (1) osservato anche da *Buffon*, la quale poi in sostanza non è diversa da quella del nostro Italiano; giacchè anche *Bernard* suppone, che vi sia un punto nell'alveo del fiume, in cui si renda sensibile il cangiamento di velocità prodotto dalle acque della piena. Ma si termini ormai questa forse troppo lunga discussione, e passiamo ad osservare quali siano le leggi con cui secondo il Sig. *Bernard* i fiumi regolano le loro pendenze.

§. 9. Erasi fin qui creduto che la teoria di *Guglielmini* la quale c'insegna che il volume, e la rapidità delle acque hanno molta influenza nel rendere sensibilmente orizzontale il fondo di un fiume, fosse giusta, e comprovata anche dalla esperienza; tale però non è il sentimento del Sig. *Bernard*, il quale crede che le due esposte cause non siano capaci di produrre un tale effetto (2), perchè le acque giusta il suo parere si adattano al piano sul quale scorrono. Mi permetta di chiedergli soltanto, se avendosi due fiumi di assai diversa portata che scorrano per le stesse pianure, e vadano a sboccare nella stessa spiaggia di mare, siano essi dotati nei punti omologhi del loro corso di uguale pendenza. Le osservazioni, e gli esperimenti istituiti nei nostri fiumi d'Italia ci convincono, che l'inclinazione del letto di questi due fiumi sarà ben diversa. Eppure supposto vero questo nuovo principio il Pò, per esempio, il Reno, ed il Panaro aver dovrebbero verso il loro sbocco la stessa pendenza. Ma dalle reiterate osservazioni fatte in questi fiumi, sappiamo che mentre

(1) pag. 152.
(2) pag. 154, N.° 263.

il Pò ha oncie 6 all'incirca di pendenza per miglio (1), e rende poi il suo letto quasi orizzontale nei tronchi più vicini allo sbocco (2), il Reno che corre in una pianura vicina a quella del Pò, dopo l'ingresso della Samoggia ultimo suo influente ha onc. 14 di pendenza per ogni miglio (3). Così il Panaro fiume di portata pressocchè uguale a quella del Reno, nel suo ultimo tronco pende onc. 18 alle onc. 19 per miglio, e va a sboccare in Pò, che in quel luogo non avrà nemmeno le onc. 6 di pendenza per miglio (4). Parimenti il torrente Idice al punto dove voleva introdursi in Reno, ha una caduta di otto piedi Bolognesi per miglio, mentre il Reno verso il Trebbo ha una inclinazione di piedi simili tre, e mezzo, di sotto al qual punto doveva ricever l'Idice con la suddetta enorme pendenza (5). Quando il Sig. *Bernard* fissò questa sua massima che abbiamo veduto combinare assai poco con gli esempj pratici, ommise forse la considerazione importantissima della torbidezza delle acque che portano i fiumi, e l'altra, che opponendosi degli ostacoli al loro corso, quanto maggiore sarà il volume, e la rapidità della corrente, tanto più facilmente essa terrà incorporate le materie che seco trasporta, e supererà gli ostacoli che incontra per l'alveo. Io non dirò già che la situazione dei luoghi non influisca a determinare la pendenza stabile di un fiume specialmente torbido, ed è certo, che quando esso scorre fra le colline ha maggior pendenza, che quando scorre per una pianura, ma dirò bensì che commetterebbe non piccolo errore, chi volendo fissare in qual pendenza di letto si stabilirà un fiume correndo per esempio fino al mare, determinasse con gli strumenti la caduta del terreno per cui si volesse condurre il nuovo alveo, e credesse che il fiume stabilisse la sua nuova cadente in una linea paralella all'inclinazione del pia-

(1) Raccolta degli Scrittori d'acque di Parma, Tom. IV, pag. 122.
(2) V. sopra, Tom. V, pag. 81.
(3) V. sopra, Tom. V, pag. 8.
(4) V. sopra, Tom. IV, pag. 335.
(5) V. sopra, Tom. V, pag. 17.

no livellato. Nè sembrami a dir vero, che gli esempj da lui riferiti dei fiumi dell'Africa giovino a stabilire la verità del suo principio; poichè, come egli riflette (1), questi fiumi corrono in mezzo alle rupi fino al loro sbocco, e sono anche interrotti da cateratte, e quindi scorrono per alvei non suscettibili di escavazione, e formano perciò una eccezione alla regola generale. Se la Saonna avendo un corso più lungo della Durenza (2), la prima ha il suo fondo meno inclinato, ciò è conforme alla teoria dei fiumi: ognuno sa che qualora si dice, che il volume, e la rapidità influiscono a determinare la pendenza, s'intende sempre di parlare di que' luoghi nei quali l'alveo non è interrotto da ostacoli insuperabili, o da cateratte artificiali, nel qual caso non si possono considerare soggetti alle variazioni dipendenti dalle suddette due cause, che i tratti intermedj fra ostacolo, ed ostacolo. Niuno si è mai immaginato che quando un fiume passa per dei piani di assai diverso declive fra loro, esso debba mutare affatto l'inclinazione del suo fondo, e debba per esempio scorrere orizzontale in mezzo alle colline. La verità si è, che se passerà un fiume con un dato corpo d'acqua per un dato piano inclinato, il suo fondo prenderà una certa inclinazione adattata alla sua portata, ed alla qualità delle sue acque, e se per questo stesso alveo si vorrà far passare un altro fiume di portata assai diversa, e le cui acque sieno più torbide di quelle del primo, egli è certo dalla esperienza, che quel fondo cambierà la sua inclinazione, e si adatterà alla portata del nuovo fiume (3).

§. 10. L'inclinazione del letto dei fiumi, viene riconosciuta dal Sig. *Bernard* per la causa principale della loro velocità,

(1) pag. 154, Nota 1.
(2) pag. 156.
(3) Se dalla primitiva organizzazione della terra dipendesse unicamente l'inclinazione del letto dei fiumi come insegna *Bernard* alla pag. 265 si dovrebbe osservare il fenomeno del parallelismo del fondo al piano della campagna, cosa che abbiamo già osservato non sussistere in generale.

locità, al qual proposito riflette che non si verifica in natura la teoria di *Galileo* dalla quale deducesi che la velocità dovrebbe sempre aumentare (1). Non credo però che questa osservazione sfuggisse a *Galileo*, perchè egli ben sapeva, ed a tutti li Fisici è noto, che prescindendosi nella teoria della accelerazione dei gravi dalla considerazione delle resistenze, le quali nel caso concreto s'incontrano sempre, non è a stupirsi se li risultati teorici differiscono da quelli, che la pratica osservazione ci presenta. Ma nell'adottare il Signor *Bernard* questa massima si forma in conseguenza di esso delle idee particolari sulla rapidità dei fiumi: paragona egli il moto delle acque che scorrono per gli alvei inclinati a quello di enormi massi che precipitando giù dai monti rovesciano ciò che incontrano, e tanto maggiore è il loro impeto, quanto è maggiore il loro peso, e volume.

Se questo paragone può ammettersi in qualche parte, qualora si consideri il movimento di un impetuoso torrente che scorre fra balze, e dirupi, io non credo, che in generale possa istituirsi senza offendere le leggi dalla natura imposte ai corpi fluidi quando i fiumi scorrono per le pianure, quantunque inclinate. Il sasso che si rotola per lo pendìo di un monte, è un corpo solo unito, e il fluido composto di parti amovibili non potrebbe considerarsi come tale se non s'immaginasse che tutte le sue minime particelle fossero animate da una velocità infinita, il che involve l'altro principio non ben fondato, che la pressione non si alteri, quando il fluido è in moto. E qui io credo di essere in diritto di pretendere dal Sig. *Bernard* maggior moderazione verso il chiariss. *Guglielmini* il principio di cui sull'aumento di velocità prodotto dalla maggiore altezza d'acqua viene chiamato una chimera (2). Se questa teoria non si avvera con pre-

(1) pag. 161.
(2) pag. 163, Nota 1.

cisione nella pratica, non è perciò che essa sia falsa. Gli ostacoli che il fluido incontra per via ne devono certamente modificare i risultati, nè egli è a supporsi, che *Guglielmini* non conoscesse la differenza che vi è fra la teoria, e il caso concreto in questo arduo problema. Le esperienze però instituite da molti insigni Matematici, e specialmente dall'egregio Sig. *Michelotti* (1) ci istruiscono, che immergendo la palla del quadrante a diverse profondità l'angolo di deviazione cresce, il che parmi, che dimostri la verità del principio in generale, perchè se la velocità dipendesse soltanto dall'inclinazione dell'alveo, l'angolo suddetto dovrebbe rimaner costante per tutta l'altezza viva della sezione, anzi in tempo di piena dovrebbe esser maggiore in superficie di quello, che s'incontrasse a qualche profondità, perchè allora l'inclinazione del pelo è ordinariamente maggiore di quella del fondo (2). Non si limita però il Sig. *Bernard* a giudicare erronea la teoria di *Guglielmini*, in ciò che riguarda la velocità dipendente dalla pressione; ma inoltre non crede potersi dire *che in una data sezione una parte di fluido scorra con una velocità dipendente dalla inclinazione, e l'altra con una velocità dipendente dalla pressione* (3); perchè giusta il suo raziocinio *la pressione non può cessare di agire*. Ma io osservo che se avrò un canale, che abbia una data inclinazione in cui l'acqua si muova sotto una certa altezza, la pressione produrrà un certo determinato effetto qualunque poi esso sia, e l'inclinazione ne produrrà un altro pur esso determinato. Ora se io aumenterò la pendenza, restando costante la primiera altezza del fluido, crescerà il secondo effetto, perchè la causa è più potente, mentre il primo non si altererà punto. E perchè dunque non vi potrà essere un'inclinazione di

(1) Tom. I, pag. 162.

(2) L'aumento dell'angolo di deviazione al crescere dell'immersione non può certamente attribuirsi all'ostacolo del filo, perchè questo d'ordinario è assai tenue, e la sua superficie è minima in confronto di quello della palla.

(3) Discorso storico, pag. 13, N.° III.

alveo, tale, che l'effetto da essa prodotto sopra una parte di fluido superi quello prodotto su di essa dalla pressione corrispondente all'altezza? Sembrami che questo discorso provi almeno che la ragione addotta per distruggere la proposizione di *Guglielmini* non sia assai forte. Io non asserisco nè *Guglielmini* ha mai *asserito che la pressione cessi di agire:* ma dico bensì che l'effetto da essa prodotto sopra una data particola di fluido può essere superato da quello prodotto sulla medesima dal pendìo del piano, su cui essa muovesi: che se l'alveo sarà inclinato, e scabroso, non potrà forse succedere che il fluido nelle parti inferiori della sezione sia impedito a muoversi liberamente dai risalti, e dalle asprezze del fondo, e che si richieda un'altra forza per spingerlo avanti; cosicchè un canale a cagione d'esempio inceppato da erbe palustri nel suo fondo permetta al fluido un lento, e difficile scolo, mentre se, restando costante l'inclinazione del letto, crescerà il volume di esso fluido, si muoverà questo più liberamente, e supererà gli ostacoli frapposti col suo movimento?

§. 11. Ma è falso soggiunge *Bernard*, che nei fiumi i quali hanno poca pendenza (1), la velocità debba attribuirsi all'altezza viva, perchè ne seguirebbe, che essendo uguali le altezze vive, e la pendenza insensibile, le velocità dovrebbero essere uguali. Non mi sembra a dir vero erronea questa conseguenza, cioè che in parità di tutte le altre circostanze, le velocità siano uguali essendo uguali le altezze. Nè l'avere il Signor *De la Condamine* potuto misurare la profondità del fiume Maragnone alla distanza di $\frac{1}{3}$ della sua lunghezza, vale, cred'io, a distruggere l'accennato principio, sebbene *Bernard* pretenda, che ciò non si sarebbe potuto eseguire, se la velocità fosse cresciuta in ragione sudduplicata dell'altezza. È verissimo che la velocità sarebbe stata in quel punto della sezione alla profondità di braccia 28 (2) più di

(1) Discorso storico, pag. 13.
(2) In termine di Marina, un braccio è di piedi 6.

novanta piedi secondo la teoria, ma chi conosce le modificazioni grandi, a cui le resistenze dell'alveo assoggettano questo metodo, non si maraviglierà punto, se la velocità di questo gran fiume era in quel punto della sezione assai minore dei piedi 90, e permise perciò di gettare lo scandaglio. Prima però che l'illustre viaggiatore Francese eseguisse le succennate sperienze, il chiariss. Sig. *Zendrini* ne aveva istituite altre consimili per determinare la velocità nel fiume Pò a varie altezze sotto la superficie, delle quali ne riferirò qui alcune per vieppiù illustrare questo importante punto della presente teoria.

Il pendolo immerso a due piedi di profondità sotto il pelo dell'acqua (1) declinò per un angolo di 40 gradi dalla verticale, e proseguendo l'immersione fino ai 5 piedi, la declinazione ascese fino ai gradi 70, e la proporzione delle velocità fu espressa dai numeri 289, 524. Chi volesse con questi dati determinare quale profondità si ricercasse perchè la velocità 289, che corrispondeva a due piedi sotto la superficie, divenisse dodici volte maggiore, formar dovrebbe il seguente raziocinio fondato sulla supposizione che gli aumenti di velocità nelle altezze maggiori di piedi 5 seguissero la legge determinata dalle suddette due immersioni del pendolo.

L'aumento di velocità corrispondente all'aumento di piedi tre viene espresso da $\frac{524-289}{289} = 0,802$. Ora supposta 1 la velocità corrispondente a due piedi, con le solite regole di proporzione si troverà che l'altezza corrispondente ad una velocità undici volte maggiore sarà di piedi 41, 147. Dunque nel fiume Pò si richiederebbe una profondità di piedi 43, 147, perchè la velocità corrispondente a piedi due sotto la superficie divenisse dodici volte maggiore; e chi volesse determinare di quanto sarebbe cresciuta la velocità del Pò alla pro-

(1) *Zendrini*, Leggi, e Fenomeni delle acque correnti, pag. 110.

fondità di braccia 28 ossia piedi 168, se vi fosse questa profondità in Pò, troverebbe con lo stesso raziocinio che essa sarebbe espressa dal num. 43, 575, e quindi che essa sarebbe divenuta cinquantaquattro volte maggiore di quella a cinque piedi sotto la superficie. Ma la velocità in superficie, era sicuramente minore di quella a due piedi sotto di essa; ignorando noi quale realmente fosse, perchè il Sig. *Zendrini* non ce lo addita, così supponiamo che ascendendo verso il pelo d'acqua essa velocità decrescesse con la stessa regola, con cui si aumentava discendendo, e vedremo che la velocità a un piede sotto la superficie esser doveva espressa dal numero 104, 80; e partendo da questo dato, l'aumento a due piedi sarebbe espresso dalla differenza fra li numeri 289, e 104, 80, cioè da 184, 20, onde con la solita regola troveremo che la velocità a due piedi sotto la superficie si sarebbe resa dodici volte maggiore alla profondità di piedi 8, 25: le citate esperienze dunque del *Zendrini* favoriscono, anzichè opporsi alla teoria di *Guglielmini*, la quale secondo il Sig. *Bernard*, ci dà degli aumenti assai notabili di velocità al crescere delle altezze, perchè vediamo che realmente le velocità trovate, o dedotte da quelle date dalla esperienza crescevano assai rapidamente come si rende anche più manifesto al riflettere, che l'angolo di deviazione crebbe di 30 gradi coll'aumento di tre soli piedi d'immersione.

§. 12. Abbiamo già osservato, che uno de'nuovi principj del Sig. *Bernard* è che la pressione del fluido in moto uguagli quella del fluido in quiete. Ammette però anch'egli qualche eccezione a questa massima, perchè volendo spiegare il fenomeno del colmeggiamento che osservasi d'ordinario nel filone di un fiume in piena anzicchè addottare la spiegazione di *Guglielmini* (1) che forse più si converrebbe con li suoi principj, introduce una differenza nelle pressioni del

(1) *Bernard* pag. 171. *Guglielmini* Natura dei Fiumi, Cap. VII, pag. 174 dell'Edizione inserita nella Raccolta di Parma.

fluido, talchè quelle fra le sue parti, che corrono più veloci, premono meno, che le altre. Ciò nulla ostante egli ha voluto impugnare la spiegazione di questo fenomeno che il chiariss. Sig. *Du Buat* ci ha dato. Attribuisce questi l'effetto della curvatura della superficie di una corrente alla disuguaglianza delle pressioni fra le colonne del fluido di mezzo, e quelle che accostansi alle rive, fissando principio, che la pressione laterale di una colonna fluida in quiete è minore di quella che essa esercita, allorchè si muove, quant'è la pressione, che compete alla propria velocità. Per dimostrare la fallacia di questa ingegnosa spiegazione il Signor *Bernard* dimentica quanto già ci insegnò nella pagina antecedente sulla disuguaglianza delle pressioni, e confonde la pressione dalle colonne fluide esercitata sul piano dell'alveo con la pressione laterale delle medesime. Accordandogli anche per un momento che una superficie risenta lo stesso sforzo da una colonna di fluido in quiete che su di essa poggi, e da un'altra che pur la preme movendosi, come può egli inferirne che la pressione laterale sarà pure la stessa in amendue le ipotesi? Chi volesse argomentare in questo caso per analogìa, credo che s'ingannerebbe a partito. *Ma l'idea di equilibrio fra colonne disuguali situate sullo stesso livello è opposta ai principj della meccanica*, soggiunge *Bernard*. Si farebbe un gran torto al Sig. *Du Buat* se si credesse, che egli obbliando i primi elementi di Fisica persuader ci volesse un assurdo così manifesto. Una sola riflessione però basterà a dimostrare quale dei due Autori sia in errore. E vaglia il vero: quando un sistema è in quiete, allora ripugna alla verità il principio del Sig. *Du Buat*; ma questo non è il caso da lui contemplato; egli suppone il fluido in moto; e qual cosa avvi più manifesta di questa, che possa darsi equilibrio in un sistema di corpi, quando le loro velocità sono bensì disuguali ma contemperate in modo che li momenti si bilancino intorno ad un asse comune, per il che appunto richiedesi, che le pressioni corrispondenti alle colonne più alte siano minori perchè animate da maggiore velocità?

§. 13. L'osservazione, e l'esperienza aveva insegnato agli Scrittori d'Idraulica che i galleggianti gittati in una corrente in piena si uniscono nel filone, o spirito del fiume (1) ma ben diverso è il risultato delle osservazioni di *Bernard* (2). I galleggianti anzicchè stare uniti al filone sono gettati a riva, e vengono come da esso respinti, perchè il fluido in quel luogo avendo maggiore altezza, ha un movimento verso le rive, e componendosi questo con quello di progressione a seconda dell'alveo, egli si immagina che i galleggianti muover si debbano per la risultante. Questa spiegazione sembra a dir vero soddisfacente, ed è molto ingegnosa, ma io sento qualche difficoltà ad ammetterla, qualora rifletto che la velocità del filone dev'essere assai maggiore di quella prodotta dalla differenza di altezze nelle colonne fluide, differenza a cui secondo ciò che egli dice nella cit. pag. 171 corrisponde una minor pressione, e quindi è poco atta a produrre questo movimento del fluido verso le rive, e manca perciò un lato dell'ideato parallelogrammo. Molto più poi cresce in me la dubbiezza, sapendo per l'esperienza costante dei nostri fiumi d'Italia, che i galleggianti vengono come rapiti dal filone, ed anzi gl'Idraulici prevalgonsi sovente di questa osservazione per determinare il luogo dello *spirito* della corrente. Io non credo che i fiumi osservati dal Sig. *Bernard* siano d'indole tanto diversa dai nostri, e mi nasce piuttosto il sospetto che egli abbia osservato i galleggianti portarsi a riva non nello stato dell'aumento della piena, ma bensì nel suo decrescimento, effetto prodotto dal diminuirsi appunto la velocità del filone in quelle circostanze. Inoltre se li galleggianti si dirigessero alle rive in tempo di piena, io dico che allora osservare non si dovrebbe il colmeggiare del fluido, poichè se la forza della corrente non fosse capace di sostenerli in quella direzione,

(1) *Guglielmini*, Opera citata, Cap. VII, pag. 174.
(2) pag. 173.

ed a quella altezza, potrebbe poi molto meno reggere le parti del fluido che sono specificamente più gravi dei corpicciuoli, che seco strascina; perciò insensibile, a non dir nullo, esser dovrebbe il gonfiamento della superficie del fluido dove più rapido scorre, il che non si osserva. Nè a provare il movimento verso le sponde del fluido che cade dirò così dalla sommità del filone, e quindi dei galleggianti, credo che valga l'esempio recato dall'Autore (1) delle onde che vanno a percuotere le rive a guisa dei flutti marini anche in tempo, che l'atmosfera è tranquilla. La cagione principale di questo movimento così fatale alle sponde deve a mio credere ripetersi dalla velocità prodotta dalla inclinazione e varia direzione della superficie della corrente anzicchè da questo lateral movimento che non può essere se non assai lento in proporzione di quello del filone del fiume (2).

L'ardua questione del modo, con cui i fiumi stabiliscono il loro letto, che fu come è noto tanto ben maneggiata dall'illustre *Guglielmini*, somministra al Sig. *Bernard* nuova materia di osservazioni, e di critica contro questo Scrittore. Nell'esporne però che egli fa il risultato in succinto commette alcuni errori di fatto che il solo amor del vero mi obbliga di rilevare.

Guglielmini fu di parere, che le ghiaje col soffregarsi assieme si rotondino, e s'impiccioliscano, ma non s'ingannò giammai nel credere questa operazione, e questo degradamento *troppo rapido*, come dice *Bernard* pag. 191. Leggasi con attenzione quanto scrisse in proposito l'illustre Bolognese (3).

Essendo, così egli ragiona, *nel fiume una forza determinata, che cagiona una determinata velocità nel moto de' sassi, ed essendo, che questi hanno una grandezza, e durezza limi-*

(1) pag. 174.

(2) Su questo movimento trasversale delle Correnti, si consulti la Memoria dell'egregio Sig. Cav. Senatore *Simone Stratico*, inserita nel Tomo II, Par. II, Classe Fisica-Matematica degli Atti dell'Istituto Nazionale Italiano, pag. 261.

(3) *Guglielmini* Nat. de' Fiumi, Cap. V, pag. 100 del Tom. II delle Raccolte di Parma.

limitata che ordinariamente non oltrepassano (potendo però avere l'una, e l'altra minore), ne siegue che la velocità del moto impresso dall'acqua ne' sassi, dovrà richiedere un tempo determinato, che sia proporzionato alla durezza, grandezza ec. de' sassi medesimi per intieramente stritolarli, e perciò altresì dovrà essere determinata la lunghezza dello spazio necessario per l'effetto medesimo, come che questa è figlia della velocità, e del tempo. Sembrami a dir vero che *Guglielmini* nel sistema da lui adottato si ritenga entro que' limiti che una teoria generale richiede, e non posso comprendere come dica *Bernard*, che quegli ha fatto troppo rapidamente decrescere la grandezza dei sassi nei fiumi; ma ciò non basta: egli suppone inoltre, che *Guglielmini* desuma la forza di stritolare le ghiaje dalla velocità prodotta dall'altezza dell'acqua accresciuta col crescere il corpo del fluido stesso nei fiumi. Io però rifletto che l'Autor Bolognese (1) profondo conoscitore, quale egli era di queste materie, non s'impegna direttamente nella ricerca donde provenga nell'acqua di un fiume questa forza di portare avanti, e di stritolare le ghiaje, ma si limita soltanto ad esaminare gli effetti da questa forza qualunque essa siasi. *Le parole d'impeto dell'acqua, di spirito* che egli usa nello spiegare questo fenomeno, ci fanno però travedere, che egli dipender faceva questa forza dalla velocità generata non già dall'altezza viva dell'acqua, ma bensì dall'inclinazione dell'alveo, il che poi si rende più chiaro, se pongasi mente a quanto dice sulla fine della citata proposizione del Cap. V. *Sminuendosi . . . . continuamente la mole de' sassi, e rendendosi con ciò l'alveo meno declive, ne siegue che un sasso il quale sotto una mole maggiore contrastando colla forza dell'acqua potrà sostenersi in un alveo più declive, ridotto poscia ad una mole minore cede all'impeto*

(1) Cap. V suddetto.

della medesima lasciandosi spingere all'ingiù fino a ritrovare quella declività, che resti proporzionata alla diminuzione della di lui mole. Se *Guglielmini* avesse pensato, che la forza per spingere avanti il sasso fosse dovuta alla velocità prodotta dall'altezza viva, siccome i fiumi crescono ordinariamente in altezza quanto più si scostano dalla origine loro, perchè ricevono il tributo degli influenti, non avrebbe certo asserito così assolutamente, che il sasso si ferma ove trova un declive proporzionale alla diminuzione della sua mole, ma avrebbe fatto riflettere che cresce bensì la resistenza del sasso, quanto più il piano è meno declive, ma cresce anche l'impeto dell'acqua per spingerlo avanti crescendo il volume di essa nel fiume, il che egli non asserì, appunto perchè riteneva che la sola forza di pressione del fluido non fosse sufficiente, generalmente parlando, a smuovere i sassi di un alveo. Inoltre se egli avesse ammesso ciò che s'immagina il Sig. *Bernard*, non avrebbe nella stessa pagina 100 fatto osservare come cosa straordinaria, che alcuni fiumi portano le loro ghiaje fin dentro il mare, giacchè se la forza suddetta di pressione fosse quella che principalmente producesse il movimento nei sassi, dedur si può facilmente da quanto abbiamo detto più sopra, che il caso più ordinario a succedere, quello sarebbe che le ghiaje fossero trasportate al Mare, mentre ognuno sa che avviene più sovente il contrario.

§. 14. Esposta così, e rischiarata per quanto ho potuto la teoria di *Guglielmini*, da *Bernard* interpretata in nuova foggia, esaminiamo le opposizioni, che egli contro di essa propone. La prima che io incontro, leggesi nel Discorso storico-critico (1). L'equilibrio tra la forza della corrente, e la resistenza del fondo, sono sue parole, è un effetto immaginario, perchè le acque non trasportano le ghiaje in proporzione della loro rapidità, e le abbandonano per l'ordinario,

(1) pag. 22.

quando son giunte ad avere la loro massima velocità; quindi pretende di cogliere in errore *Guglielmini*, allorchè insegnò, che l'acqua avrebbe agito ugualmente in tutta l'estensione del letto, quando la velocità fosse sempre la medesima. Se questa asserzione del Sig. *Bernard* sostenuta venisse da varj esempj di fiumi, nel fondo de' quali non si riscontrasse maggior copia di ghiaje, e più voluminose, qualora essi sono più rapidi, allora potrebbe meritar eccezione il discorso di *Guglielmini*. Ma l'osservazione costante, e generale di tutti li fiumi ci istruisce che le ghiaje ritrovansi più grosse, e più spesse appunto nei tronchi dei loro alvei più alti, e perciò più inclinati; e che se la loro velocità in que' luoghi non è massima, considerandola dipendente dall'altezza viva, lo è però assolutamente, perchè allora è generata dalla pendenza del letto; quindi non reggendo l'osservazione di *Bernard*, il principio di *Guglielmini* sull'equilibrio delle suddette forze non resta da queste prove abbattuto. Ma a dimostrarne vieppiù chiaramente il fondamento, valga il seguente raziocinio. Se non vi fosse un limite, oltre il quale la forza della corrente non potesse più corrodere, e spianare il fondo, egli è certo che seguitando essa ad asportarne le parti, ne diminuirebbe l'inclinazione al segno di renderlo orizzontale, e quindi agendo sempre, non potrebbe che renderlo declive in senso contrario, e lo stesso discorso applicasi inversamente al caso in cui il fondo si alzi. Ora chiunque conosca l'indole de' fiumi, scorgerà facilmente da quanto abbiamo detto, a quali assurdità condurrebbe questa supposizione, che cioè non si dasse equilibrio tra la forza della corrente, e la resistenza del fondo. Se il Sig. *Bernard* perciò vorrà esaminare quanto sia giusta, e fondata la proposizione di *Guglielmini* presa in generale, spero che non taccierà più come false altre due proposizioni dell'Autore Bolognese, che da quella discendono come spontanei corollarj. La prima si è, che quanto maggiore è la forza dell'acqua, tanto minore è la pendenza del fondo, e ciò avverasi nel caso concreto della natura; osser-

vandosi d'ordinario, che li fiumi di maggior portata sono meno declivi di fondo a fronte di quelli che scorrendo per le medesime pianure sono più poveri d'acque. Nè a provare la falsità di questa proposizione vale il dire (1) che due fiumi inegualmente veloci possono avere uguale pendenza. Può, è vero, accadere questo fenomeno, ma la diversità della pendenza non dipende soltanto dalla velocità, bensì inoltre dalla qualità delle torbide del fiume, e dalla varia durezza, e tenacità delle parti costitutive del suo letto, onde la proposizione di *Bernard* così isolata non mi sembra capace di provare l'erroneità della prima; perchè converrebbe dimostrare, che due fiumi in parità di tutte le altre circostanze, avendo disuguale pendenza corrano con la medesima velocità.

La seconda proposizione di *Guglielmini*, che *Bernard* non approva, si è, che se la velocità dell'acqua basti da per sè sola a corrodere il fondo, ed a trasportarne via le parti, il letto non conserverà pendenza alcuna. Io veggo bene, che difficil cosa sarà, che si avveri pienamente in qualche fiume questa proposizione; ma parmi, che ammettendola nella teoria negar non si possa l'accennata proposizione, poichè quale ostacolo potrà in questo caso opporsi al fluido animato da questa velocità, affinchè esso non escavi il letto del fiume fino all'orizzontale? nessuno certamente: dunque continuando essa ad agire dovrà produrre il descritto effetto. Ma un altro assurdo pretende di rilevare *Bernard* nell'ammettere il principio, che quanto più la forza di un fiume sarà grande, tanto minore sarà la sua pendenza. Nel letto, dic'egli, dello stesso fiume decresce tanto più la velocità, quanto più decresce la pendenza, il che accader non dovrebbe, se crescendo la forza del fiume, il fondo vieppiù si escavasse. Se noi intenderemo a dovere la proposizione di *Guglielmini*, spero, che svanirà qualunque contraddizione. Si avverta che

(1) Disc. stor., pag. 22.

l'Autore Italiano considera il caso di un fiume che debba stabilire il proprio letto sopra una data linea e non già quello di un fiume, che scorra sopra un fondo già stabilito. Se vi saranno adunque due fiumi di diversa portata d'acqua che scorrano sopra fondi incerti, dirò così, e dotati di uguali pendenze, quello in cui scorre maggior quantità d'acqua in parità delle altre circostanze, dopo un certo tratto di tempo si troverà avere il fondo meno declive dell'altro, e intanto la velocità in questo sarà minore, se dipenderà dalla pendenza, sarà poi maggiore se la causa, che la produrrà, sarà l'altezza viva del fluido.

Una opposizione però più grave produce il Sig. *Bernard* contro il sistema di *Guglielmini*, ed è la seguente. Egli non ammette generalmente parlando, che le arene siano formate da sassi stritolati dalla violenza delle acque (1). Io non ignoro che egli ha a sostenitore della sua opinione il chiar. Matematico *Frisi*, il quale istituì diverse sperienze per scoprire, se agitandosi fortemente fra loro de'sassi fluviatili si otteneva dell'arena (2). Potrebbesi, a dir vero, promuovere qualche piccola difficoltà su di queste sperienze, perchè sembrami assai difficile il potere con esse pareggiare in qualche modo le occulte forze dalla natura esercitate specialmente in tempo di piena nei fiumi dove corrono in ghiaja. Potrebbesi all'esempio recato da *Bernard* del marmo che si pulisce, da cui non staccasi, che una sottilissima polvere (3) rispondere, che i sassi fluviatili sono d'ordinario assai più teneri del marmo, onde non regge il confronto. Ma in tanta contrarietà di opinioni fra uomini così chiari, io mi guarderò bene dall'appoggiare direttamente piuttosto l'una, che l'altra sentenza; e mi limiterò soltanto a ponderare le ragioni, che *Bernard* andrà adducendo a sostegno del proprio sistema, ed a produrre alcune osservazioni atte a spargere

(1) pag. 192.
(2) Raccolta delle acque, Tom. VII, opuscolo di Frisi, Cap. II.
(3) ibid. Art. 299.

qualche lume su questo intralciato argomento. Se vi sono vasti paesi nei quali, al dir di *Bernard*, incontransi sassi rotondati, abbenchè non vi scorrano al presente fiumi di sorta alcuna (1), e chi ci assicura, che nelle grandi rivoluzioni fisiche sofferte dal globo non ve ne siano scorsi nei Secoli più remoti? Se conoscessimo a fondo la storia naturale di ciascun paese dalla sua origine sino al giorno d'oggi, potremmo asserire con franchezza, se le ghiaje siano primigenie, oppure formate dall'urto generato dalla violenza delle acque fra i massi staccati dalle montagne, ma in mancanza di queste cognizioni non credo che possa cavarsi nessuna fondata conseguenza a favore dell'opinione di *Bernard*, e di *Frisi*. Nè gli esempj che il primo di questi Autori adduce dei fiumi Duranza, e Lupo (2), i quali non trasportano dic' egli le ghiaje, e le altre materie grosse avanti, ma passano per luoghi dove esistevano esse, e specialmente i sassi rotondati, mi possono persuadere che in generale la violenza delle acque valevol non sia in molti fiumi a spingere innanzi le ghiaje (3). Oltre la ragion succennata, che nei luoghi dove corrono al presente la Duranza, il Lupo, il Varo, sianvi scorsi altri fiumi, i quali abbiano trasportato in que' luoghi i sassi, che vi si incontrano di presente, io rifletto, che vi sono molti altri fiumi, nei quali osservasi patentemente questo fenomeno. La scrittura del Chiar. *Viviani* sul fiume Arno ci istruisce, che il letto di questo fiume dopo di aver levate alcune Pescaje, che frenavano il suo corso, si è notabilmente rialzato sulle parti inferiori. Molti de' nostri fiumi d'Italia attraversano pianure, nelle quali non si riscontrano sassi rotondati, se non nel loro alveo, o almeno in poca distanza. Vorrem noi dire che queste ghiaje rotondate siano primige-

(1) pag. 197, N.° 307.
(2) pag. 198, e 199.
(3) Il Sig. *Bernard* alla pag. 248 poi confessa di aver veduto egli stesso delle pietre prismatiche voluminose esser spinte avanti in tempo di piene per un tratto assai lungo dell'alveo, onde non veggo come possa egli nella sua ipotesi spiegare questo fenomeno.

nie, e che la natura abbia limitato nella formazione del globo lo spazio che occupano a quei luoghi precisi, nei quali in seguito hanno preso corso i fiumi (1)? Non par certamente che possa così ragionarsi; ma v'è di più. Tutti gli Idraulici, sono concordi, e l'esperienza ce ne convince, che se raddrizzeremo l'alveo di un fiume, se lo porteremo a sboccare nel recipiente per una via più breve, vedremo le sue ghiaje avanzarsi e l'alveo escavarsi nelle parti superiori, con danno alle volte non piccolo di quello del recipiente che viene rialzato dall'introdurre in esso le ghiaje dell'influente. Distinguendo perciò la questione in due parti 1° cioè se li fiumi siano capaci di spingere avanti le ghiaje. 2° Se siano capaci con la violenza delle loro acque di smussarle, rotondarle, e ridurle in arena; sembrami che nascer non possa dubbio alcuno, che in quanto al primo effetto essi lo producano sovente, e specialmente quando si rende in qualche modo più libero il loro corso, secondo quanto insegnano tutti gli Autori Italiani.

Sospendo, come dissi, il mio giudizio riguardo alla seconda questione, e farò soltanto osservare che l'Illustre Viaggiatore *Saussure* è di sentimento contrario al Sig. *Bernard*, il quale però ne riporta per esteso il testo (2) da cui rilevasi chiaramente esser quegli di massima che la violenza delle acque produca l'effetto del rotondamento delle ghiaje. E quantunque si possa conchiudere dal testo di *Saussure* l'esistenza di diverse montagne formate di ciottoli rotondati, o smussati forse da un'altra causa diversa da quella di cui parliamo, ciò nullameno sembrami, che quest'altra importantissima conseguenza ricavare si possa con giusto fondamento, cioè che vi sono dei fiumi i quali strascinando dalle circostanti montagne de' sassi con spigoli, ed angoli, la vio-

(1) Alla pag. 198 *Bernard* conviene poi, che quando non si veggono sassi rotondati in distanza dell'alveo di un fiume in cui ve ne siano, è duopo il dire, che si sono staccati dalle montagne, e si sono rotolati per l'alveo.

(2) *Bernard* pag. 200.

lenza delle loro acque è capace di rotondarli, e di impicciolirli, e che perciò se la teoria di *Guglielmini* non si verificherà in tutti i casi, ed in tutta la sua estensione, pure si verificherà in moltissimi, giacchè non sono così facili a ritrovarsi questi strati di montagne formate di sassi rotondati, mentre in tutti gli alvei dei fiumi, che attraversano montagne, si incontreranno più o meno delle ghiaje smussate, e via via minori, quanto più si scostano dall'origine del fiume (1).

§. 15. Per dimostrare che la grossezza dei sassi sparsi in un alveo può somministrare un fondamento, onde giudicare almeno per approssimazione la forza di un fiume, il che non si ammette dall'autore (2), io lo pregherò a rifletter meco che per muovere i corpi di molto peso come sono i grossi sassi, richiedesi assai maggior forza che per spingere avanti le piccole e minute ghiaje. L'osservarsi poi nel medesimo luogo del letto di un fiume de' sassi di mole assai diversa, nulla toglie all'ideato giudizio come pretende il Sig. *Bernard*, perchè egli è certo che quando vi sono sassi assai voluminosi, bisogna assolutamente supporre, che la forza dell'acqua, prescindendo dal caso che vi siano stati in origine, ve li abbia spinti, e perchè moltissime sono le cause che arrestar possono ad un tempo le ghiaje minute, e grosse, come sono a mò di esempio i gorghi, e le risvolte. Ma quello che più importa, si è che la forza di un fiume varia a diversa profondità. Se osserveremo infatti diligentemente il suo alveo dopo una piena, vedremo, che ne' luoghi più profondi del letto vi è d'ordinario la ghiaja più grossa, nei meno profondi la più minuta, e finalmente nei banchi più alti la pura sabbia: onde non è a maravigliarsi se quel fiume il quale semina

(1) A conferma del sentimento di *Saussure* sulla forza che hanno i fiumi, loro contrastata da *Bernard*, posso assicurare di avere io stesso veduto il fiume Leo il quale attraversa montagne formate di strati calcari, nelle quali non incontransi ciottoli rotondati, se non quando si discende all'alveo del fiume stesso, ove se ne trovano d'ogni grandezza.

(2) pag. 221.

mina il suo fondo di grossi sassi, abbandoni anche quelli di minor mole. Ma dovendosi valutare specialmente per la sicurezza delle pratiche applicazioni la sua forza dal maggior effetto, ottima regola, sarà, cred'io, il far fondamento sulla mole delle ghiaje che egli trasporta, e spinge avanti (1).

§. 16. Non ostante che *Bernard* alla pag. 215 ci abbia chiaramente detto che le acque acquistando più masso, e più velocità strascinano seco le sabbie, e le ghiaje; pure ci presenta (2) in seguito un calcolo fondato sulla teoria, col quale egli crede di dimostrare evidentemente che il trasporto della ghiaja, e la rapidità delle acque sono due fenomeni indipendenti fra loro. Se il fluido si muoverà con una velocità di sei piedi per secondo, sarà capace di spingere avanti una pietra calcare cubica di un piede quadrato di superficie; questo è il risultato del suo calcolo, dal quale egli deduce, che questa velocità essendo per un fiume assai discreta, la rapidità delle acque nulla influisce a smovere le ghiaje, perchè d'ordinario non si riscontrano negli alvei dei fiumi dotati di tale velocità sassi di cosiffatta grossezza. Mi sia permesso però di far qualche riflessione su questo calcolo: sarà vero che la velocità di piedi sei per secondo compete a que' fiumi che scorrono piuttosto lentamente, ma osservo poi, che il calcolo dell'Autore è fondato sulla ipotesi che l'urto del fluido si faccia perpendicolarmente alla superficie del sasso, ipotesi che ben difficilmente si avvererà in pratica; e perciò si richiede-

(1) *Bernard* nel discorso storico (p. 8) dice che *Viviani* si è ingannato nel valutare l'azione dell'acque sulle ghiaje; ma siccome egli non ne adduce alcuna prova, se non il testo di *Viviani*, ed anche alterato, così io lo pregherò soltanto, che sia un'altra volta più cauto nell'accusare gli Autori di gran nome, quale si è il *Viviani*, o almeno lo faccia con più solidi fondamenti. Dissi poi che il testo di *Viviani* riferito da *Bernard* è alterato; per convincersene basta leggere la nota apposta da esso alla pag. 8 suddetta, e confrontarla col testo italiano di *Viviani* che trovasi nella più volte citata Raccolta degli Scrittori d'acque (T. I p. 216, 217). In tutto il rimanente del discorso di *Viviani* non mi è riuscito di ritrovare altro periodo che si accosti più a ciò che leggesi nella suddetta nota di *Bernard*, e perciò ho asserito che questi ha alterato il testo dell'Autor Italiano.

(2) pag. 229, 230.

rà una velocità molto maggiore di quella di piedi sei per un secondo affine di smuovere i sassi, quando saranno urtati sotto un angolo obbliquo dalla corrente; perciò sembrami che il caso ipotetico di *Bernard* sia assai lontano da quello che succede in natura. Inoltre io son d'avviso che l'Autore affine di provare concludentemente l'indipendenza dei due suesposti fenomeni, dovesse dimostrarci con gli esempj pratici che al crescere della rapidità delle acque, il trasporto delle ghiaje non si facesse in maggior copia a maggior distanza, ed in qualità più grosse. Intanto noi gli faremo osservare che i fiumi, i quali corrono fra i monti, appunto perchè sono colà rapidissimi, smuovono, e spingono oltre dei massi enormi, i quali certamente se fossero trasportati in pianura, e collocati nel fondo di un fiume, verrebbero bensì in alcuni luoghi di esso sepolti in profondi gorghi; ma non avanzerebbero di un sol passo nell'alveo.

§. 17. La spiegazione dei fenomeni che succedono, quando da un alveo angusto l'acqua passa in uno più ampio, e dilatato forma l'oggetto di altre osservazioni del nostro Autore. Si fa egli questa domanda. E perchè mai avviene (1) che i vortici prodotti al piede di una caduta d'acqua non si riempiono mai? Eccone la risposta: *Les eaux cessent de pouvoir deplacer des cailloux au dessus, tandis qu'elles avoient encore la puissance d'encharier au point ou l'affouillement commence; il est donc impossible que cet affouillement soit comblé, si les bords ne changent pas*. Ma confesso il vero, o che io non arrivo a penetrare la spiegazione dell'Autore, o che egli si è certamente ingannato. Come può mai immaginarsi, che le acque cessino di poter smuovere i sassi nelle parti superiori al gorgo, mentre che egli suppone, che potessero trasportarli fino al punto dove comincia il gorgo stesso? Non è forse più naturale il dire che la diversa dire-

(1) pag. 245.

zione, che acquistano i filamenti acquei, entrando nel gorgo, produce quel movimento tortuoso che osservasi, il quale poi mantiene in continua agitazione le materie che entrano nel gorgo, e le spinge fuor d'esso?

Per decidere poi con sicurezza se l'osservazione dimostri non esser vero, che i gorghi, i quali trovansi in un alveo di un fiume vengano colmati, qualora si fabbrichi in esso una chiusa di sotto al luogo in cui esistono, come si asserisce positivamente da *Bernard* (1), sembrami, che si richiegga un più diligente esame sull'indole dei diversi fiumi, che scorrono sul nostro globo; e per potere con fondamento tacciar d'errore su questo punto il chiar. *Guglielmini*, convien prima accertarsi di aver compreso nel loro vero senso li suoi pensieri. Se il fiume in cui si fabbrica la cateratta avrà una grande inclinazione, e quella abbia una piccola elevazione, egli è chiaro che estendendosi poco all'insù il regurgito da essa cagionato, pochi saranno i gorghi, che verranno riempiti dopo la sua fabbricazione. Ma non accadrà lo stesso, quando l'alveo abbia una dolce pendenza, perchè allora in parità di tutte le altre circostanze, il regurgito si estenderà assai più oltre di quello che succederebbe nel primo caso. I termini poi con i quali esprime l'egregio Bolognese il suo sistema, sono tali, che abbracciando per quanto è possibile, i casi più generali, lasciano luogo alle dovute eccezioni nei casi particolari, e non credo quindi, che possasi dar loro la singolare interpretazione di *Bernard*. Ecco il testo di *Guglielmini* (2). „ Edificata che sia una di queste cateratte, negan„ do ella il passaggio all'acqua del fiume, è d'uopo, che „ questa si elevi, e riempia il tratto dell'alveo superiore, „ che sta sotto il livello della soglia, e sommità di detta ca„ teratta, formando con ciò uno stagno d'acqua a guisa d'un „ laghetto, la cavità del quale in breve tempo sarà riempiu-

(1) Discorso Storico pag. 34.
(2) Cap. XII. Della natura dei fiumi | Raccolta degli Scrittori ec. T.° II°, pag. 265.

„ ta di materia portata dal fiume cioè di sassi, arena, terra, „ e simili; *e con ciò alzandosi il letto del fiume sino all'al-* „ *tezza della chiusa, darà altresì occasione ad un simile, e* „ *proporzionato alzamento nelle parti superiori dell'alveo me-* „ *desimo*.

Pregherò i miei Lettori ad osservare che il nostro Idraulico Italiano non fa motto alcuno del riempimento de' gorghi in questo paragrafo, e che egli si limita a predire un alzamento *proporzionato nelle parti superiori dell'alveo*.

Ora, e chi potrà mai da queste espressioni così generali ricavarne la conseguenza che egli abbia inteso di dire che tutti i gorghi superiori ad una chiusa si riempiranno? Nè *Guglielmini* così si espresse riguardo all'alzamento del letto in detti luoghi, per non saper spiegare come vi rimangano dei gorghi di sopra alle chiuse, mentre ivi non si osservano vortici come dice *Bernard* (1) che li mantengano. Siccome l'alzamento di fondo si fa *in proporzione* e quindi sempre minore, quanto più si estende allo insù per l'alveo, così non si può applicare la proposizione di *Guglielmini* tutt'al più, che a que' soli gorghi che restano compresi in quel tratto dell'alveo che riceve un maggiore alzamento, giacchè tutti gli altri gorghi già stabiliti che s'incontrano fuori di questi limiti, non si colmeranno punto per questo mezzo, quantunque non vi siano vortici che li mantengono escavati. E giacchè mi sono inoltrato a parlare di vortici, e di gorghi, ommetter non debbo di esaminare la critica che *Bernard* istituisce delle ingegnose spiegazioni lasciateci dall'illustre *Guglielmini* sul modo con cui agiscono i vortici, e si formano i gorghi. Dopo di avere riferita (2) per esteso la teoria del nostro Italiano sopra questo complicato fenomeno, ecco come si esprime (3).

---

(1) Ivi.
(2) Discorso Storico crit. pag. 28 sino alla 33.
(3) Ivi, pag. 32.

On voit que Guglielmini *multiplie les causes pour pouvoir rendre raison des effets. Les tourbillons verticaux sont immaginaires, il modifie leur action selon les circonstances, il les fait tantôt superficiels, et tantôt profonds; il leur fait former dans les premiers cas des atterrissements en immaginant qu'ils ont au dessous d'eux des eaux tranquilles comme si la chose étoit possible dans un même courant; dans le second cas il leur fait corroder le fond.*

Io desidererei che il Sig. *Bernard* non si contentasse di asserire soltanto, ma che realmente provasse, che *Guglielmini* ha errato nel porgerci la spiegazione di questo fenomeno assai difficile da investigarsi, e ce ne somministrasse poscia una spiegazione più naturale di quella immaginata dall' egregio Bolognese. Intanto io son d'avviso, che se quegli avesse istituite delle osservazioni precise in qualche fiume specialmente di molta portata, avrebbe certamente veduto che i vortici verticali non sono punto immaginarj, ma che la loro profondità varia moltissimo al variare dell'altezza viva, e dell' impeto del fluido, e che specialmente quando la loro forza si esercita per tutta la loro altezza, producono terribili effetti, trivellando con la punta dei loro coni il fondo al segno di generare delle corrosioni considerabili. Chiunque poi avrà osservato i diversi torneamenti che fa verso il mezzo dell'alveo la superficie di un fiume in piena, non potrà negare l'esistenza dei vortici orizzontali affatto innocui al fondo, ed alle sponde.

§. 18. Siccome accade sovente, che i fiumi, specialmente quando corrono in ghiaja, trasportino ora ad una riva, ed ora all'opposta il filone della corrente; così il nostro Autore si accinge a spiegare qual effetto produca nel movimento delle ghiaje questo fenomeno. Quando un fiume si escava, dic' egli, un nuovo alveo a cag. d'es. in mezzo ad un ghiarile, allora esso non spinge avanti la ghiaja, ma la getta ai labbri come fa la ruota che penetra nel fango (1). E a compro-

(1) pag. 253.

varlo, osserva specialmente, che se le acque spingessero avanti le ghiaje, se ne accumulerebbe una quantità così grande in certi punti dell'alveo, che non potrebbe essere superata dalla corrente. Sembrami però che questa conseguenza possa meritare qualche eccezione: io infatti osservo che formar si potrebbe questo ammasso, qualora l'alveo di sotto al nuovo canale non avesse pendenza bastante affinchè l'acqua scorrendovi potesse strascinar seco le ghiaje, ma questo elemento così importante della inclinazione dell'alveo viene trascurato dal Sig. *Bernard*. Se egli mi avesse prodotto delle esperienze, e mi avesse citati degli esempj, allora io mi arrenderei forse alla sua spiegazione; ma finchè mi forma in simili materie dei raziocinj astratti, credo che mi sia permesso di muovergli qualche dubbio. Infatti io non posso così facilmente concepire, come la corrente di un fiume debba avere maggiore energia per far balzare le ghiaje alle rive anzicchè farle avvanzare a seconda dell'alveo mentre la sua forza è assai maggiore in questa seconda direzione, che nella prima. E non riesce forse più chiara la spiegazione del modo con cui sono trasportate le ghiaje sul ciglio della riva di un ramo di fiume, essendo ivi più alte che nel mezzo, deducendola dalla diversa velocità da cui sono animate le sue acque? Scorrendo queste in un ramo profondo di un fiume hanno maggior velocità verso il fondo, che verso la sommità; quindi è che mantengono più profondo l'alveo nel luogo a cui corrisponde la maggior velocità la quale diminuendosi a misura che l'acqua si accosta alle rive, ed a misura che l'altezza è minore, dispone il fondo a guisa di una conca abbandonando le ghiaje più minute, nelle parti più vicine al ciglio delle sponde, e rotolando le più grosse nella parte più bassa della conca suddetta. Non veggo perciò, come sia generalmente assurdo il dire che i sassi accumulati nei luoghi dove prima scorreva un ramo di un fiume, vi sono trasportati dalle parti superiori, e sono diversi da quelli che formavano dirò così le sponde del ramo otturato, come in conseguenza delle suesposte

teorie pretende di provare *Bernard* (1). Io non dirò già, che questi sassi vi siano trasportati dall'origine del fiume, ma può benissimo accadere che discendano dai punti superiori del letto, il quale perciò si escaverà in que' luoghi, e si alzerà gradatamente negli inferiori.

§. 19. Le conseguenze che i meno istrutti nelle Idrauliche discipline trar potrebbero per la pratica difesa dei fiumi dalle massime che *Bernard* stabilir vuole sulla ruina di quelle di *Guglielmini* risguardanti la rettitudine, e la tortuosità degli alvei da lui impugnate nel seguente tratto della sua opera, mi obbligano a trattare con qualche estensione questo punto del mio esame.

L'Autor non conviene con *Guglielmini*, che i fiumi siano indomabili sopra un fondo sassoso, e che siano assai più facili a regolarsi, quando corrono sulla sabbia, ed anzi asserisce che hanno tanto minore stabilità di fondo, quanto meno sono tenaci le materie sulle quali scorrono (2). Avvertirò primieramente che l'Autore Italiano non si espresse in termini assoluti, ma secondo il suo lodevol costume (3) usò della frase seguente: *potendosi dire che i fiumi in siti simili siano quasi indomabili, o almeno richiedano una piucchè ordinaria vigilanza, ed assistenza per essere mantenuti in dovere, e ciò è sempre tanto più vero, quanto le ghiaje, o sassi sono più copiosi, e più grandi di mole*. Da queste espressioni parmi, che si possa conchiudere che il Sig. *Bernard* non sia molto esatto nello esporre le altrui dottrine. Ma per ragionare sul merito della cosa, io esporrò a *Bernard* la teoria di *Guglielmini*, perchè temo che nello interpretarla abbia preso qualche equivoco. Questi esaminando le cause che influiscono a render tortuosi gli alvei, annoverò fra una delle più forti quella dell'ammasso delle ghiaje che succede nei fondi sassosi de' fiumi, ammassi che costringono la corrente,

(1) pag. 254.
(2) pag. 257.
(3) Raccolta delle acque T.° II°, pag. 121.

la quale in que' luoghi muovesi per un piano assai inclinato, a vagare da una sponda all'altra, e quindi a generare delle corrosioni fortissime nelle rive, e in questo senso egli intese che i fiumi i quali corrono in ghiaja sono quasi indomabili. Ma la ragion principale per cui *Bernard* pretende che non siano tali, si è perchè quando il fondo è più facile ad esser corroso (1), come nel caso in cui i fiumi corrono in sabbia, accade che allora la corrosione è più pronta, e si genera più facilmente perchè il terreno è meno tenace, laddove nei luoghi nei quali corrono in ghiaja, la resistenza del fondo è assai maggiore, e quindi più difficilmente l'acqua può corroderlo. Ora io temo che *Bernard* in questo luogo non abbia ben penetrato il fondo della questione. La grande inclinazione del fondo che hanno i fiumi quando corrono in ghiaja unita al trasporto dei sassi li rende difficili ad essere regolati, e tenuti a freno. Il fondo, e le sponde sono più tenaci è vero in questi siti; ma lo sono essi in proporzione della forza, e dell'impeto corrispondente dell'acqua? Quando corrono in sabbia è bensì vero che le corrosioni del fondo sono maggiori, ma perciò appunto si rendono dirò così più mansueti, perchè escavando essi il loro letto, e correndo sopra un piano di sua natura assai meno inclinato di quello sia nei luoghi più alti, perdono la pendenza, e quindi la causa più efficace a produrre la loro tortuosità. A giustificare poi pienamente la teoria di *Guglielmini* basterà a parer mio l'osservare la qualità dei ripari che si usano nei fiumi allorchè corrono in ghiaja, e di quelli con i quali s'imbrigliano nei luoghi dove il fondo è sabbioso. Ognuno sa che alle volte non bastano i più robusti muri a frenar l'impeto di un fiume che ha l'alveo pieno di sassi; mentre alcuni lavori di vimini, e rami d'alberi ripieni di terra, ed opportuni piantamenti bastano a difendere dalle corrosioni le rive di un

(1) Ivi.

un fiume che corre sulla sabbia. E dove mai i fiumi hanno la corrente più tortuosa, non ostante che l'intiero ampio letto lo sia assai meno, se non nei luoghi dove corrono in ghiaje? E quale è la ragione per cui in questi luoghi il loro alveo è di una capacità assai maggiore della loro portata, se non perchè appunto la corrente va errando a suo capriccio ora a destra, ed ora a sinistra, insultando, direi quasi, l'arte che tenta di tenerla in regola (1)? Io poi non comprendo come il Sig. *Bernard* avanzi la proposizione che vi sono pochi fiumi i quali corrono in sabbia, se si eccettui il tronco più vicino al loro sbocco. I fiumi da lui osservati, saranno forse tali; non così certamente molti dei nostri di Lombardia, i quali attraversando questa vasta pianura abbandonano le ghiaje in distanza notabile dal loro sbocco. Noi ne abbiamo alcuni, che possono considerarsi più come torrenti, che come fiumi, i quali corrono in sabbia in distanza di 35 e di 50 miglia dal Mare; il Pò fiume reale poi lascia le sue ghiaje ad una distanza di più di cento miglia dal mare (2).

§. 20. Il voler d'ordinario prescindere dall'idea del modo con cui agisce il fluido dipendentemente dalla sua fisica essenza ha condotto il Sig. *Bernard* a non ammettere il principio (3) ordinariamente ricevuto che il fluido cadendo dal ciglio di una cateratta produca qualche accelerazione nelle sezioni superiori. Se il raziocinio da lui istituito per dimostrare vera la sua asserzione regge in teoria, non può certamente ammettersi in pratica, almeno in molti casi. L'osservazione da me fatta nei canali che hanno, poca, o niuna pen-

(1) *Bernard* dice, che quando i fiumi corrono in ghiaja, le rive sono più facilmente corrose che il fondo; ed a questa facilità attribuisce in questo caso la minor consistenza dell'alveo. Ciò sarà vero in molti casi; ma non stabilisce una regola generale, e sicura, al che fare se non conduce direttamente almeno si accosta assai il principio della pendenza che genera in questi luoghi una grande velocità.

(2) Il Pò da Cremona al mare corre per 120 miglia circa senza ghiaja. Il Panaro l'abbandona più di 35 miglia in distanza dal suo sbocco, e la Secchia in distanza di circa 50 miglia.

(3) pag. 123 N.° 234.

denza, e in cui la superficie del fluido si disponga in una linea sensibilmente orizzontale in vicinanza di una diga, mi ha istruito che i galleggianti non accelerano il loro moto se non precisamente nel momento in cui cadono dal ciglio della chiusa; ma così non avviene nei canali dotati di pendenza, e nei quali il fluido in superficie corra con qualche inclinazione, poichè allora si osserva nei galleggianti un acceleramento il quale si estende ad una certa distanza dal ciglio della diga, effetto evidente dell'inclinazione del piano la quale si fa in quel punto maggiore, onde è d'uopo conchiudere che in questo caso debba un tal effetto comunicarsi anche alle sezioni superiori decrescendo però sempre a proporzione che si ascende su per l'alveo del canale. Non è così (conchiude l'Autore). La velocità alla diga non è quella che determina la velocità che ha luogo nel canale, ma questa è quella che determina la prima. Io non credo che alcuno abbia mai concepito in questo senso l'idea dell'acceleramento suddetto. Egli è verissimo che dalla Velocità che ha il fluido nell'alveo superiore alla diga si potrà desumere quella che avrà nelle parti più vicine ad essa, e quest'ultima velocità dipenderà in parte dalla prima; ma ciò non toglie, che se avremo a cagion d'esempio due canali in cui l'acqua scorra con uguale velocità, e che abbiano ciascheduno una cateratta, ma di diversa altezza, non succeda un maggiore acceleramento in quello in cui l'altezza della caterata è minore. Se dunque si parli di quella parte dell'alveo, che è vicina alla diga, l'altezza di questa farà variare la velocità in quel tratto, e si potrà dire che questa dipende almeno in parte dall'altezza della cateratta; ma se si tratti delle sezioni situate a qualche notabile distanza dall'ostacolo, allora la velocità in questo luogo non farà variar punto quella del fluido in dette sezioni più vicine alla diga. Sembrami perciò che il Sig. *Bernard* non abbia ben ponderato questo caso, il che se egli avesse fatto, avrebbe usato maggior riguardo verso il chiar. Ab. *Castelli* che viene da lui accusato di essere cadu-

to in grandi errori (1) quando asserì che l'acqua si accelera cadendo dal ciglio di una chiusa (2).

§. 21. L'analogìa che ha la presente questione con l'altra sulla varia inclinazione che si osserva nel pelo dei fiumi in magra, ed in piena mi obbliga a produrre in questo luogo varie osservazioni fatte dai nostri Idraulici, le quali serviranno a più chiaramente dimostrare la verità del principio stabilito. L'Ab. *Castelli* osservò, che l'altezza delle piene del Pò si va diminuendo all'accostarsi del suo pelo al mare; ma *Bernard* glielo nega perchè dice di non sapere quali siano le profondità dei luoghi paragonati fra loro dal chiariss. Benedettino (3). Ma se egli avesse esaminato quanto dice *Guglielmini* nel Capo 8.° della sua grand'Opera, avrebbe prestata maggior fede alla osservazione di *Castelli*, perchè avrebbe osservato, che dovendo i fiumi per legge costante della natura impostar la loro cadente sotto il pelo basso del mare, è d'uopo che qualunque piena per alta che sia nelle parti superiori si vadi sempre a spianare sotto il pelo suddetto. Se avesse letto il ragionamento dell'egregio Sig. *Eustachio Zanotti* sulla disposizione dell'alveo dei fiumi presso lo sbocco in mare avrebbe osservato (4), *che la profondità della foce in ogni fiume è molto piccola se si paragona alla massima*

---

(1) pag. 261.

(2) Nel discorso storico critico (pag. 45) *Bernard* accusa l'Ab. *Frisi* dicendo che in luogo della sua opera sui torrenti ha adottata la massima di *Zendrini*, e di *Castelli* sull'acceleramento dell'acqua al cader del ciglio di una chiusa, ed in un altro la sentenza contraria di *Viviani*. Chi però vorrà compiacersi di confrontare ciò che dice l'Ab. *Frisi* al Cap. III, pag. 18 della sua opera (T. VII Raccolta degli Scrittori ec.) in cui cita il discorso di *Viviani*, per provare che i fiumi alzano il loro fondo, senza impegnarsi punto a parlare in quel luogo d'aumento di velocità con il paragrafo che trovasi alla pag. 21, vedrà cred'io, che *Bernard* non ha ben compreso i sentimenti di questo matematico Italiano; il quale non parmi certamente in contraddizione con sè stesso.

(3) Alla serie di osservazioni che io qui riferisco può aggiungersi anche l'altra fatta dallo stesso Ab. *Castelli* (Raccolta delle acque T.° I pag. 100 sul fine) nell'Arno: cioè che sei, o sette braccia d'altezza d'acqua dentro Pisa ne producono un solo mezzo braccio alla Marina. Da tutto ciò io credo, che il Sig. *Bernard* dovrà concludere che gli Italiani non si sono limitati alle semplici ipotesi, ma che hanno consultato i fatti prima di stabilire le loro teorie.

(4) Raccolta degli Scrittori T.° VI.° pag. 214.

altezza nelle parti superiori. Il celebre Sig. *Eustachio Manfredi* gli avrebbe pur fatto vedere, che le osservazioni eseguite ci istruiscono, che il pelo alto del fiume Pò è parallelo all'incirca al pelo basso, disponendosi essi in due curve convesse, le quali poi vanno ad unirsi allo sbocco, e quindi le altezze delle piene sono in que' luoghi minori. Che più? Dallo stesso aureo ragionamento (1) sarebbe stato istruito che fu realmente osservato, che nel Pò l'accostamento dei due peli comincia a Lago-scuro, e viene poi con precisione descritto dal chiar. Autore il quale dimostra, che dove arriva l'orizzontale del pelo basso del Mare, ivi incontrasi la massima altezza della piena che va poi scemando nell'accostarsi alla foce, e quindi le altezze vive delle sezioni vanno diminuendo nell'accostarsi che fa questo fiume al suo sbocco (2). Ma il Sig. *Bernard* secondo il suo costume illustra la sua opposta teoria con l'esempio del Rodano, che ha, dice egli maggior profondità ad Arles anzicchè a Beaucaire. Io credo però che non possa influir molto questa osservazione perchè converrebbe, affine di poterla valutare, che egli ci dimostrasse, essere questi luoghi situati omologamente a quelli del Pò riguardo ai rispettivi sbocchi di questi fiumi. Veruno ha mai negato che la profondità di quelli, che corrono in ghiaja sia minore di quella che hanno allorchè corrono sulla sabbia; ma non perciò cred'io, alcuno concluderà da questa generale osservazione, che i fiumi nell'avvicinarsi al loro sbocco abbiano sempre una maggiore profondità. Gli accidenti, ed i fenomeni che osservansi in un fiume, quando ha l'alveo sassoso, e quando lo ha sabbioso, sono troppo dissimili fra loro, per poter, dirò così, legarli insieme, e farli dipendere immediatamente gli uni dagli altri.

§. 22. Ottima, a dir vero, sarebbe la massima proposta

(1) pag. 218, 223.

(2) V. *Zendrini* (Leggi, e fenomeni delle acque correnti pag. 241 nel T.° V° della Raccolta suddetta) che dimostra la verità di questo fenomeno con molte osservazioni fatte nel Pò, e nell'Adige.

da *Bernard* di dirigere gli alvei dei fiumi in linea retta per le ragioni, che egli adduce (1), ma gli è sfuggita una riflessione importante, la quale se fosse ammessa in pratica, cagion sarebbe di gravi disordini nel buon sistema d'un fiume. Siccome dirigendo l'alveo di esso in linea retta la corrente si muove in parità delle altre circostanze con la massima velocità, così succederà in molti casi che non vi sarà modo di sostenere le rive, le quali franeranno, e cadendo nell'alveo stesso, lo riempiranno producendo così molti altri inconvenienti. Quando perciò non si possa esser ben sicuri che le rive siano di una tal consistenza da resistere allo sforzo generato contro di esse dalla grande velocità del fluido, che si muove in un canale rettilineo, non sarà il miglior partito quello di levare all'alveo di un fiume le sue tortuosità. Che se questo scorrerà per un letto sassoso, molto maggiore dovrà essere allora la cautela da usarsi prima di risolversi a qualche raddrizzamento, quantunque *Bernard* consigli il contrario (2). Infatti aumentandosi la velocità del fluido, le ghiaje potrebbero essere spinte più avanti, e distribuirsi in uno spazio più lungo. Ora se il fiume corresse sempre incassato, e le sponde fossero stabili, come suppone in primo luogo l'Autore (3), allora potrebbe adottarsi la massima del raddrizzamento dell'alveo; ma se poi mancassero queste condizioni, e che raddrizzando l'alveo, le ghiaje s'inoltrassero in que' luoghi dove prima non arrivavano, ognuno vede, che potrebbe questa operazione essere funesta al sistema del fiume. Nè credo che compensar potesse questo pericolo il vantaggio rilevato da *Bernard* (4), che quando le rive non fossero stabili, esse verrebbero meno corrose, ed in una estensione minore, quando esse fossero disposte in linea retta, e l'alveo si eleverebbe meno. Imperocchè quando il fiume corre per

(1) pag. 273.
(2) pag. 276.
(3) Questa supposizione non si avverrà, 'cred'io, così facilmente in pratica.
(4) pag. 277.

un alveo tortuoso, mentre corrode una riva, depone in faccia ad essa, e forma un banco, onde ne viene che le sponde tortuose, sono corrose, dirò così a salti, ed or la destra, or la sinistra viene attaccata, ma quando il fluido corresse in linea retta, e non fossero stabili le sue rive, chiunque è pratico del corso dei fiumi potrà facilmente immaginare qual grande dirupamento cagionerebbe in esso la sola prima piena che accadesse in esso dopo il raddrizzamento. Onde non so se il rapido riempimento dell'alveo raddrizzato prodotto dal suddetto dirupamento potesse bilanciare l'effetto del lento rialzarsi che succede nel letto tortuoso di un fiume. Chi poi vorrà meco riflettere alla difficoltà che s'incontrerà nel tenere con l'arte il filone del fiume sempre verso il mezzo dell'alveo, cosicchè non si accosti più ad una riva che ad un' altra, con pericolo di generare delle tortuosità nell'alveo rettilineo, vedrà che conviene prima di determinarsi ad approvare un raddrizzamento esaminar bene tutte le circostanze che possono renderlo infruttuoso, onde non avventurarsi ad un'operazione o dannosa, o per lo meno inutile (1). Io osservo inoltre che l'elevazione del fondo si distribuirebbe forse in uno spazio maggiore, quando esso fosse disposto in linea retta, e perciò sarebbe in ogni parte minore; ma appunto perciò temer si potrebbe che questo alzamento si estendesse ai tronchi inferiori del fiume con pericolo grave dei terreni vicini.

§. 23. Ma si lasci l'argomento della direzione degli alvei in linea retta, e si prenda a considerare la critica che *Bernard* ci presenta in una lunga nota (2) su quanto scrisse il Sig. *Du Buat* delle corrosioni. Questo Autore dice che l'esperienza dimostra avere le corrosioni un limite, ed accen-

---

(1) Avvertasi che io parlo sempre di fiumi tortuosi, i quali si debbono raddrizzare, e non già di quelli che sono stabiliti, ed hanno qualche loro tronco in linea retta, perchè trattandosi di questi io convengo, che sia assai migliore la loro costituzione in generale che dei primi, i quali hanno l'alveo tortuoso.

(2) pag. 274 e segg.

na in breve le condizioni che devono concorrere a far sì che una corrosione possa dirsi stabilita. Niuno Idraulico ignora che questa osservazione fu già opera dell'ingegno, e della penetrazione del Filosofo Bolognese, onde prendendo io la difesa del Sig. *Du Buat*, vengo al tempo stesso a comprovare la verità delle osservazioni di questo nostro chiar. Matematico. La stabilità, ossia il limite delle corrosioni, non si ammette da *Bernard* ne' fiumi rapidi, quando il terreno delle rive possa venir corroso dall'urto diretto della corrente, onde converrà, soggiunge, rivestire le rive, e sottrarle così all'azione del fluido che le investe. Io osservo però che il tipo di qualunque fiume anche rapido mi presenta un andamento obbliquo, ed una curva serpeggiante nella maggior parte del suo corso, e ciò anche nei luoghi, ove l'arte non ha rivestito le sponde per difenderle dall'impeto della corrente. Conviene dire perciò che questa, quando investe sotto un certo dato angolo una riva, produca un certo determinato effetto, e non più, a cui possa il terreno disposto in una determinata figura resistere, perchè se accadesse diversamente, non si dovrebbe osservare nei fiumi già stabiliti l'indicato serpeggiamento, o vogliam dire oscillazione della loro corrente ora alla destra, ed ora alla sinistra. Questa riflessione mi conduce poi naturalmente all'altra già fatta degli Idraulici; che cioè, corrodendosi una sponda l'angolo d'incidenza dell'acqua varia sempre, e quindi varia pur anche la resistenza della riva alla corrente, onde combinando insieme la pratica suddetta osservazione con questo riflesso, io credo che possa desumersi da ciò, che la massima di *Bernard* in tutta la sua estensione non è da ammettersi, tanto più che non mi porge argomenti che appoggino validamente la sua asserzione.

Perchè una corrosione sia stabilita il Sig. *Du Buat* ha osservato richiedersi che vi sia al piede della medesima un gorgo, ossia che la profondità dell'acqua sia maggiore ivi che altrove. Ora *Bernard* vorrebbe, che quando incontrasi al piede di una riva questa maggior altezza d'acqua, quando la

corrosione cessa, questo fosse un indizio della tenacità del terreno di cui la riva è composta, e non una condizione della sua stabilità. Semprecchè l'osservazione del Sig. *Du Buat* sia vera in pratica, cioè che quando una corrosione abbia al suo piede un gorgo, essa non si avvanzi di più (1), egli è certo che potrà un Idraulico pronosticare che quando si formi al piede di una riva tormentata dal filone del fiume un gorgo, questo sia vicino a stabilirsi; proceda poi la formazione del gorgo, o dalla tenacità del terreno della sponda, o da qualunque altra causa. Avverto però che si richiederà una serie di osservazioni, e di esperienze fatte in casi analoghi prima di poter su questo problema pronunciare un fondato giudizio. L'ultima condizione che il Sig. *Du Buat* richiede perchè l'alveo di un fiume si possa dir stabilito in una risvolta, si è che vi sia nel concavo della Botta un aumento di pendenza, o una carica capace di vincere la resistenza della sponda incurvata, sembra a primo aspetto, e così ha giudicato *Bernard*, che questa condizione anzicchè essere un indizio di stabilità, possa essere una causa di distruzione della sponda. Ma se ben si rifletta, che la richiesta stabilità può intendersi in due modi, cioè, può dirsi una corrosione stabilita, quando non s'interna più oltre nella campagna, e quando il fiume non si ritiri da esso per dirigersi con la corrente altrove, si vedrà che può benissimo richiedersi quest' ultima condizione affinchè l'impeto della corrente sia in equilibrio con la resistenza che vi oppone la sponda incurvata, per modo che il filone, o spirito del fiume sia da questo equilibrio di forze ritenuto sempre aderente alla riva battuta, prescindendo però sempre dalle cause superiori che possono determinare ad altra parte la corrente.

§. 24.

(1) Per spiegare come formandosi un gorgo al piede di una corrosione si possa credere che essa sia allora al suo limite, si potrebbe dire, che incontrando la corrente nel successivo corrodere una riva il terreno forte, o tufo che resiste all'impeto suo, allora essa ripercossa da questo con varie direzioni rivolga le sue forze contro il fondo, e vi escavi il gorgo.

§. 24. Quando il fondo di un fiume si alza, succede per l'ordinario, che si alzano anche le rive, o per le deposizioni cagionate in tempo d'inondazioni, o per lo scorrimento delle terre dalle montagne, e dalle colline nelle valli per le quali corrono i fiumi. Così c'insegna *Bernard* alla pag. 281. Questa teoria però è appoggiata ad una supposizione, la quale verificandosi, sarebbe cred'io contraria al buon regolamento di un fiume. In fatti se le sponde devono alzarsi contemporaneamente al fondo, è d'uopo che le piene le superino, e s'inondi perciò il terreno adiacente. Ora vorrem noi supporre che la corrente limiterà le sue espansioni a piccole distanze dalle sponde, oppure, il che sembra più probabile, essa non avrà altro freno, se non che quello che gli verrà opposto dalla diversa inclinazione dei fondi, onde potrà accadere, che trovando qualche avviamento la corrente diriga, e stabilisca un nuovo ramo sul terreno coltivato con danno notabile dei possidenti del terreno inondato? Non dovrà perciò un Idraulico destinato a regolare un fiume confidarsi molto nell'alzamento delle rive supposto da *Bernard*, perchè potrebbe commettere errori rilevanti nella difesa a lui affidata (1). Le osservazioni poi dei Fenomeni, che ogni giorno avvengono nei nostri fiumi non ci persuadono abbastanza dell'altro principio stabilito da *Bernard* (2), che i depositi particolari di sabbia poco contribuiscano ad alzare il fondo dei fiumi. La grande altezza, a cui sonosi dovuti portare fra noi nel giro di pochi anni le arginature ci conducono a questo dilemma. O il fondo de' fiumi d'Italia si alza di continuo, o le piene sono più copiose degli anni addietro. Ma siccome, perchè si verificasse questa seconda supposizione, ammetter si dovrebbe un cambiamento nelle stagioni, da cui argomen-

(1) L'innalzamento delle rive che produr potesse lo scorrimento delle terre staccate dai monti riuscirà come ognun vede troppo irregolare per potere esser giovevole a tenere incassate le acque.

(2) pag. 281 N.° 366.

tar si potesse che cadessero maggiori le pioggie, e le nevi al presente, di quel che avveniva negli anni passati, del che non credo che finora i più celebri meteorologisti ci abbiano avvertito, così dovrà ammettersi l'alzamento del fondo. Chi poi conosce per esperienza quanto valga ad aumentare la velocità di un fluido qualunque piccolo aumento di altezza, non vorrà dar gran peso alla causa che alcuni indicano produrre maggiore alzamento delle piene, cioè li restringimenti moderati dall'alveo, che da molti si praticano nella difesa dei fiumi. Qualche influsso piuttosto aver potrebbe su questo fenomeno così fatale alle arginature la rapidità con cui precipitano dai monti coltivati le acque; ma io son di parere, appoggiato anche alle più recenti osservazioni di fatto, che la causa principale dell'alzamento del pelo delle piene sia il rapido alzamento del fondo cagionato poi in parte almeno dalla coltivazione troppo estesa introdotta nelle montagne.