

Fenomeni idrologici e climatologici nel bacino della Senna.

Relazione del socio, Dottor GIORGIO PULLÈ.

I.

« Parigi si trova sotto la minaccia continua di una inondazione, che, simile a quelle del XVII e XVIII secolo, potrebbe portare gravi danni alla città. Il pericolo non è imminente ed il ricordo degli ultimi disastri è oramai tanto lontano che coloro i quali osano affrontare questo tema sono ritenuti esser dei visionari ».

Così scriveva nell'anno 1872 l'ingegnere E. Belgrand in un capitolo del suo volume di studii idrologici sul bacino della Senna, in cui si tratta largamente delle inondazioni che minacciarono durante gli ultimi secoli la capitale francese (1). Nè le previsioni fatte dal Belgrand sembrano aver fallato, chè di poi non pochi straripamenti e non poche piene si sono verificate, senza parlare dell'ultima inondazione, avvenuta nel gennaio dell'anno 1910 e che tanta eco ebbe (2).

(1) E. BELGRAND, *La Seine. Etudes hydrologiques*, Paris, 1872.

(2) La questione delle piene e delle inondazioni che di tempo in tempo le acque della Senna vanno producendo, è stata studiata, circa un quarantennio fa, dall'ing. Belgrand, che pubblicò un poderoso volume di ricerche e studii idrologici su tutto il bacino della Senna. È opera questa, che pur non essendo più nuova, si è tuttavia mantenuta in prima linea sia per i numerosi ed importanti principii che il Belgrand ha in essa fissati, sia perchè parecchie delle molte quistioni da lui studiate non sono più state riprese. Ed un lavoro, che, ritornando su tale argomento importantissimo, valga a riassumere tutto quanto di nuovo si è potuto raccogliere in fatto a dati ed osservazioni eseguite dal 1872 in poi mi sembra si mostri veramente necessario, malgrado le molte e gravi difficoltà ch'esso presenta. Non è a dire che allo stato presente della quistione manchino lavori e studii recenti, poichè noi

Nella sua opera magistrale sulla geografia della Francia, il Vidal de la Blache, parlando della Senna, si esprime entusiasti-

troviamo tutta una schiera di studiosi, che per ragioni o scopi diversi si sono occupati delle piene e delle inondazioni della Senna con molta conoscenza di causa e profondità di dottrina, raggiungendo risultati notevoli e conclusioni non trascurabili, dimodochè al Belgrand noi possiamo far seguire il Lemoine, il Nouaillac-Pioch, il Préau deau pei loro manuali idrologici ad uso del bacino della Senna, il Maillet per le numerosissime pubblicazioni tutte rivolte allo studio idrologico della Senna, ed altri ancora, in massima parte tecnici preposti al servizio idrometrico; ma sono studii sparsi che se stanno in rapporto fra di loro per il contenuto, sono divisi rispetto le conclusioni che appaiono sovente in disaccordo o si ripetono, senza perciò dare un concetto unico ed evidente del problema. Quindi si spiega come nei molti articoli, tanto scientifici quanto di pura indole informativa, apparsi in riviste, in atti d'accademie, in periodici d'ogni specie, anche se di persone molto competenti, si trovino ancora citate di preferenza opere già vecchie, mentre sembrano esser stati trascurati con troppa facilità scritti recenti che portano un buon contributo nella discussione.

Fatta questa premessa, mi credo in dovere di giustificare la presente memoria.

Essa non ha altro scopo che di presentare colla maggior chiarezza possibile, e con tutta quella copia di dati che mi è parsa necessaria, lo svolgimento della quistione da quando il Belgrand intraprese a studiarla per giungere allo stato attuale di essa.

Ho diviso il mio lavoro in tre parti: nella prima, introduttiva, rivolgendomi a riassumere alcune principali caratteristiche del bacino della Senna, e a considerare quali siano le influenze geologiche sul regime dei corsi d'acqua della regione; nella seconda, trattando delle influenze climatologiche in relazione ai fatti idrologici più salienti; nella terza discutendo della piena del gennaio 1910. Farò osservare che per la prima parte appunto bisogna maggiormente deplorare la mancanza di studii condotti con criterii moderni, rimanendo ancora circoscritti a poche opere generiche.

Comunque spero che ciò non possa esser del tutto privo d'interesse per i lettori italiani che potranno così farsi un concetto più ampio del problema di quanto non sia stato forse possibile a mezzo di periodici sparsi e svariati. Questa considerazione ed altre mi vennero suggerite da qualche lezione che alcuni professori tennero a titolo di *causerie* alla Sorbona.

BIBLIOGRAFIA.

La Seine. Etudes hydrologiques par E. Belgrand. Paris, 1872.

Manuel hydrologique du bassin de la Seine par MM. Préau deau, Lefébure de Fourcy et G. Lemoine. Paris, 1884.

Supplément au manuel, etc. par MM. Lévy, Flamant, Nouaillac-Pioch. Paris.

camente sul fiume che, contribuendo in larghissima misura allo sviluppo di quella che fu in origine una piccola stazione di bat-

Essais d'hydraulique souterraine et fluviale par E. Maillet.

Etat actuel de nos connaissances sur l'hydrométrie du bassin de la Seine par George Lemoine. « *Annales de Géographie* », II, 1892-93, pag. 27-45.

Les grandes crues de la saison froide dans les bassins de la Seine et de la Loire in « *Ann. des Ponts et Chaussées* », 8^a série, XXIII, 1906, pp. 53-72.

Les grandes crues de la saison froide, etc. par Ed. Maillet in C. r. d. l'Académie des Sciences, CXLII, 1906, pp. 1111-1113.

Les prodromes des crues dans le bassin de la Seine par Ed. Maillet. Extrait de « *l'Annuaire de la Soc. Météor. de France* », janvier 1908.

Sur les pluies de la saison froide dans les bassins de la Seine et de la Loire par Ed. Maillet. Idem.

Les crues en 1905 dans les divers bassins fluviaux par Ed. Maillet. Extrait de « *l'Annuaire de la Soc. Mét. de France* ».

Les crues en 1906 dans divers bassins fluviaux par Ed. Maillet. Extrait id. id., pag. 2.

Sur la prévision des crues de la Marne à Chaumont à l'aide des hauteurs de pluie par Ed. Maillet in « *Annuaire de la Soc. Météorol. de France* », 1901, pag. 60-61.

Sur la prévision des crues à Pommeuse et Coulmiers à l'aide des hauteurs de pluie par Ed. Maillet in « *Ann. de la Soc. Météorol. de France* », 1901, pp. 275-292.

Sur la durée de propagation des maximum des crues et sur diverses formules des annonces des crues dans le bassin de la Seine par Ed. Maillet id. id., 1904, pp. 229 e seg.

Sur une loi hydrologique de Minard et Belgrand par Ed. Maillet in Cr. de l'Acad. des Sciences, 5 oct. 1908.

Sur la crue de la Seine en février 1904 par Ed. Maillet in « *Ann. de la Soc. Météor. de France* », 1904, pp. 79-81.

Sur la crue de la Seine en février-mars 1906 par Ed. Maillet, id. id., 1906, pp. 127-29.

Sur la crue de la Seine en mars 1908 par Ed. Maillet, idem. idem., 1908, pp. 115 e seg.

Sur les grandes crues de la Seine à Paris par Ed. Maillet, id. id., 1905, pp. 276-277.

Résumé des observations météorologiques et hydrométriques de 1870 à 1880 centralisées par le service hydrométrique du bassin de la Seine, id. id., 1881, p. 231 e seg.

Résumé des observations météorologiques et hydrométriques de 1881 à 1890 par M. Babinet, ingénieur des Ponts et Chaussées, in « *Ann. Soc. Météor. de France* », 1892, p. 46.

Résumé des observations météorologiques et hydrométriques de 1891-1900 par M. Maillet, id. id., 1903, p. 10.

Résumé des observations centralisées par le service hydrométrique du bassin de la Seine pendant l'année 1901 par E. Maillet, id. id., 1903, p. 21 e seg.

tellieri e pescatori, accantonata su di un'isola, divenne un pegno sicuro per l'avvenire e fu « *l'anima della città nascente* » (1). E Pa-

Résumé des observations centralisées etc. pendant l'année 1902 par E. Maillet, 1904, p. 33 e seg.

Résumé des observations etc. pendant l'année 1903 par E. Maillet, 1905, p. 249 e seg.

Résumé des observations etc. pendant l'année 1904 par E. Maillet, 1906, pag. 5.

Résumé des observations etc. pendant l'année 1905 par E. Maillet, 1907, pag. 101 e seg.

Résumé des observations etc. pendant l'année 1906 par E. Maillet, 1908, pag. 101 e seg.

Résumé des observations etc. pendant l'année 1907 par E. Maillet, 1908, pag. 285 e seg.

Résumé de 40 années d'observations météorologiques à l'observatoire du Parc St-Maur par M. Moureaux in « Ann. Soc. Météor. de France », 1904, pag. 211 e seg.

Bulletin international du bureau météorologique central de France, n. 238-365 (24 nov.-31 dic.) 1909 e n. 1-35 (1° genn.-4 febbraio) 1910.

Annuaire de la Société de Météorologie de France, 1909, pp. 192, 227, 234, 260, 282, 298, « Revue générale mensuelle du temps en Europe ».

Idem, idem., 1910, pp. 47 e 55.

Idem, idem., *Observations au Parc St-Maur*, 1909, pp. 125, 149, 194, 229, 237, 262, 284, 300.

Idem, idem., 1910, pp. 49 e 57.

La grande crue de la Seine en janvier 1910 par D. Angot in « Annuaire de la Soc. Météor. de France », 1910, pp. 10-15.

Sur la crue de la Seine en 1910 par E. Maillet, *id. id.*, pp. 16-19.

La crue de la Seine en janvier 1910 par MM. Maillet et Nouaillac-Pioch in « Annales de Géographie », 15 mars 1910, pp. 113-119.

Sur les crues de la Seine en janvier-février 1910. Note de MM. Nouaillac-Pioch et Ed. Maillet présentée par M. Georges Lemoine in « C. r. de l'Ac. des Sciences », séance du 21 mars 1910.

Sur la crue de la Seine en janvier 1910 par M. R. Dongie in « Revue Scientifique », pp. 210-12.

Les crues de la Seine par Paul Lemoine, in « Nature », 3 février 1910.

La crue de la Seine en janvier 1910 par A. Dumas in « Gén. civil », n. 1443, 5 février 1910, pag. 257 e seg.

Les effets de la crue de la Seine du 28 janvier 1910 dans Paris et sa banlieue par A. Dumas in « Génie civil », n. 1450, 26 mars 1910, p. 397 e seg.

Considérations sur la crue de la Seine de 1910 à Paris. Rapport du docteur Henry Thierry, chef des services techniques à la Préfecture de la Seine (litografato).

(1) Vidal de la Blache. *La France. Tableau géographique*. Paris, 1908. Cap. V, pag. 129-132.

rigi dovrebbe esser non meno grata alla Senna di quello che lo sono le popolazioni russe ed indiane verso i grandi fiumi che assicurarono colle proprie acque un possente ausilio allo sviluppo della vita economica del paese. Non possiamo giudicar la Senna dal suo umile principiare nè dalla modesta lunghezza del suo corso. Essa ha una grandezza propria, che si forma gradatamente pel progressivo accentramento di tutte le risorse idrografiche dell'intero bacino: fra Romilly e Parigi, su di un percorso di 130 chilometri essa riceve, l'uno dopo l'altro, i suoi affluenti maggiori; il declivio del suo letto diminuisce sensibilmente e verso Parigi esso non è che di una quindicina di centimetri per chilometro. Per l'azione poi che le grandi estensioni dei terreni permeabili, compresi nel bacino, esercitano sul regime delle acque, le oscillazioni di livello nel fiume non sono mai nè troppo violente nè troppo repentine, contrariamente a quanto accade per la Loira, la Garonna, il Rodano, che hanno ora magre eccessive, ora piene disastrose.

La Senna è un corso d'acqua misto con regime assai vicino quindi a quello di un corso tranquillo e perciò le piene molto violente sono fenomeni assai rari, che si ripetono sotto l'influsso di speciali fattori, determinabili volta per volta, come avvenne per le memorabili piene degli anni 1658 e 1740.

Ed è per la concomitanza di condizioni speciali, quasi straordinarie che ebbe luogo l'ultima gravissima inondazione la quale parve avere il suo centro maggiore nella regione di Parigi.

Uno studio dettagliato di quella non è ancora possibile farlo: mancano in molta parte i dati, o almeno quelli di cui possiamo disporre, seppure esatti e già sufficienti per dare un'idea generale del fenomeno, non potrebbero bastare per autorizzare la discussione di fatti non ancora bene accertati od azzardare conclusioni troppo premature. Possiamo tuttavia, sotto certi aspetti, vedere come la questione delle piene della Senna si presenti, come essa sia stata studiata sino ad ora, specialmente in relazione alle piene avvenute per il passato. Dati completi non si potranno avere, per sottoporli ad un esame critico, che fra un biennio.

Le inondazioni non sono una manifestazione di forze fisiche della natura, che, presentandosi sotto aspetti più o meno gravi ed a periodi di maggior o minor frequenza, possano attirare uni-

camente l'attenzione dei tecnici chiamati a regolare e disciplinare nel modo più razionale i movimenti delle acque correnti di una data regione; ma costituiscono altresì un fenomeno geografico di alta importanza, in alcuni casi come fattore economico di tutto un paese, in altri quale un fatto geografico in sè, per l'azione che esercitano sul regime idrografico di un fiume o di un torrente. È noto infatti come nel ciclo di erosione di un corso di acqua la sua attività dinamica possa variare, più o meno regolarmente, a seconda che le diverse influenze si manifestano. Ora una grande influenza non mancano di esercitare le piene, chè, nel corso di una di esse, è meglio delineato il carattere del corso d'acqua stesso. Ma siccome fenomeni consimili non si verificano che a periodi assai intermittenti e variano ancora per intensità a seconda delle piogge, del grado d'impermeabilità del terreno e del carattere particolare degli affluenti, così lo studio delle inondazioni di una data regione può mostrarsi interessante sotto molteplici aspetti, specialmente quando si tratti di un corso d'acqua che come la Senna è giudicato appartenere a un regime tranquillo e non soggetto a subire grandi oscillazioni.

Il Vidal de la Blache, riconoscendo nell'assieme del suolo francese l'esistenza di cinque regioni (1), nettamente disegnate, così dice del bacino parigino:

« V'ha nella parte settentrionale della Francia una regione che è conosciuta nella geologia in modo classico sotto il nome di *bacino di Parigi*. Fra le masse primitive delle Ardenne, dei Vosgi, dell'altopiano centrale e quelle formate verso occidente dagli schisti e dai graniti, fra il Contentin e la Vandea, si sono a poco a poco delineati i confini di un golfo che dopo molte vicende ha preso la forma di un bacino comunicante un tempo, verso il nord, con il mare e che ebbe, come ultimo fondo, il punto stesso ove ora sorge Parigi. Tutta la regione offre in modo speciale il carattere di un paese di grande unità di struttura con molta varietà di composizione. Divisa in un numero assai notevole di *pays*, che debbono tutti la loro individualità ben definita all'assieme di circostanze geologiche che determinarono la natura

(1) VIDAL DE LA BLACHE, *Des divisions fondamentales du sol français*. Extrait du *Bulletin littéraire*, Paris, 1888, pag. 7-8.

ed il rilievo del terreno, essa ha tuttavia un carattere d'omogeneità facile a definirsi colla sola considerazione dell'orografia e dell'idrografia». In primo luogo si osserverà che dalla valle dell'Oise a quella della Vienne, e cioè a nord-est, ad est e a sud, tutta la regione di cui Parigi costituisce il centro è contornata da una linea continua di alture ed i fiumi che da essa scendono si dirigono quasi tutti, ed in modo uniforme, almeno agli inizi, verso il nord-ovest; e tale linea, tolta l'anomalia della Mosa e della Loira, si propaga, senza interruzione, dall'Ardena al Limosino, per i Vosgi, *les Faucilles*, l'altopiano di Langres, il Morvan, il Forez e l'altopiano centrale. Inoltre, dalle creste di tali alture alla pianura parigina la transizione si stabilisce con una serie di terrazzi, di modo che le diverse zone di altitudine crescente delineano quasi altrettante aureole concentriche. Esse sono da valle a monte: la *falaise* dell'Isola di Francia, ai piedi della quale sono le pianure cretacee della Champagne; la *falaise* di Champagne con le marne ed argille del cretaceo inferiore; la *falaise* de l'Argonna ed infine quella di Verdun che non appartiene però più al bacino idrografico della Senna. Quanto diciamo lascia già comprendere come la regione compresa fra le Fiandre e la Vandea, costituisca quasi un anfiteatro, aperto verso il mare. Ma uno studio più accurato ci mostra come tale carattere giunga a quello di un perfetto imbuto, ossia ad una forma circolare marcatissima.

Infatti tutti gli affluenti della Senna, dopo un certo percorso, si dirigono, con una forte deviazione, verso sinistra, ciò che, nel corso mediano è ancor meglio indicato dall'Oise, la quale scorre quasi rettilineamente da nord-est a sud-est. Più innanzi gli ultimi affluenti scorrono da nord a sud. La capitale della Francia indica il punto centrale di tutta la regione, che coincide con il punto di riunione di tre corsi d'acqua importanti: la Senna, la Marna, l'Oise, che, coi loro affluenti, raccolgono le acque di un settore di circa 120 gradi (1).

È ora interessante vedere, come, rispetto alla natura geologica dei terreni, siano distribuiti i corsi d'acqua del bacino di

(1) Per notizie più dettagliate vedi le opere del LAPPARENT, *Abrégé de Géologie*, Paris, 1905; *Leçons de Géographie phys.*, Paris, 1907; *La Géologie en chemin de fer*, Paris, 1888.

Parigi, e poscia come funzioni in essi la circolazione delle acque. Nella regione più elevata del bacino, il Morvan, scorrono con direzione da sud-est a nord-ovest tre dei principali corsi d'acqua: il Cousin, lo Yonne e la Cure. Questa regione è di natura granitica; l'aspetto generale è quello di paese di montagna per le sue valli molto serpeggianti e sovente strettissime, percorse da ruscelli e torrenti, nelle quali sono disseminate infinite piccole sorgenti, che, dilagando sui prati, alimentano non poche paludi. Quindi gli affluenti sono numerosi e scorrono lungo ripidi declivi.

Ai piedi del Morvan si stendono, verso settentrione e verso occidente, i terreni marnosi e fertili del Lias, fortemente attaccati dall'erosione fluviale: tali l'Auxois ed il Bazois, che solcano lo Yonne, il Serein, l'Armançon e la Brenne, sempre nella direzione da sud-est a nord-ovest.

Gli affluenti sono numerosi, ma di essi molti rimangono a secco durante le stagioni asciutte.

Ben presto però su di una lunghezza di circa una sessantina di chilometri, dalle sorgenti della Marna a quelle della Senna, le acque, assorbite dai calcari oolitici, sembrano scomparire nelle fessure del suolo: l'altopiano non più solcato ed eroso da fiumi e torrenti violenti, va ricostituendosi e si estende formando una regione asciutta, solitaria, in gran parte boscosa. Le valli sono poco profonde, i villaggi lottano colla penuria delle sorgenti: quindi rari gli affluenti dei fiumi principali. Citeremo, per la Marna e per la Senna, il Beuvron, l'Ource, l'Aube, l'Anjou, Blaise, Rognon, Saulx, Ornain, Aire, ecc.

Gli abitanti della regione distinguono poi col nome di *la Vallée* — in opposizione a quello di *Montagne*, dato all'altopiano di Langres — un solco che interrompe un poco la continuità degli altipiani calcarei. Inciso in terreni marnosi, si svolge ad arco di cerchio da Nuits-sous-Ravières a Neufchâteau, dall'Armançon alla Mosa, dando adito, ai piedi di Chatillon-sur-Seine, ad un buon assieme di sorgenti. Ma al di là v'ha una nuova regione di calcari compatti a vallate strette, declivi ripidi. Poi un'altra zona, *la Champagne umida*, costituita da argille ferruginose e sabbie, che dalla Puisaye si spinge all'Argonna. Sul suolo impermeabile le acque scorrono incerte, moltiplicando gli affluenti dei corsi principali, alimentando stagni e paludi: i corsi d'acqua scorrono in vallate ampie, fra le alluvioni distese su grandi superficie.

Hanno però un poco modificata la loro direzione e scorrono alquanto perpendicolarmente ai corsi principali, così l'Armance, l'Hozain, la Barse, la Voire, l'Aisne.

Ma nelle aride pianure della creta bianca della *Champagne asciutta*, gli affluenti vengono a mancare, le acque delle precipitazioni atmosferiche scompaiono nelle sabbie sotto le argille e

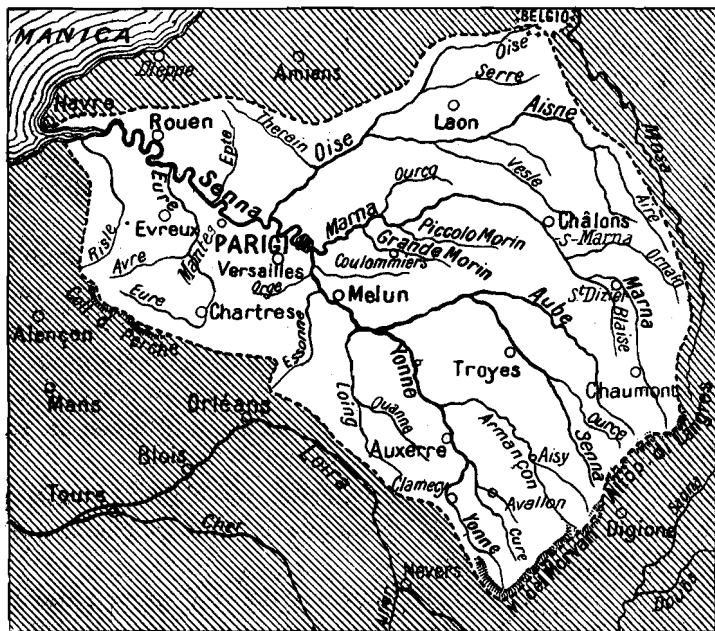


FIG. 1ª. — Idrografia del bacino della Senna.

penetrano nelle fessure del massiccio cretaceo. I pochi corsi di acqua della regione sono: la Vanne, l'Oreux, l'Orvin, la Vesle, la Somme-Soude, la Serre, ecc.

Tuttavia le acque sorgive che affiorano nei *talweg* dei corsi principali aumentano di tanto la loro portata ch'essi diventano navigabili.

Si è così giunti, seguendo il corso dei fiumi, alla regione dove è sorta Parigi. La Marna e la Senna si riuniscono, mentre l'Oise non tarderà molto a raggiungerle.

Da ogni lato la caratteristica della regione parigina è l'altopiano: al nord si ergono le aride piattaforme del travertino la-

custre del Valois; verso sud le prime alture che si svilupperanno in vero altopiano nel paese di Beauce; ad occidente i massicci calcarei solcati dall'Oise, mentre ad oriente si stende il compatto altopiano, traverso cui si sono aperte il passaggio la Marna e la Senna, conosciuto col nome di paese di Brie, regione impermeabile ed umida. Nella parte orientale, la più elevata, sono frequenti le marne che alimentano numerosi stagni, ma a poco a poco inclinandosi verso il centro del bacino, l'altopiano diventa più omogeneo e fertile. I travertini di Brie prevalgono definitivamente. In questo massiccio i corsi d'acqua incidono delle vallate profonde e sinuose: i principali affluenti della Senna e della Marna sono il Voulzie, lo Jerrès, il Grande Morin, il Piccolo Morin, il Surmelin, l'Ourcq con parecchi subaffluenti nei terreni a calcari del Tardenois e Valois.

Mentre a nord della Senna la superficie è costituita dagli strati più antichi delle formazioni calcaree, sulla riva sinistra predominano terreni di epoca più recente: sabbie di Fontainebleau e calcari di Beauce. Dapprima, a sud della Senna, l'Hurepoix costituisce una zona di transizione di massicci calcarei e vallate sabbiose assai ricca d'acque, che hanno facilmente erose le sabbie friabili.

Queste predominano definitivamente in un'altra zona, la quale si estende in diagonale da Nemours e Fontainebleau, a Rambouillet e Montfort d'Aumauray.

Al di là della cintura di sabbie si delinea nettamente l'altopiano della Beauce: il calcare lacustre, permeabilissimo e fissurato, è incapace di rattenere le acque, dimodochè su grandi spazi mancano valli e torrenti. Nessuna regione della Francia presenta sopra una superficie così estesa una tale uniformità di livello, come le terre che da Elbeuf vanno a Montargis: le campagne si succedono alle campagne, le pianure alle pianure, senza che l'altitudine superi la media di 150 metri. I pochi corsi d'acqua, senza gli affluenti, sono il Loing, l'Ouanne, Orvanne, Essonne, Ecolle, ecc. All'opposto le argille terziarie del Gatinais sono impermeabili: non si potrebbe dubitarne vedendo i numerosi stagni che ne coprono la superficie, ma tuttavia ciò non ha grande influenza sul regime della Senna causa il poco rilievo del suolo che ostacola il defluire delle acque.

Rimangono ancora da ricordarsi l'Aisne, l'Oise e l'Eure, i

principali affluenti della Senna nel tratto fra Parigi e Rouen: i primi due hanno a loro volta numerosi subaffluenti, alimentati dalle importanti sorgenti dell'argilla plastica del Soissonnais; l'Eure, molto ramificata nel corso superiore manca di affluenti nel corso medio ed inferiore.

Da quanto siamo venuti esponendo si può senz'altro dedurre il modo secondo il quale scorreranno nei diversi terreni le acque fornite dalle precipitazioni atmosferiche e quali siano i terreni di natura impermeabile o permeabile. Non è il caso però di ricordare per esteso quali siano le proprietà, di detti terreni. Nei primi, non potendo l'acqua infiltrarsi negli strati del suolo, essa scorrerà, normalmente, in modo generale alla superficie; nei periodi di pioggia ogni solco sarà percorso da un ruscello, ogni vallata da un torrente o da un fiume; perciò in tali terreni i corsi saranno numerosissimi. Nei secondi al contrario l'acqua, assorbita quasi per intero, scomparirà negli strati inferiori sino a che non riapparirà nelle sorgenti disseminate nelle valli più profonde: quindi scorrere delle acque quasi nullo — solo ove le pendenze siano forti — e conseguentemente scarsezza di corsi d'acqua.

Queste due serie di fatti si verificheranno sui terreni del bacino di Parigi nel modo seguente: se la valle, anche di dimensioni ridotte, appartiene al granito, al *lias*, ai terreni del cretaceo inferiore o alle argille terziarie, un ruscello od un torrente ne occuperà il fondo, se appartiene invece ai calcari oolitici, al calcare grossolano di Beauce, alle sabbie di Fontainebleau, nelle vicinanze del *talweg* non si osservano nè ruscello nè torrente, spesso le coltivazioni si estendono sino al fondo delle vallate senza che si faccia sentire la necessità di incanalare le acque piovane.

È necessaria ancora qualche parola sulle funzioni esercitate dalle sorgenti, limitandoci però a quei fatti caratteristici che potranno in seguito esser da noi richiamati.

Le sorgenti, alimentate in misura diversa dalle acque che circolano nelle fessure delle rocce compatte o negli interstizii delle sabbie dei terreni arenacei, possono trovarsi, occupando estensioni più o meno grandi, tanto in terreni permeabili quanto in terreni impermeabili.

Negli ultimi la presenza di sorgenti non è un fatto molto saliente nella maggioranza dei casi, trovandosi esse solo a poca profondità, in quegli stati detritici superficiali che ricoprono le rocce

più compatte, e che possono essere più o meno impermeabili o permeabili, specialmente se coltivati. Questo fatto ha naturalmente una certa influenza sui corsi d'acqua della regione: le acque assorbite dai detriti arenacei si immagazzinano nelle innumeri fessure che solcano sempre la massa delle rocce alla loro superficie e queste finiscono ad un assieme di piccole sorgenti, le quali, specialmente se la regione è umida e ricca di piogge, alimentano molti ruscelli di carattere perenne. Ora, è noto come nei terreni impermeabili le oscillazioni di livello di un corso d'acqua siano repentine. Dopo una pioggia, l'acqua scorrendo alla superficie giunge rapidissimamente ai *talweg* dimodochè il livello delle acque nel letto di un torrente aumenterà nello spazio di poche ore; ma dopo, col cessare delle piogge, tale livello dovrebbe diminuire in breve.

A questo punto si manifesta l'azione delle piccole sorgenti, più sopra ricordate, le quali, gonfiatesi per la pioggia caduta, bastano, assieme al lento scolare delle terre coltivate, a sostenere il livello delle acque alquanto elevato durante un periodo di tempo indeterminato. Cosicchè una piena di alcune ore può dar luogo ad un decrescere di più giorni. È questo fenomeno che porta per l'appunto un divario fra i corsi d'acqua dei terreni impermeabili del bacino parigino. Nel Morvan, regione granitica, i ruscelli e gli affluenti secondari si gonfiano, nella stagione umida, molto rapidamente e possono determinare delle piene violente nel corso d'acqua principale. Tuttavia, siccome la regione è molto piovosa, le piccole sorgenti sono facilmente alimentate e ciò fa sì che i torrenti abbiano un carattere di certa perennità. All'opposto negli altri terreni impermeabili del bacino, quali il *lias* dell'Auxois, il cretaceo inferiore, le argille di Brie e del Gatinais, ogni corso d'acqua è torrentizio e può dare alle piene della Senna un aspetto pericoloso.

In questi terreni i corsi d'acqua possono essere definiti come aventi sempre un carattere violento, in cui i mutamenti di livello sono rapidi e repentini e che per la maggior parte sono soggetti a difetto di continuità, poichè dopo aver coperto, nel periodo di piogge, gran parte della vallata, dopo qualche giorno scompaiono o si riducono a piccoli rigagnoli.

Nelle pianure dell'Auxois e nel paese di Brie quasi tutti i torrenti rimangono a secco durante l'estate o anche durante più

anni continuatamente, per poi raggiungere in pochi giorni o poche ore una portata considerevolissima.

Basterà ricordare l'Armanche che, malissimo alimentata durante la stagione asciutta, entra quasi periodicamente in piena nella stagione umida.

Carattere speciale hanno i terreni della Brie e del Gatinais che, pure essendo di natura impermeabile e molto estesi, svol-

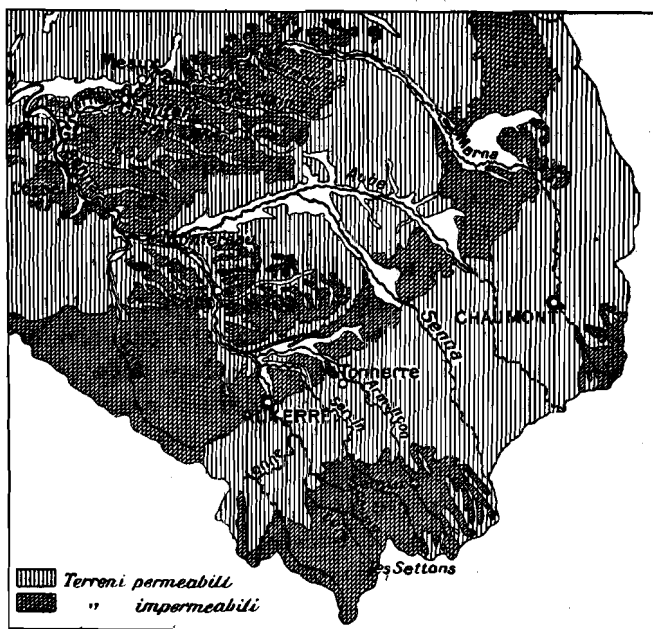


FIG. 2^a. — Carta schematica dei terreni a monte di Parigi.

gono un'azione assai debole nella formazione delle piene della Senna. La ragione principale di tal fatto sta nell'andamento del rilievo ch'è pochissimo accidentato ed in generale assai pianeggiante dimodochè le acque solcano con molta difficoltà la superficie del suolo con ruscelli e torrenti e si perdono invece in stagni e paludi. Nella Brie essi presentano una doppia caratteristica: entrano in piena con molta rapidità dopo piogge persistenti, mentre nelle annate regolari, alimentati da buone sorgenti, si comportano come corsi d'acqua tranquilli.

Nei terreni permeabili i fenomeni cui danno luogo le sorgenti,

di gran lunga più importanti, variano a seconda della disposizione orografica del suolo. In primo luogo è noto come tali sorgenti siano alimentate dalla falda d'acqua che si è costituita a mezzo delle acque delle precipitazioni atmosferiche scese attraverso gli strati permeabili sino allo strato impermeabile nelle fessure del quale si sono raccolte.

La falda d'acqua avrà il suo punto di scolo nel fondo delle valli incise nella massa di terreni permeabili non solo, ma contemporaneamente, meglio protetta contro l'azione dei raggi solari dalla linea di crinale delle colline circostanti, grazie allo spessore maggiore del terreno che la ricopre, andrà rialzandosi lungo i fianchi della valle, affiorando a mezzo di altre sorgenti.

Queste sorgenti però saranno ad altitudine varia, potendo l'altitudine della falda acquifera variare a sua volta sia per l'abbondanza maggiore o minore delle precipitazioni atmosferiche, sia per l'evaporazione più o meno forte di una data stagione: perciò la linea superiore di affioramento subirà oscillazioni che potrebbero essere determinate volta per volta, ciò che condurrebbe a stabilire in seguito la importanza e il valore delle sorgenti effimere di una data regione. L'interesse di tale ricerca sta nel fatto che nel corso di un fiume, proprio ad un terreno permeabile, al di là di una certa sorgente, la quale può considerarsi come iniziale, verso monte, il corso stesso finirà in effetto, malgrado altre sorgenti esistano, poichè queste vanno soggette a soluzioni di continuità, rimanendo a secco nella stagione calda. Così avviene per le sorgenti dei calcari marnosi, che, numerosissime, sono sempre a secco nelle vallate secondarie durante l'estate, mentre solo più a valle, quasi al punto di confluenza colla vallata principale hanno carattere di perennità. Vi possono inoltre essere ad altitudine ancora maggiore sorgenti, che non danno acqua che durante le più grandi piogge delle annate piovose.

Dovendo, come si vede, in questi terreni l'acqua delle precipitazioni atmosferiche passare, prima di giungere al talweg per le sorgenti, un aumento di livello nel corso d'acqua dopo un periodo di piogge, avverrà molto lentamente e molto lento sarà il successivo degradare delle acque. È questo il carattere precipuo dei fiumi di tipo tranquillo in cui le oscillazioni non sono mai brusche e repentine; in cui le piene avverranno senza recare gravi pericoli. Quanto all'estensione delle falde acquifere essa è molto

irregolare, nei terreni calcarei; continua ed abbondante nei terreni a sabbia pura e grossolana: così pei calcari di Beauce e le sabbie di Fontainebleau. Ecco ora come sono ripartiti i terreni nel bacino della Senna:

Terreni impermeabili.	km. ² 19.440
Terreni permeabili.	* 59.210
Totale	km. ² 78.650

È venuto così il momento di dire una parola sull'ordine con cui passano le acque dei diversi affluenti a Parigi, chè è questo il luogo ove una piena della Senna prende la sua forma definitiva ed il suo carattere.

Una piena torrentizia venuta da uno dei punti più lontani passa a Parigi 3 o 4 giorni dopo. La piena corrispondente dei corsi d'acqua tranquilli è in ritardo di almeno 4 o 5 giorni. Quindi, mentre le prime hanno a Parigi la precedenza, le seconde sostengono a loro volta quelle. Se un nuovo fenomeno meteorologico produce una seconda piena, mentre la prima scola, esso fa crescere il fiume in modo continuo, se si eccettuano le brevi diminuzioni di livello parziali che seguono il passaggio delle acque torrentizie. Cosicchè se gli affluenti provocano nell'intervallo di un mese sette ed otto volte piene successive la Senna a Parigi cresce continuamente durante tutto il mese, come se provasse una piena unica.

In generale per la Senna, salvo eccezioni, si può dare il seguente esempio preso sui tre fiumi principali che concorrono alla sua formazione: Yonne, Alta Senna e Marna. Quando si producono delle piogge generali la piena dello Yonne arriva prima al confluente dopo 3 o 4 giorni e produce la massima quota. Le acque dell'Alta Senna e della Marna, corsi d'acqua tranquilli, sono in ritardo di circa 4 o 5 giorni, 8 o 9 giorni dopo il fenomeno meteorologico iniziale: esse sostengono la prima piena.

Per avere delle piene di grande portata a Parigi bisogna vi sia coincidenza fra le piene torrentizie dello Yonne e quelle lenti della Marna e dell'Alta Senna, ciò che avvenne per la piena del gennaio 1910.

II.

Accennato alle caratteristiche geologiche del bacino della Senna ed alle influenze ch'esse hanno sull'idrografia, passeremo ad un rapido studio delle condizioni meteorologiche della regione e degli effetti ch'esse sono suscettibili di produrre sul regime idrografico stesso.

È da considerarsi in primo luogo, per il bacino della Senna, un fatto d'indole generale, ma di grande importanza, dovuto alla posizione geografica del bacino medesimo. Esso, per quanto riguarda le piogge, è sottomesso alle stesse influenze atmosferiche in tutta la sua estensione: allorchè si stabilisce un periodo di siccità questo regna da per tutto; allorchè il tempo è piovoso, esso lo è dal Morvan al mare. Tale constatazione venne già fatta dal Belgrand e poi fu ripresa, con dati più completi e per un periodo a noi più prossimo, dal Maillet. Egli determina che le medie delle piogge di ogni stagione fredda o calda per i bacini dei diversi affluenti variano presso a poco nello stesso rapporto, e cioè, una stagione che sia asciutta o piovosa per l'assieme del bacino lo è pure per tutti i singoli bacini parziali. Ora tale stato di cose non è che una conseguenza diretta della omogeneità del clima di tutta la regione francese posta a nord dell'altopiano centrale, omogeneità che si estende a tutto il paese compreso fra i Vosgi e l'Oceano.

Gli studî iniziati dall'ingegnere Belgrand e proseguiti dagli ingegneri del servizio idrometrico della Senna, hanno condotto a comprovare che la distribuzione delle piogge nel bacino della Senna segue delle leggi generali assai facilmente determinabili a seconda dell'altitudine delle stagioni e della loro distanza dal mare (1).

Si possono considerare quattro regioni:

1° Una zona molto esigua nel Morvan — la più elevata del bacino, essendo ad un'altitudine che varia fra i 600 ed i 900

(1) BELGRAND, op. cit., cap. III, pag. 64 e seg., cap. XXI, pag. 387 e seg. ED. MAILLET, *Les grandes crues de la saison froide dans les bassins de la Seine et de la Loire*, « Annales des Ponts et Chaussées, 8^{me} série XXIII », 1906, pag. 53-72.

metri — ed in cui la quantità media di pioggia oscilla annualmente fra i 1400 ed i 1700 mm., quantità invero ragguardevole quando nelle stazioni più umide dell'Europa, poste nei Pirenei e nelle Alpi, non si oltrepassano i 2000 mm. Alla stazione Haut-Folin (902 m.) l'altezza media di pioggia durante il decennio 1880-1900 raggiunse i 1530 mm. e solo nell'anno 1900 ne caddero 1752. Ai Settons (595 m.) la media di 20 anni è di 1609 mm.

2° La quantità annua di pioggia diminuisce poi coll'altitudine, ma lungo le linee spartiacque, verso le sorgenti della Senna, della Marna, dell'Oise e dell'Aisne essa è ancora di 900 mm. all'anno. A Chatillon-sur-Seine a poca distanza dalle sorgenti della Senna (alt. di m. 238) l'altezza media annua per l'ultimo ventennio (1880-1900) è di 817 mm. Così alla stazione dell'altopiano di Langres (468 m.) si registrarono in media dal 1871 al 1890, 937 mm. A Sainte-Ménéhould, nella valle superiore dell'Aisne (alt. m. 137) si ha una media di 788 mm. Infine ad Hirson sull'Oise (196 m.), presso i limiti del bacino dell'Escaut, l'altezza media per un decennio è di m. 793 all'anno.

3° Verso il centro del bacino la quantità di pioggia è minima. In questa zona sono compresi, oltre Parigi, la maggior parte della Champagne umida e della Beauce e la valle dell'Oise. La media annua è di 550 mm. All'officina municipale di Saint-Maur (37 m.) la media è di 562 mm. per un ventennio.

4° Avvicinandosi al mare la quantità di pioggia torna ad aumentare, anche se minime siano le altitudini (1).

Premessi questi principî bisogna vedere di stabilire entro quali limiti massimi dovranno oscillare le quantità di pioggia perchè la loro azione sui terreni sia tale da condurre ad una piena dei corsi d'acqua.

Venne determinato, in primo luogo, a mezzo di osservazioni fatte durante un numero sufficiente d'anni che le piene, e specialmente le più importanti, non avvengono, nei diversi bacini fluviali, con frequenza uguale durante ogni stagione o mese. In Francia, e soprattutto per la Senna, le grandi piene sono più frequenti nei mesi che costituiscono la cosiddetta stagione fredda

(1) *Résumé des observations centralisées par le service hydrométrique du bassin de la Seine pendant l'année 1910* in Ann. de la Soc. de Météor. Année 1902.

(1° novembre-30 aprile) che non nei mesi che costituiscono quella calda (1° maggio-31 ottobre).

Tale constatazione aveva già condotto il Dausse a formulare una legge assai importante, per quanto molto generale: le piogge dei mesi estivi non recano alcun vantaggio ai corsi d'acqua, mentre l'opposto avviene per le piogge della fine dell'autunno, dell'inverno e dell'inizio della primavera. Egli aveva infatti osservato che a partire dall'anno 1777 le acque della Senna a Parigi non avevano oltrepassata la quota di metri 3,60 alla scala del ponte della Tournelle durante i mesi di giugno, luglio, agosto, settembre, ottobre.

Successivamente, e a partire dal 1854, il Belgrand constataba due eccezioni a questa regola: il 4 giugno 1856, giorno in cui la Senna raggiungeva la quota di m. 4,98 alla scala del Pont-Royal; ed il 29 settembre, 1886 in cui la quota era di m. 6,20. Ma nel primo caso la piena del giugno non fu che un seguito della grande piena del maggio: si tratterebbe così di un prolungarsi della stagione fredda oltre i suoi limiti ordinari. Nel secondo caso si verificarono condizioni meteorologiche del tutto speciali: le piogge cominciate verso la metà del luglio continuarono senza interruzione sino al cataclisma. Ne seguì che il suolo fu non solo permanentemente in istato di saturazione, ma la maggior parte degli affluenti entrò più volte in piena (1).

A prima vista non parrebbe che la legge suddetta fosse troppo naturale considerato che appunto nella stagione calda le piogge sono più frequenti ed abbondanti, ma, su questo punto gli studi del Belgrand ed i recentissimi del Maillet, non lasciano sussistere per il bacino della Senna, più alcun dubbio.

Il Belgrand cominciò a stabilire per i terreni del bacino della Senna, che siano di natura permeabile un *punto di saturazione* che si sarebbe verificato ogni qualvolta le acque piovane avrebbero avuta un'azione positiva sulle falde acquifere; e per quelli di natura impermeabile un *punto di scolo* da raggiungersi quando le acque delle precipitazioni atmosferiche avrebbero cominciato

(1) Vi sarebbero ancora due altre eccezioni alla regola del Dausse: la piena del 13 giugno 1757 con quota di m. 3,95 alla Tournelle; e del 16 al 20 luglio 1816 (m. 3,59). Per la prima mancano però i dati sulle piogge preparatorie, mentre per la seconda non si danno che vaghe notizie.

a scorrere in modo generale alla superficie del suolo. L'uno e l'altro studio si ottengono contemporaneamente poichè corsi d'acqua tranquilli e corsi d'acqua torrentizi entrano in piena nello stesso tempo; solo questi aumentano più rapidamente.

Il Maillet, pur non contraddicendo al principio del suo predecessore, è condotto tuttavia a precisare altrimenti il valore di ogni terreno permeabile o impermeabile (1).

Ogni terreno deve considerarsi impermeabile quando esso può assai frequentemente, nelle nostre regioni, giungere a non più assorbire, s'esso è già stato sufficientemente sottoposto all'azione delle acque piovane, altra acqua. Questo principio conduce quindi a dover tener conto di molti altri fattori che non siano quelli puramente geologici, cui sembra essersi attenuto in modo più stretto il Belgrand. Il Maillet viene in tal modo a seguire un'altra via per giungere alla soluzione di un problema di per se stesso tanto arduo. Quali fattori geologici sono da considerarsi la natura degli strati superficiali ed il loro spessore; quali fattori geografici: la posizione geografica dei luoghi, la loro esposizione, le rispettive altitudini, l'andamento topografico generale d'ogni bacino parziale, lo stato ed il tipo di cultura locale. In base a questi criterî uno studio accurato della regione delimitata dal bacino della Senna potrebbe condurre a risultati nuovi mutando in buona parte la classifica dei terreni proposta dal Belgrand e seguita ancor'oggi, ciò che potrebbe anche dare un risultato più sicuro che non la considerazione di un mutamento climatologico, come alcuni e fra essi il Maillet, sembrano proporre. Non voglio negare che una variazione di clima non sia possibile ad avverarsi, ma in tale genere di ipotesi bisogna essere molto guardinghi: occorrono molti decenni d'esperienza, molti punti di confronto sicuri per arrivare a conclusioni che sono poi da accettarsi sempre con molto riserbo. Mentre qualche altra conclusione possibile sarebbe appunto da ricercarsi a mezzo di un largo studio di tutti quei fattori geografici cui abbiamo sopra accennato.

Quanto il Maillet stabilisce perchè un terreno possa considerarsi come impermeabile è anche applicabile ai terreni permeabili, i quali dal momento in cui avranno raggiunto il loro punto di satu-

(1) Ed. MAILLET, *Les prodromes des crues*, etc. 1908.

razione non sono più da considerarsi come tali. Quest'ultima considerazione può del resto trovar una prova nel fatto che abbiamo ricordato e cioè che corsi d'acqua d'ambo i terreni entrano contemporaneamente in piena, variando solo nel modo di aumento di livello.

Esisterà poi pei piccoli corsi d'acqua dei terreni impermeabili — nei terreni permeabili ciò avverrà pure, ma in modo meno netto — una data quota d'acqua, detta *critica*, caratteristica del punto di scolo. Diamo qui alcune quote proprie di diverse stazioni del bacino della Senna e che abitualmente servono ad indicare, nel calcolo degli aumenti di livello, l'iniziarsi di una piena (Tab. I-a).

TABELLA I.

(a) Fiume o torrente	Stazione	Quota	(b) Stazione	Altitudine	Stagione fredda		Stagione calda	
					Limiti	Media	Limiti	Media
Yonne	Château-Chinon.	0 m, 30	Bas Folin . . .	700 m.	100-140	120	120-200	150
Cousin	Avallon.	0 m, 70	Château-Chinon	556 m.	90-140	115	100-180	125
Armançon . . .	Aisy	0 m, 45	Settons.	596 m.	120-170	150	120-200	160
Grande Morin .	Pommeuse . . .	0 m, 90	Clamecy	147 m.	50-70	60	60-100	75
Marna	Chaumont . . .	0 m, 25	Vezeley	249 m.	60-90	75	70-100	80
Aisne	Sainte Ménéhould	0 m, 50	Montbard	216 m.	70-80	75	70-100	85

Ma per realizzare detta quota critica è necessaria una certa quantità di piogge, che dovranno dare totali sufficienti per produrre la saturazione dei terreni, e che saranno conosciute come *piogge preparatorie*. Le quantità potranno variare entro certi limiti e secondo la stagione, la temperatura, la siccità od umidità dei mesi precedenti. Diamo alcuni dei totali che debbono esser realizzati nello spazio di 20 giorni o di un mese per lo Yonne ed affluenti (Tab. I-b).

Il rapporto fra la quantità d'acqua caduta su di una regione ed il volume d'acqua misurato dal corso stesso è dato da un coefficiente che varia col grado di permeabilità del suolo. Esso raggiunge 0,75 pei graniti del Morvan, mentre per il bacino dell'Eure non oltrepassa 0,15. Tale coefficiente fu calcolato per la piena dell'anno 1876 dagli ingegneri Belgrand e Lemoine i quali,

tenendo conto della superficie corrispondente alle diverse stazioni, calcolarono l'altezza di pioggia caduta a monte di Parigi, dal 1° febbraio al 10 aprile, di mm. 217.

Tale altezza d'acqua corrisponde ad un cubo di 9475 milioni di metri cubi e poichè la portata totale della Senna a Parigi dal 16 febbraio al 10 aprile fu calcolata a 4231 milioni di metri cubi se ne deduce un coefficiente di 0.45 (1).

In tesi generale però mancano nei mesi della stagione calda le piogge preparatorie, o almeno sono di scarso effetto bastando due o tre giorni di calore e bel tempo perchè l'evaporazione dissecchi il suolo di tanto che un nuovo periodo di umidità si mostri necessario, ciò che conduce a delle soluzioni di continuità nello stato di saturazione del suolo, fatto meno facile ad avverarsi durante la stagione fredda. Non è da credersi tuttavia che le piogge della stagione estiva, specie se abbondanti, non abbiano un'azione positiva sui terreni in rapporto alle piene. Ma quest'azione si estende non tanto alle piene della stagione calda quanto a quelle della stagione fredda immediatamente seguente. Si giunge così col Maillet, stabilendo con più sicurezza fatti già accennati da Dasse e Belgrand, a formulare per il bacino della Senna ed affluenti, la seguente legge: v'ha rapporto fra i massimi delle piene della stagione fredda (1° novembre-1° maggio) a Parigi, e l'importanza delle piogge della stagione calda (1° maggio-1° novembre) immediatamente precedente. All'uopo è stato tenuto conto di una serie di 31 anni, dall'anno 1874 cioè all'anno 1904, calcolando: le medie delle piogge di ogni stagione calda e per tutto il bacino; e le massime quote registrate a Parigi durante la stagione fredda successiva.

La media generale pei 31 anni è di 380 mm, di pioggia annualmente. Considerando poi ogni anno particolarmente tanto in rapporto alle quantità di pioggia caduta, quanto in rapporto alle quote raggiunte dalle acque della Senna a Parigi, si trova che tutte le quote di almeno 5 metri verificatesi durante una stagione fredda furono precedute da stagione calda in cui si registrò una

(1) *Annales des Ponts et Chaussées*. 1^{er} semestre 1877.

TABELLA II.

Anno	Media delle piogge in mm.	Quote massime in centimetri	Anno	Media delle piogge in mm.	Quote massime in centimetri
1900	272	380	1888	389	578
1874	295	330	1892	396	380
1904	305	200	1890	398	280
1893	318	350	1879	400	560
1876	323	430	1891	407	410
1884	324	420	1903	414	420
1895	327	440	1883	430	310
1901	330	290	1885	440	560
1898	334	310	1875	450	669
1899	341	370	1886	452	360
1897	349	250	1882	454	624
1887	352	400	1880	460	500
1881	353	090	1896	497	560
1894	364	310	1878	498	564
1877	365	360			
1902	369	290			
1889	369	229			

media di oltre 380 mm. di pioggia. All'opposto i più forti minimi si trovano nella prima parte della tabella ove sono raggruppati a loro volta tutte le medie di pioggia annue che non raggiunsero i 380 mm.

Sarebbe quindi questa una constatazione assai importante che essa offrirebbe modo di avere già un prodromo sulla possibilità di forti livelli nel corso della Senna. Altri prodromi si è tentato dedurre, come vedremo in seguito, da osservazioni di natura diversa. Intanto credo però di poter fare osservare che malgrado forti piogge nella stagione estiva non sempre si ebbero forti quote corrispondenti.

È evidente quindi che altri elementi possono entrare ad aumentare od annullare gli effetti delle precipitazioni atmosferiche. In primo luogo bisogna tener conto del modo come le piogge sono distribuite, poichè sovente è più la cattiva loro ripartizione che non la loro quantità che può più o meno rapidamente influire sui livelli dei torrenti. Ancora sono da osservarsi l'andamento della temperatura, le percentuali date dalla nebulosità e dall'insolazione; possibilmente calcolare l'estensione di terreni che si possono già ritenere come saturati e più avanti lo stato di congelazione del suolo, i tipi di coltivazione adottati, lo stato di vegetazione delle foreste e delle colture, come queste sono distribuite e se siano state modificate coll'andar del tempo, ecc. ecc.

L'ufficio delle forti piogge della stagione calda essendo quello di mantenere l'imbibizione quasi costante dei terreni e d'impedire il loro riseccarsi totale o parziale, soprattutto alla superficie, bisognerà che qualora le piogge o gruppi di pioggia siano distanziati da lunghi intervalli, non si verifichino nel contempo periodi di temperature elevate, unitamente a periodi di forte insolazione che potrebbero via via annullare gli effetti delle precipitazioni atmosferiche avvenute. Ciò potrebbe anche spiegarci come mai a totali di pioggia di oltre 450 mm. abbia corrisposto una quota massima di soli 3 metri 60; a 430 mm. una quota di 3 metri 10; mentre due quote analoghe di metri 3.10 sono rispettivamente ottenute con medie di 334 e 364 mm.; e quote di 3 metri 80; e 5.78 con medie non superiori a 272 e 389 mm., ed infine una quota minima di metri 0.90 fu preceduta da una stagione calda che dette una media di pioggia di 352 mm.

Da queste anomalie mi pare si debba venire alla conclusione che l'azione delle forti piogge di stagione calda sulle piene di stagione fredda successiva se non può essere negata, deve tuttavia esser ritenuta come molto variabile e ciò in base all'influenza di molti altri elementi, ai quali ho già accennato e che dovrebbero essere sottoposti ad uno studio diligente e possibilmente esauriente. Dovrebbe quindi essere di nuovo ripresa la serie d'anni indicati dal Maillet, estendendo le ricerche a tutti i fenomeni meteorologici ed idrologici avvenuti durante il trentennio e ciò in base ai dati raccolti dall'ufficio meteorologico e dal servizio idrometrico della Senna.

Giunto a questo punto credo opportuno presentare le osser-

vazioni raccolte dal « Service hydrométrique du bassin de la Seine ». Tali osservazioni sono ad un tempo meteorologiche ed idrologiche e si riferiscono ad un periodo di trentasei anni e cioè dal 1872 al 1908. Comincerò collo studiare i dati dei tre periodi decennali 1871-1880; 1881-1890; 1891-1900, rispettivamente raggruppati in tre rapporti; poi i riassunti annuali dal 1900 al 1908.

Il rapporto decennale 1871-1880, come da tabella qui unita presenta una serie d'anni assai piovosi che danno una media di 92 mm. in più sul decennio antecedente.

TABELLA III.

1861-1870	1861	1862	1863	1864	1865	1866	1867	1868	1869	1870
Media: 636	517	628	605	570	651	895	756	656	592	472
1871-1880	1871	1872	1873	1874	1875	1876	1877	1878	1879	1880
Media: 728	608	830	673	546	715	700	821	875	733	755

Le medie della temperatura a Saint Maur sono pei due decenni 1861-1870: 10.28; 1871-1880: 10.83.

L'anno che dette maggiore quantità d'acqua fu il 1878 con 875 mm.; all'opposto il 1874 non dette che 546 mm. In complesso il periodo di siccità indicato dal Belgrand per gli anni 1857-1870 non si protrae oltre, anzi la media dei dieci ultimi anni dà un forte eccedente sul periodo precedente. Solo 1871 e 1874 fanno eccezione, ma, malgrado la eccessiva siccità di quest'ultimo, il periodo di umidità si annunzia nettamente dal 1875, con un massimo verso 1878 e senza che i freddi eccezionali dell'anno 1879 l'abbiano interrotto.

Per quanto riguarda i mutamenti di livello delle acque nel corso della Senna possiamo presentare la seguente tabella in cui sono considerate le altezze medie di pioggia per ogni stazione fredda e calda, presa a parte, assieme alle quote riscontrate alla scala del ponte d'Austerlitz.

TABELLA IV.

Stagioni fredde	Altezza media delle piogge	Quota media	Stagioni calde	Altezza media delle piogge	Quota media
1873-1874	155 mm.	0,60	1874	295 mm.	-0,01
1874-1875	301 mm.	1,05	1875	450 mm.	0,37
1875-1876	372 mm.	2,17	1876	323 mm.	0,37
1876-1877	438 mm.	1,82	1877	365 mm.	0,55
1877-1878	356 mm.	1,51	1878	499 mm.	0,77
1878-1879	407 mm.	2,93	1879	400 mm.	0,94
1879-1880	229 mm.	1,26	1880	460 mm.	0,39
1880-1881	369 mm.	2,35			

Dall'esame di questa tabella si deduce che l'insufficienza di piogge della stagione fredda 1873-1874 è causa della siccità veramente eccezionale durante la successiva stagione calda, in cui la quota media di -0.01 persiste durante sei mesi o più precisamente 171 giorni, malgrado piogge di 295 mm. Abbiamo all'opposto tre periodi notevoli per gli alti livelli raggiunti dalle acque della Senna. Nella stagione fredda 1875-1876 la Senna raggiunse la quota di metri 6.69; nella stagione calda precedente si erano registrati 450 mm. di pioggia. Nell'inverno 1878-1879 la quota massima era di metri 5.39 e le piogge della stagione calda 1878 raggiungevano 499 mm. Infine nella stagione invernale 1880-1881 si registrava una quota massima di metri 5.00 al ponte d'Austerlitz ed un totale di 460 mm. di pioggia durante l'estate che aveva preceduto (1).

Per il decennio successivo 1881-1890 il riassunto generale fu fatto dall'ingegnere Babinet, che giunse a conclusioni non molto dissimili a quelle ottenute per il periodo antecedente. I diversi anni benchè leggermente meno piovosi dei precedenti, furono di gran lunga più umidi, nel loro assieme, a quelli della serie 1861-1870, come dal confronto colla tabella qui unita può apparire:

(1) *Résumé des observations météorol. et hydrométriques de 1870 à 1880, etc.*, in « Ann. Soc. Météor. de France, 1881, pag. 231 e seg.

TABELLA V-A.

1881-1890	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887	1888	1889	1890
Media decennale: 711	642	864	737	611	772	808	615	712	679	665

Riguardo la temperatura si ebbero:

TABELLA V-B.

1880-1890	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887	1888	1889	1890
Media dec. 10,43	10,45	10,85	10,80	11,29	10,39	10,78	9,76	9,69	10,23	10,10

Questo periodo non presenta fenomeni eccezionali sotto vari punti di vista. Le più forti piogge caddero nel 1882 e 1886; le più deboli nel 1884 e 1887. Il periodo di umidità cominciato verso il 1871 non si termina nel 1880 e non si attenua che di poco in tutto il corso del decennio seguente. Non vi furono freddi di qualche importanza che alla fine dell'anno 1890, epoca in cui qualche gelata si ebbe sui corsi d'acqua principali.

(*Continua*).