

Fenomeni idrologici e climatologici nel bacino della Senna.

Relazione del socio, Dottor GIORGIO PULLÈ (1)

Per le singole stagioni di tutto il decennio possiamo dare i seguenti dati rispetto le altezze di pioggia; la temperatura e le quote d'acqua al ponte d'Austerlitz (2).

TABELLA VI.

Stagioni fredde	Altezza media delle pioggie	Temp. media a St.Maur.	Quota media	Stagioni calde	Altezza media delle pioggie	Temp. media a St.Maur.	Quota media
1881-82	218	5 ^o ,87	0,31	1881	353	15 ^o ,43	0,23
1882-83	432	6,14	2,51	1882	454	15,20	0,31
1883-84	303	6,12	1,28	1883	430	15,76	0,34
1884-85	348	6,59	1,32	1884	324	16,34	0,09
1885-86	367	5,24	2,36	1885	440	15,22	0,89
1886-87	289	5,13	1,59	1886	452	16,18	0,97
1887-88	376	4,63	1,93	1887	352	15,30	1,03
1888-89	319	3,72	2,04	1888	389	15,03	1,32
1889-90	255	5,10	1,17	1889	369	16,15	1,13
1890-91	275	5,33	1,27	1890	398	15,35	1,03

Segnaleremo dal punto di vista idrologico, un massimo di metri 6.24 il 5 gennaio 1883; un massimo di metri 5.60 l'11 di-

(1) Continuazione e fine. Vedi fasc. precedente.

(2) Per evitare possibili equivoci debbo far notare come, nella terminologia usata dal Servizio Idrometrico di Francia la parola *quota*, o *quota alla scala*, serve ad indicare le altezze positive o negative raggiunte dalle acque alla scala idrometrica locale. Si usa semplicemente il termine *altitudine* quando si vogliono indicare quote altimetriche. Le quote d'acqua sono sempre date in centimetri o metri; le quantità d'acqua delle precipitazioni atmosferiche in mm.; le temperature naturalmente in gradi centigradi.

cembre 1885; un terzo di metri 5.78 il 24 febbraio 1889. Rispettivamente nelle tre stagioni calde che avevano preceduto si erano riscontrati mm. 454, 440, 389 di pioggia. La stagione più asciutta fu quella invernale 1881-1882 e non avrebbe riscontro che nell'anno 1732. Quindi estati assai piovose nelle tre stagioni calde 1882, 1885, 1888.

Il decennio 1891-1900, riassunto dall'ingegnere Maillet, è uguale per siccità al periodo 1861-1870, come da un confronto fra le varie tabelle risulta:

TABELLA VII-A.

1891-1900	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	1898	1899	1900
Media decennale: 668	707	690	595	644	681	774	686	589	663	652

Le temperature medie a Saint Maur furono:

TABELLA VII-B.

1891-1900	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	1898	1899	1900
Media dec. 11° 09	10,08	10,83	11,21	11,32	10,83	10,58	11,38	11,41	11,48	11,80

Diamo qui sotto le altezze medie di pioggia, le medie di temperatura e le quote al ponte d'Austerlitz:

TABELLA VIII.

Stagioni fredde	Altezza media delle piogge	Temperatura media a St. Maur	Quote medie (Austerlitz)	Stagioni calde	Altezza media delle piogge	Temperatura media a St. Maur	Quote medie (Austerlitz)
1891-1892. . . .	328	5°,48	1,83	1891	407	15°,52	1,06
1892-1893. . . .	263	6,13	2,06	1892	396	16,17	0,89
1893-1894. . . .	310	6,15	1,39	1893	318	16,65	0,83
1894-1895. . . .	267	4,40	1,36	1894	364	15,88	0,77
1895-1896. . . .	330	6,78	1,74	1895	327	16,73	0,86
1896-1897. . . .	287	6,15	2,77	1896	497	15,65	1,03
1897-1898. . . .	246	5,88	1,19	1897	349	16,02	1,00
1898-1899. . . .	326	4,82	1,22	1898	334	16,45	0,91
1899-1900. . . .	321	5,78	1,68	1899	341	16,67	1,09
				1900	272	16,90	0,87

Sono particolarmente da ricordarsi per le alte quote riscontrate a Parigi-Austerlitz, gli anni 1892, 1896 e 1897. La stagione fredda 1891-1892, che era stata preceduta da una stagione calda assai piovosa (407 mm.), registrò una quota massima di metri 4.10 il 23 febbraio 1892; Il 18 marzo 1896 la stessa quota era superata di 30 centimetri. Quest'ultima piena, che fu la più forte dopo un periodo di 7 anni, non fu preceduta da una stagione calda che sia da ritenersi di grandi piogge non avendo esse raggiunto che 327 mm.; nè maggiormente umida era stata la stagione fredda stessa (330 mm.) Tuttavia l'anno 1896 rimane l'anno più piovoso della serie decennale per le forti piogge della stagione calda.

Pare che la piena del 18 marzo sia dovuta all'influenza della Alta Senna che si fece sentire in modo tutto speciale. Le forti piogge della stagione calda 1896, cadute specialmente nel settembre ed ottobre, determinano una prima quota assai elevata (5 metri 30) il 1° novembre; poi la continuazione delle piogge durante la stagione invernale successiva (387 mm). conducono ad una piena di metri 5.60 il 15 febbraio 1897.

Esamineremo ora a parte gli anni successivi che ci conducono sino quasi alla vigilia della grande piena del gennaio 1910.

Anno 1900. L'anno 1900 fu uno di quelli che si possono ritenere come dei più asciutti. Benchè sia stato leggermente piovoso nella parte alta del bacino, nella parte bassa e nella regione parigina fu molto asciutto. Dal lato idrologico non si ebbe a verificare durante la stagione fredda 1900-1902 nulla di anormale. Essa s'iniziò avendo i corsi acque basse. Nella seconda quindicina di novembre i corsi d'acqua salgono progressivamente in seguito alle piogge assai importanti del novembre. Ma, salvo una piccola piena all'inizio del dicembre ed una verso il 1° febbraio, le acque non cominciano a salire che nel marzo, continuando, sotto l'azione di forti piogge, sino a parte della prima quindicina di maggio. La quota massima di metri 3.80 fu raggiunta il 18 aprile 1901.

A Parigi i *bas-ports* la cui quota di sommersione è a metri 2.64 simasero sommersi dal 20 al 26 marzo e dal 7 al 24 aprile (25 giorni in tutto); l'acqua sorpassò leggermente dal 18 al 20 aprile le banchine di scarico ed i quais (per le prime la quota di sommersione è a metri 3.76).

Anno 1901. (1). L'annata fu media e non molto diversa dalla precedente: piene sensibili non si ebbero che nel dicembre 1901 gennaio, febbraio ed aprile 1902, come risulta dall'annessa tabella.

TABELLA IX.

Stazione	Quota	Data della quota
Senna a Parigi (dal 1 maggio 1901 al 30 aprile 1902).	2 m., 30	29 dicembre 1901.
	2 m., 90	6 gennaio 1902.
	2 m., 50	31 gennaio 1902.
	2 m., 90	14 febbraio 1902.
	2 m., 80	3 aprile 1902.

È necessario vedere i gruppi di piogge caduti in alcune stazioni, nei periodi che precedettero le piene di cui abbiain dato le quote massime.

TABELLA X.

Stazioni	Stagione calda 1901			Stagione fredda 1901-1902				
	27 giugno-5 luglio 1901	1-15 settembre 1901	1-10 ottobre 1901	8-21 dicembre 1901	24 dicembre-5 gennaio 1901-1902	25-31 gennaio 1902	6-11 febbraio 1902	20-31 marzo 1902
Château Chinon . . .	124	97	96	108	142	95	62	182
Les Settons	95	93	131	118	213	135	89	212
Clamecy	61	39	37	39	52	36	35	57
Avallon	64	51	39	39	45	31	34	53
Auxerre	52	56	42	41	41	37	28	38
Châtillon-sur-Seine . .	31	63	94	46	51	45	45	42
Langres	38	121	92	52	73	58	38	77
Chaumont	47	165	111	63	67	54	50	57
Wassy	50	141	81	60	79	35	50	44
Sainte-Ménéhould . .	27	108	79	55	67	73	45	36
Montcornet	8	83	44	69	61	38	29	27
Hirson	13	55	57	87	70	37	24	28
Coulommiers	39	57	42	42	57	15	26	37

(1) *Résumé des observations centralisées par le service hydrométrique pendant l'année 1901*, par E. MAILLET, in *Annuaire de la Soc. Météor. de France*. Anno 1903, pag. 21 e seg.

Le piogge dall'8 al 21 dicembre furono le così dette piogge preparatorie, verificatesi all'inizio della stagione fredda 1901-1902 che anche dal lato idrologico non è molto disuguale dalla precedente, anzi le quote raggiunte dal livello più alto delle acque della Senna sono alquanto inferiori.

Le acque cominciarono ad aumentare verso il 25 dicembre grazie allo sgelò e alle forti piogge, che producono un aumento di metri 0.48, a Clamecy sullo Yonne e di 2 metri 29 a Saint-Dizier sulla Marna. Tuttavia la quota massima di metri 2.90 a Parigi è dovuta, il 6 gennaio 1902, alla quasi coincidenza di una seconda onda dello Yonne (aumento di 0.38 metri a Clamecy) e della piena della Marna, che straripa a Damery, contemporaneamente all'Alta Senna a Bray, l'Aisne à Pontavert, l'Oise a Hirson. Le acque della Senna a Parigi si abbassano sino a metri 1.20 al 27 gennaio, quando un nuovo aumento dello Yonne (metri 0.60 a Clamecy) fa sì che a Parigi si osservi la quota di 2.50 il 31 gennaio 1902. L'onda dell'Alta Senna, una piccola piena del Grand-Morin ed altre parziali dello Yonne e suoi affluenti, determinano il 14 febbraio la quota di 2.90. La Marna non fa che sostenere la piena. La terza fase ha luogo verso la fine di marzo quando le acque - ridiscende alla quota di metri 1.10 - sotto l'azione di un nuovo aumento dello Yonne, che raggiunge il livello delle sommersioni a Clamecy il 31 marzo, risalgono a Parigi sino a m. 2.80 il giorno 3 aprile. I *bas-ports* sono sommersi dal 4 all'8 gennaio dal 9 al 16 febbraio; e il 3 aprile.

Anno 1902. Quanto a piogge l'anno 1902 non differisce molto dai precedenti; solo è un poco inferiore, come media, per la temperatura. Una sola piena di qualche importanza si verifica nel gennaio 1903, con la massima quota di metri 2.90 il giorno 6; mentre un'altra di metri 2.40 era avvenuta il 24 maggio 1902. La prima piena fu preceduta da depressioni barometriche importanti o almeno da minimi inferiori ai 740 mm. a Saint-Maur con venti di sud e sud-ovest, meno verso la fine di dicembre in cui il vento fu fra sud e ovest (1).

(1) *Résumé des observations centralisées*, etc., pendant l'année 1902, in *Annuaire de la Soc.*, etc. Anno 1904, pagg. 33 e seg.

TABELLA XI.

Stazioni	Stagione calda 1902	Stagione fredda 1902-1903			
	13-24 maggio	25 novembre- 22 dicembre	27 dicembre- 5 gennaio	28 febbraio- 8 marzo	22 aprile- 1° maggio
Château-Chinon .	114	153	90	53	91
Les Settons . . .	170	211	123	124	10
Clamecy	51	58	36	28	37
Avallon	48	55	45	33	40
Auxerre	70	47	44	28	22
Châtillon	82	64	51	34	48
Langres	67	83	73	43	87
Chaumont	84	95	104	49	70
Wassy	73	74	81	39	70
Ste-Ménéhould . .	61	72	68	50	52
Montcornet	32	101	58	44	42
Hirson	31	103	63	71	37
Coulommiers . . .	43	51	42	50	25

Durante il periodo preparatorio di piogge (25 novembre-22 dicembre) alcuni affluenti (Cure, Aisne, Marne) subiscono piccole piene, ma è solo alla fine di dicembre ed al principio di gennaio ch'esse divengono notevoli. A Parigi la quota massima del 6 gennaio è dovuta a 2 piccole onde dello Yonne, all'arrivo dell'onda della Marna, sostenuta a sua volta dall'onda assai forte del Grand-Morin, e all'azione dell'Alta Senna. Sono sempre le acque di quest'ultima e della Marna che sostengono, a Parigi, sino al 14 gennaio la piena a metri 2.50. Solo i *bas-ports* sono sommersi dal 6 all'8 gennaio.

Anno 1903. Le piogge furono scarse nel Morvan, abbondanti verso la foce ed ordinarie nel rimanente del bacino. Soprattutto furono forti i totali di pioggia della stagione calda 1902 (414 mm.) (1).

(1) *Résumé des observations centralisées*, etc., pendant l'année 1903, in *Annuaire de la Soc. Météor. de France*, Anno 1904, pag. 249 e seg.

La temperatura media fu di poco superiore alla normale. Dal lato idrologico vi fu una piena notevole - la più forte a Parigi ed in quasi tutto il bacino dal 1897 - con quota massima di metri 4.20 dal 24 al 25 febbraio 1904. Avevano preceduto depressioni barometriche notevoli con minimi inferiori a 740 mm. al Parc Saint-Maur, e venti di sud, di sud ovest e ovest. In particolare si ebbe una forte depressione di 44 mm. con un minimo di 728.2 mm., il 9 febbraio.

TABELLA XII.

Stazioni	Stagione calda 1903 8-25 agosto	Stagione fredda 1903-1904					
		1-23 ottobre	20 novembre 1 dicembre	3-14 dicembre	7-19 gennaio	6-23 febbraio	23 marzo 9 aprile
Château-Chinon. .	124	144	68	61	65	205	93
Les Settons. . . .	147	179	97	55	106	269	111
Clamecy.	107	94	26	33	40	110	30
Avallon.	100	92	31	20	38	115	32
Auxerre.	147	79	24	17	32	99	32
Châtillon.	112	95	42	23	48	111	45
Langres.	109	107	63	29	67	130	56
Chaumont. . . .	133	118	60	23	40	122	48
Wassy.	226	87	67	24	53	97	65
Ste-Ménéhould. .	88	132	64	68	41	90	58
Montcornet. . . .	97	107	61	38	52	70	58
Hirson.	77	124	77	27	57	95	16
Coulommiers. . .	39	88	38	37	46	76	33

Sono da considerarsi come piogge preparatorie quelle dell'ottobre. Sono poi le piogge degli ultimi giorni di novembre e dell'inizio del dicembre che conducono, ai 7 di questo mese ad un piccolo aumento di livello delle acque della Senna a Parigi (quota di metri 2.10); così succede un abbassamento, seguito da un nuovo aumento verso il 17 gennaio 1904 (quota di metri 1.90), prodotto dalle piogge dal 7 al 19 gennaio che raggiunsero medie fortissime. Ai Settons: 250 mm.; a Chateaux-Chinon:

173 mm.; a Clamecy: 101; a Etreux: 70. I massimi si verificarono fra il 9-11; il 14-15; il 17-20. Le piogge non furono mai di natura eccezionale in un sol giorno. Il carattere di esse è marcato da quello delle piene ch'esse produssero nei vari terreni: continue in quelli molto permeabili, oscillazioni accentuate e ripetute negli impermeabili. Lo Yonne, la quota iniziale del quale era 0.38 metri il 6 a Clamecy, giunge a 1 m. 15 il giorno 11; 1.20 il 15. L'Armançon ad Aisy da 0.40 il 4 sale a 1.35 il 12; 1.62 il 15; 1.42 il 21. La Marne a Saint-Dizier dal 5 al 19 sale di metri 2.50. Il Grand-Morin ha le quote massime di 2.15 il 10; 2.10 il 20 con oscillazioni. La seconda coincidendo col sopraggiungere dell'onda massima della Marna ha determinato a Chalifert la quota di 3 m. 07. A Parigi-Austerlitz una salita brusca di un metro in due giorni indica il principio della piena. Pare che l'onda dello Yonne, propagatasi rapidamente, aumentata molto sensibilmente, con ogni probabilità per l'apertura di chiuse, e dal Grand-Morin, abbia prodotto il primo moto; poi crebbe regolarmente e furono possibili le previsioni. Il massimo del 24 febbraio a Parigi fu dovuto alla coincidenza dell'onda della Marna, dell'Alta Senna, del Grand-Morin e dell'ultima onda dello Yonne più debole della precedente.

Anno 1904. L'anno 1904 è uno dei più asciutti che si siano verificati nel bacino della Senna, a partire dal 1880. Debolissimi i totali di pioggia specialmente nella stagione calda 1904, in cui però la temperatura presentò al Parco St. Maur un piccolo aumento sulla media di 20 anni; nè i totali di pioggia della stagione fredda 1904-1905 furono molto notevoli (1).

Naturalmente durante questo periodo le piene non ebbero vera importanza: la quota massima raggiunta al ponte d'Austerlitz è di appena 2 metri, il 30 marzo 1905. Tuttavia sono da ricordare forti depressioni barometriche, che hanno preceduto i successivi aumenti di livello delle acque nei fiumi, e furono accompagnate da venti di sud, sud-ovest, ed ovest. Il minimo barometrico più debole constatato a St. Maur, nel detto periodo, fu di 734 mm. 5, il 12 dicembre 1904; la più forte caduta barometrica avvenne fra il 29 dicembre ed il 17 gennaio (33, mm. 5).

(1) *Résumé des observations, etc., pendant l'année 1904*, par E. MAILLET, in *Annuaire de la Soc. Météor. de France*, Anno 1906, pag. 5 e seg.

Ecco i gruppi di piogge del periodo preso in esame; essi sono eccezionalmente deboli ed in rapporto alle piene poco importanti.

TABELLA XIII.

Stazioni	Stagione calda 1904	Stagione fredda 1904-1905			
		4-16 dicembre	4-9 15-10 gennaio	6-18 marzo	21-27 marzo
Château-Chinon	76	98	134	74	44
Les Settons	70	142	122	112	57
Clamecy	92	53	47	39	32
Avallon	91	49	46	38	26
Auxerre	41	48	38	47	24
Châtillon-sur-Seine	40	40	65	54	23
Langres	57	50	65	45	33
Chaumont	63	38	77	54	20
Wassy.	39	58	27	66	23
Sainte-Ménéhould	36	68	?	57	35
Montcornet	21	55	55	79	32
Hirson.	10	79	29	86	22
Coulommiers.	46	78	39	44	31

Pioggie preparatorie sono quelle che cadono dal 4 al 16 dicembre e conducono alla saturazione dei terreni di tutto il bacino — tolta la regione del Grand Morin — dimodochè i corsi di acqua aumentano leggermente: la Senna a Parigi marca la quota di metri 1.24 il 17 dicembre. In gennaio un aumento poco più forte e caratterizzato da due massimi di metri 1.64 il 19 e di metri 1.44 il 27, ha luogo a Parigi: sono dovuti all'onda della Marna, seguita da una più importante dello Yonne.

Non è che in marzo che due piccoli aumenti successivi dello Yonne, producono, grazie all'incontro con la seconda onda dello Yonne delle acque dell'Alta Senna e della Marna, sostenuta a sua volta dal Grand-Morin, il più forte massimo dell'annata.

Anno 1905. Nel suo assieme l'anno 1905 fu per le piogge alquanto superiore alla media nell'assieme del bacino: un poco al

di sotto della media verso monte, spesso piovoso verso valle (1). I totali di pioggia della stagione fredda 1904-1905 da quanto si è visto sono stati deboli; quelli della stagione calda 1905 furono ordinarii, mentre quelli della stagione fredda successiva 1905-1906 sono i più forti dopo il 1882-1883.

La temperatura media a St. Maur è un poco inferiore alla media di 20 anni.

Tre sono i massimi di piena notevoli per la Senna e fra questi quello del 6 marzo 1906 che doveva essere il più forte dopo il 1897, sorpassando di poco in tutto il bacino il massimo raggiunto nel febbraio 1904.

TABELLA XVI.

Stazione	Quota massima	Data del massimo
Senna a Parigi (Austerlitz) . . .	metri 3,18	24 novembre 1905.
	» 3,18	12 gennaio 1906.
	» 3,24	20 gennaio 1906.
	» 4 43	6 marzo 1906.

Tuttavia sull'Alta Senna e sulla Marna il livello più alto delle acque si avvicinò a quelli degli anni 1896 e 1897.

Tutte le piene furono precedute da depressioni barometriche serie, con venti di sud, sud-ovest ed ovest. Una volta si ebbero però venti da nord con nevicate (18-19 novembre), cui seguirono venti da sud-ovest. Il minimo barometrico a St. Maur fu di 729.4 il 13 novembre.

Ecco i gruppi di piogge più importanti del periodo:

(1) *Résumé des observations, etc., pendant l'année 1905*, par E. MAILLET, in *Annuaire de la Soc. Météor.*, etc., Anno 1907, pag. 101 e seg.

TABELLA XV.

Stazioni	Stagione calda 1905 29 aprile 9 maggio	Stagione fredda 1905-1906				
		30 ottobre- 5 novembre	6-23 novembre	29 dicembre- 21 gennaio	1-20 febbraio	23 febbraio- 3 marzo
Château Chinon	54	80	140	142	60	169
Les Settons	60	88	188	255	64	253
Clamecy	47	72	97	82	34	74
Avallon	34	53	89	72	25	70
Auxerre	55	53	110	83	31	60
Châtillon-sur-Seine	34	53	115	99	26	71
Langres	48	34	132	89	36	106
Chaumont	38	32	128	85	50	107
Wassy	41	44	97	63	44	81
Sainte-Ménéhould	47	30	89	115	33	42
Montcornet	49	45	108	121	39	39
Hirson	98	36	88	138	29	41
Coulommiers	25	27	88	95	31	34

Pioggie preparatorie sono quelle della fine d'ottobre e principio di novembre, che conducono con tanta più facilità, quanto più la temperatura è bassa, i terreni al loro punto di saturazione e producono, date le forti piogge dal 5 novembre al 6, piccoli aumenti di livello nei corsi d'acqua. Ma non sono in effetto che le piogge dall'11 al 13 novembre, dal 18 al 19, e del 23 che determinano la prima piena.

A Parigi la quota massima di metri 3.18 il 24 novembre 1905 è dovuta all'incontro di un'onda dello Yonne, d'una dell'Alta Senna e del Grand-Morin, il bacino del quale, aveva raggiunto il suo punto di saturazione verso la metà di novembre. L'onda della Marna superiore arriva leggermente in ritardo. Le acque diminuiscono in dicembre sino alla quota di metri 1.21, malgrado alcune piogge ed una lieve recrudescenza verso l'11 dicembre. Le piogge, assai forti, dal 29 dicembre al 21 gennaio conducono ad una nuova piena nel mese di gennaio 1906. L'onda dello Yonne so-

stenuta da 2 moti successivi del Grand-Morin determina un primo massimo di 3 metri 18, il 12, le acque rimanendo a tale livello sino al 21, per l'arrivo simultaneo dell'onda dell'Alta Senna e della Marna. Successivamente a Parigi la Senna scende leggermente: sono due movimenti d'ascesa nelle acque dei diversi affluenti che mantengono alti livelli nel corso principale ciò che mostra come nei terreni la saturazione del suolo sia rimasta costante. La quota massima del mese di febbraio è di metri 1.84 il 24. A partire da questo giorno s'inizia un nuovo periodo di piogge assai considerevoli, soprattutto nel bacino dello Yonne e verso le sorgenti della Marna con massimi d'intensità il 25 febbraio e 1° marzo: mm. 101 e mm. 64 ai Settons; 67 e 42 a Chateau-Chinon; 31 e 25 a Langres.

Negli altri bacini le piogge non sembrano tanto considerevoli. Le altezze delle piene sono dovute probabilmente alla supersaturazione che le piogge anteriori del novembre e del gennaio, già importanti, avevano condotto. Ai due massimi di pioggia nel bacino dello Yonne, corrispondono due forti piene del fiume medesimo: m. 1.30 il 26 febbraio a Clamecy; 1.35 il 2 marzo. La Marna a St. Dizier: 4 m. 18 il 3 marzo; il Grand-Morin ha due moti: 2 m. 10 il 27 febbraio; 2 m. 38 il 2 marzo. Il Loing cresce in modo importante una volta. La piena della Senna a Bray è continua e progressiva.

A Parigi-Austerlitz, dove le acque erano già alte prima dell'inizio della piena per l'azione dell'Alta Senna, salirono sotto la spinta delle onde dello Yonne e del Grand-Morin di 1.40 dal 26 al 28 febbraio. Ma il massimo di m. 4.38 il 6 marzo fu determinato dalla seconda piena dello Yonne e dagli alti livelli già raggiunti dalla Bassa Marna ed Alta Senna. Il lento giungere delle acque di questi due ultimi corsi sostiene a Parigi le acque sopra i 4 metri sino al 12 marzo che raggiungono un massimo di metri 4.32 il giorno 11. Ma dopo l'arrivo dei massimi della Marna e dell'Alta Senna, il livello delle acque diminuisce con rapidità. I bassi quais e la navigazione rimasero impediti per 13 giorni.

Anno 1906. I periodi di piogge più importanti sono dati dall'unita tabella.

TABELLA XVI.

Stazioni	Stagione calda 1906 25 ottobre 9 novembre	Stagione fredda 1906-1907				
		14-22 novembre	25 novembre 14 dicembre	25 dicembre 10 gennaio	7-25 febbraio	4-20 marzo
Château-Chinon	149	53	148	110	120	88
Les Settons	159	92	188	114	149	128
Clamecy	81	36	57	79	44	31
Avallon	88	27	48	43	36	39
Auxerre	82	37	48	46	51	38
Châtillon	100	23	65	37	38	52
Langres	115	37	95	79	75	56
Chaumont	91	47	87	129	63	62
Wassy	78	28	64	53	74	31
Sainte-Ménéhould	130	52	64	27	36	55
Montcornet	72	48	84	59	32	61
Hirson	19 (?)	29	82	31	18 (?)	31
Coulommiers	82	39	41	49	42	28

La siccità, assai eccezionale, della stagione calda 1906 e la mancanza di basse temperature, alla fine della medesima stagione, fecero sì che le piogge preparatorie dovettero essere più considerevoli che quelle del 1905 e ciò spiega perchè la piena del dicembre sia stata, come vedremo, poco importante. Tuttavia i vari gruppi di piogge furono in relazione con la importanza delle piene, se si tiene conto della condizione di saturazione del suolo. In complesso i diversi gruppi di piogge e le relative piene furono preceduti da depressioni barometriche assai importanti e venti di sud, sud-ovest ed ovest. Il minimo barometrico fu di 731 mm. 3 il 26 dicembre a St. Maur.

Le due piene più forti della stagione furono precedute da lunghi periodi di gelo durante la prima quindicina di dicembre e dal 20 gennaio al 10 febbraio. Queste piene avvennero il 4 gennaio ed il 25 febbraio 1907, con quote rispettive di metri 3.10 e m. 3.20. I primi lievi moti nei corsi d'acqua s'osservano in novem-

bre, dopo il periodo di piogge preparatorie; ma sono quelle della fine di novembre e principio di dicembre che determinano un primo moto ascensionale nelle acque. A Clamecy sullo Yonne si osservano due piccoli aumenti di livello d'una ventina di centimetri, il 6 ed il 15 dicembre, mentre la Marna ne registra due a Saint Dizier il 7 ed il 15.

A Parigi il massimo (metri 2.06) è dovuto il giorno 17, alla seconda onda dello Yonne ed alla prima della Marna. Le acque ridiscendono poi a metri 1.09 il 1° gennaio 1907. Successivamente le piogge e le nevi della fine di dicembre e del principio di gennaio, unitamente allo sgelo che sopravviene il giorno 2, producono per l'azione riunita delle acque dello Yonne, del Loing e del Grand-Morin il massimo del 4 gennaio, cui segue uno secondario, dovuto alla Marna superiore ed all'Alta Senna, che giungono in ritardo. Al periodo di lunghe gelate, dal 20 gennaio al 10 febbraio, corrisponde un abbassamento della Senna (quota metri 1.45, il giorno 11); cui, per il sopravvenuto sgelo fra il 10 e 20 febbraio, misto a neviccate e piogge, risponde una recrudescenza, caratterizzata da tre massimi successivi: uno secondario il 15 febbraio di metri 1.76; uno di m. 3.10 il 22; ed il principale di m. 3.20 il 25. Quello del 22 sembra dovuto soprattutto allo Yonne e Grand-Morin; quello del 25 all'incontro dell'ultima onda di piena dello Yonne ed al principio della piena della Marna Superiore ed Alta Senna, le di cui onde massime giungono però in ritardo. Dopo di che le acque della Senna calano, salvo una recrudescenza, nella seconda metà di marzo (metri 2.65 il 13 marzo).

A Parigi i bas-ports soli rimasero sommersi, per due periodi, dal 4 all'11 gennaio e dal 21 febbraio al 3 marzo.

Anno 1907. Il totale di piogge per l'anno 1907 fu nell'assieme del bacino, inferiore alla media (1). La stagione calda 1907 fu quasi normale, e la fredda 1907-1908 un poco debole.

Non si ebbe a registrare che una piena assai lieve l'11 maggio 1907 ed una importante il 9 marzo 1908 con le quote rispettive

(1) *Résumé des observations, etc., pendant l'année 1907*, par E. MAILLET, in *Annuaire, etc.*, Anno 1908, pag. 285 e seg. I riassunti qui citati vanno da 1° maggio dell'anno indicato al 30 aprile di quello seguente. Chiudo quindi questa rassegna col 30 aprile 1908, non avendo potuto avere dati per l'anno successivo (1° maggio 1908-30 aprile 1909).

di metri 2 e 4.24. Dall'ottobre all'aprile, incluso, le dette piene ed i gruppi di piogge furono preceduti da depressioni barometriche serie, con venti di sud, sud-ovest ed ovest. Il minimo barometrico a St. Maur fu di 731 mm. 5, il 14 dicembre.

I gruppi di piogge considerati sono tutti in relazione con le piene e come nell'anno precedente, per la siccità dei mesi di luglio, agosto, settembre, le piogge dell'ottobre per quanto importanti, non furono che preparatorie.

Ecco i varii gruppi di maggiori piogge.

TABELLA XVII.

Stazioni	Stagione calda 1907		Stagione fredda 1907-1908		
	26 aprile 8 maggio	ottobre	2-15 dicembre	14 febbraio 14 marzo	29 aprile 15 maggio
Château-Chinon.	73	299	124	214	86
Les Settons	90	289	173	317	117
Clamecy	35	186	58	114	74
Avallon	40	146	44	110	65
Auxerre	36	98	57	96	78
Châtillon-sur-Seine. . . .	50	122	59	121	74
Langres	81	128	95	158	101
Chaumont	74	118	106	148	69
Wassy.	59	80	59	160	89
Sainte-Ménéhould	64	119	57	103	96
Montcornet	55	117	54	122	74
Hirson.	59	65	95	130	49
Coulommiers.	57	152	53	104	64

La piena del mese di marzo è di minor importanza di quelle del febbraio 1904 e del febbraio-marzo 1906. All'infuori di essa non se ne hanno altre da segnalare: quelle del dicembre e gennaio sono molto brevi e non raggiungono alti livelli.

Dopo un piccolo moto generale, verso la fine di novembre, le piogge della prima quindicina di dicembre determinano due

successivi aumenti dello Yonne a Clamecy e della Marna a Saint-Dizier, e producono un massimo a Parigi, ma secondario, cui succede un secondo, prodotto dall'incontro di un'altra onda di piena dello Yonne, da quella della Marna; la terza ad un lieve movimento ascensionale di tutti gli affluenti.

A partire dalla metà di febbraio comincia un lungo periodo di piogge molto considerevoli, che perdurano per un mese circa, con caratteri generali e massimi d'intensità verso il 17-18; 23-24; 28-29 febbraio e 4 marzo. Furono queste piogge che valsero a dare un carattere molto speciale agli alti livelli raggiunti dalla piena, permanendo esse per lungo tempo e mantenendo costantemente quote alte. A Parigi (Austerlitz) oscillarono dal 27 febbraio al 14 marzo, fra metri 3.50 e 4.24.

La piena cominciò in seguito ad una forte pioggia fra il 18 ed il 19 febbraio. L'aumento subito dallo Yonne e l'onda di piena del Grand-Morin danno un primo massimo di m. 3 il giorno 21 a Parigi. Un nuovo aumento dello Yonne, unito ad una prima onda della Marna ed all'onda lentamente e costantemente crescente dell'Alta Senna portano, il giorno 27, la quota da 2.50 a 3 metri e sessanta centimetri. Oscillazioni avvengono in seguito, fra il 3 ed il 5 marzo, per l'azione di un altro aumento dello Yonne combinato ad uno del Grand-Morin: quota massima m. 3.78. Finalmente un quarto massimo dello Yonne, combinato con il terzo massimo dell'Alta Senna determina, ad Austerlitz, la maggior quota di m. 4.24 il lunedì 9.

Nei sopracitati riassunti ho spesso accennato a condizioni barometriche speciali che hanno accompagnato o preceduto gruppi di piogge e piene. Mi pare dunque opportuno ricordare ora un altro mezzo che può essere escogitato, forse non inutilmente, per prevedere le piene od una stagione di alti livelli per la Senna a Parigi, e cioè la deduzione di tali previsioni a mezzo delle isobare e della situazione barometrica dell'Europa occidentale. Ora, noi abbiamo già veduto come i diversi periodi di piogge preparatorie — o le piene che ad essi susseguono, non dimenticando le piene isolate di uno o più affluenti — siano sempre state precedute od accompagnate da forti depressioni barometriche al Parc Saint-Maur, con in generale venti fra sud, sud-ovest. Infatti, se si prendono i minimi barometrici di al massimo 732 mm., 5 registrati al Parco Saint-Maur, dal 1874 al 1901, in uno studio del

Moureaux, si osserva che tutti furono seguiti da piene grandi o piccole, queste in generale all'inizio della stagione.

TABELLA XVIII.

Data	Mm.	Osservazioni:
1874 - dicembre 12.	730,7	Tutti i minimi inferiori a 737 mm. si incontrano fra settembre (25) ed aprile (13) quindi nei sei mesi della stagione fredda, con predominio marcato in dicembre.
1875 - ottobre 13	731,8	
1875 - novembre 11	730,1	La media annua al Parco St. Maur è di mm. 757,8.
1876 - marzo 10.	730,5	
1876 - dicembre 4	728,8	
1878 - marzo 29.	728,1	
1880 - novembre 18	727,6	
1881 - gennaio 28	730,6	
1884 - dicembre 2	731,4	
1885 - ottobre 10	731,5	
1886 - ottobre 16	727,1	
1886 - dicembre 8	729,2	
1887 - gennaio 5	732,5	
1888 - marzo 28.	730,7	
1893 - febbraio 21	728,0	
1896 - settembre 25	730,1	
1896 - dicembre 6	725,8	
1897 - aprile 1	731,3	
1899 - aprile 13.	732,3	
1900 - febbraio 19	731,0	
1901 - dicembre 25.	729,0	

Venendo al caso speciale dell'ultima piena si osservò un minimo assoluto di 731 mm. il giorno 4 dicembre 1909 alle ore 17.30 e due altri minimi di 727 mm. il giorno 24 gennaio 1910 alle ore 14.55 e alle ore 15.35.

Questo è però un altro fatto il quale se non è privo di un certo valore, è tuttavia, a mio parere, assai discutibile. Non è

tanto il minimo assoluto in sè, quanto tutto l'assieme della situazione barometrica o per lo meno la media di tale pressione nel periodo che precede ed accompagna la piena, che possono dare un concetto più evidente.

III.

Iniziando ora un rapido studio della piena del gennaio 1910, comincerò per ricordare quali siano state le condizioni meteorologiche della stagione calda che precedette l'inverno 1909-1910. Non voglio però che limitarmi ai fenomeni principali, e ciò non tanto per amore di brevità, quanto per le diversità di giudizio che sono state portate sull'influenza che possono aver avuto specialmente le piogge sui fenomeni idrologici, veramente straordinari, del gennaio.

Abbiamo già veduto come nel bacino della Senna, a partire dal 1874, tutte le piene avvenute durante la stagione fredda (1° novembre-30 aprile) e che raggiunsero una quota non inferiore ai 5 metri, siano sempre state precedute da stagione calda per la quale i totali di pioggia furono superiori alla media di 380 mm. Ciò si sarebbe verificato una volta di più nel caso presente in cui si ebbero a registrare, per la stagione calda 1909, mm. 435 di pioggia, cosicchè tale stagione ha decisamente assunto quei caratteri che valgono a classificarla fra le stagioni calde di forti precipitazioni atmosferiche. Tuttavia mentre alcuni hanno voluto in modo non dubbio riconoscere l'influenza di dette precipitazioni sui successivi fenomeni idrologici, altri, senza negare in modo reciso la possibilità di simile fatto in via generale, la escludono per il caso presente: gli uni e gli altri usando argomenti diversi. Prima di esporre questi, presento in riassunto alcune serie di dati sulle condizioni meteorologiche dei mesi fra il maggio e il gennaio. Volendo avere più ampi ed esaurienti schiarimenti, basterà consultare il bollettino giornaliero dell'Ufficio meteorologico di Parigi.

Il mese di maggio fu generalmente buono: non si ebbero piogge di qualche entità che in due riprese, e cioè fra il 17-19

ed il 25-26, con un intervallo quindi di circa una settimana fra l'un gruppo e l'altro. Al Parco St. Maur la pressione barometrica è in eccesso di 2 mm. 63 sulla media; i giorni di pioggia furono solamente 9 invece di 13, e così pure inferiore alla media la quantità d'acqua caduta (45 mm. 6); il cielo fu bellissimo durante la prima quindicina; la nebulosità debole; insolazione fortissima con 325 ore invece della media 227.

Il giugno all'opposto è alquanto umido: piogge e temporali assai violenti a più riprese, specialmente nei due periodi compresi fra il 2-9 e il 21-29. Così al Parco St. Maur se ne registrarono un primo assai importante fra il 2-6, un secondo dal 21 al 29. L'intervallo fra questi due fu però molto asciutto. I totali di pioggia ammontarono, per 16 giorni, a 72 mm. 3, con un'eccedenza di mm. 18 sulla normale. L'insolazione fu di 203 ore, invece di 228, media di 28 anni.

Il mese di luglio va segnalato per delle perturbazioni poco comuni. Le piogge furono assai frequenti in tutta la Francia, specie sul nord-est: abbondanti al nord dove caddero fra il 4-8, il 10-19 ed ancora ininterrottamente dal 24 al 31. In quest'ultimo periodo le piogge furono accompagnate da basse temperature e venti di ovest. Al Parco St. Maur, il mese è uno fra i più umidi e più freddi di quelli registrati anche per il passato: la temperatura ebbe una media di 15°.75, rimanendo per tal modo inferiore di gradi 2.56 alla normale; le precipitazioni atmosferiche salendo a mm. 96.1, superavano di gran lunga la media di 51 mm. 1. Altro fatto molto importante la nebulosità elevatissima, lo stato del cielo sempre nuvoloso, che ridusse ad una cifra quasi insignificante il totale delle ore di sole — 154 — mentre è in questo mese che l'insolazione raggiunge il suo massimo.

Malgrado un periodo di forti calori fra il 5 ed il 16, l'agosto fu per tutta la Francia relativamente caldo. Le piogge non furono molto frequenti, ma in compenso assai abbondanti durante certi giorni — 8, 21, 25 — dimodochè le quantità raccolte sono vicine alla normale ed anche in eccesso. Al Parco St. Maur la media della pressione barometrica per il mese di agosto è di mm. 757.8; nel 1909 fu un poco più elevata raggiungendo i 758 mm. 35. In soli 9 giorni si raccolsero 48 mm. di pioggia, di cui 30 il 21 e 9 il 25. L'insolazione raggiunse 251 h. su 442 possibili.

In Francia il settembre è stato freddo, specie all'inizio, e assai umido per abbondanti precipitazioni nelle regioni del nord, est e sud-est con maggior insistenza dal 9 al 13, dal 18 al 19 e dal 21 al 22. Al Parco St. Maur la temperatura fu inferiore di $1^{\circ}.1$ alla media di 35 anni; l'umidità relativa media di $84^{\circ}.7$ è superiore alla normale del 4 %. La pioggia raggiunge appena la media generale, malgrado una caduta importante di 22 mm. 2, il giorno 18 nello spazio di 5 ore e mezzo. Si registrarono ancora 8 giorni di nebbia. L'insolazione raggiunse 157 ore.

L'ottobre fu molto piovoso nell'ovest, al centro, all'est; molto frequenti le nebbie nel nord-ovest; i venti dominanti da W. Al Parco St. Maur la pressione barometrica media di 755 mm. 96 è inferiore di 1 mm. 1 alla media di 35 anni; la temperatura media di $11^{\circ}.74$ è superiore di $1^{\circ}.8$ alla media dello stesso periodo; l'altezza di pioggia è di molto superiore alla media normale: 105 mm. 1, mentre la normale è di 59 mm. 1. Tale fatto non è però unico negli annali del Parco St. Maur. Il numero dei giorni, 15, fu tuttavia normale; l'insolazione non superò le 115 h.

Riassumendo, possiamo considerare l'estate 1909 come una stagione fredda e piovosa. Per le piogge si ebbero due mesi normali, il maggio e l'agosto, mentre i rimanenti furono piovosi; ugualmente furono elevati i coefficienti di nebulosità specialmente per il giugno e il luglio, in cui salì a 6 e 7.2, mentre la normale è di 5.2. In modo poi tutto speciale è da segnalarsi per i caratteri straordinari assunti, la temperatura che dall'anno 1851 e forse anche dal 1841 mai ebbe minime simili durante i mesi di giugno, luglio, agosto. Diamo qui le differenze, in più o in meno, alla normale delle temperature medie:

Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre
+ 0.3	- 2.0	- 5.2	+ 0.1	- 1.1

Uniamo ancora due tabelle con indicate le medie osservate durante i mesi di giugno-dicembre 1909 per la temperatura e la pioggia al Parco St. Maur e confrontate alle normali:

TABELLA XIX.

	Temperatura			Pioggia		
	Osservazioni	Normali	Differenze	Osservazioni	Normali	Differenze
1909						
Giugno. . . .	14 ^o ,51	16 ^o ,62	— 2,°11	mm. 72,3	mm. 54,3	+ 18,0
Luglio. . . .	15,75	18,22	— 2,47	96,2	52,2	+ 43,7
Agosto. . . .	17,77	17,79	+ 0,08	48,0	54,0	— 6,0
Settembre. . .	13,64	14,81	— 1,17	49,5	50,5	— 1,0
Ottobre. . . .	11,74	9,85	+ 1,89	105,1	59,5	+ 45,6
Novembre. . .	3,82	6,11	— 2,29	30,8	44,8	— 14,0
Dicembre. . .	4,09	2,61	— 1,48	71,0	45,8	+ 25,7
1910						
Gennaio. . . .	3,83	2,20	+ 1,63	74,2	35,0	+ 39,2
				547,1	395,9	+ 151,2

Si osserverà ora come dopo le grandi piogge dell'ottobre sia seguito un mese di novembre relativamente buono, almeno sino quasi alla fine, poichè fu solo verso il 28 che le piogge sul bacino della Senna ripresero con abbondanza e persistenza prolungandosi per un periodo di 12 giorni, e cioè sino al giorno 9 dicembre. Al Parco St. Maur infatti la pressione è in leggero eccesso sulla media generale; l'altezza della pioggia fu di soli 30 mm. 8, mentre la media generale è di 46 mm., però tre giornate sole, il 15, 16 e 30, dettero 25 mm. L'umidità relativa fu del 3 % superiore alla normale.

In tutta la Francia il mese di dicembre fu generalmente mite e piovoso con totali di piogge notevolmente alti, eccezion fatta per il sud-est. Si raccolsero 184 mm. a Nantes, 147 a Besançon, 144 a Perpignano, 130 a Bagnères, 126 a Jersey. I giorni di pioggia variano però molto di numero: 5 a Perpignano e Marsiglia, 17 a Lione e Parigi, 22 a Nantes, 24 a Besançon. Abbondanti cadute di neve dal 6 al 9 sul Plateau Central e il Giura. Queste forti

precipitazioni atmosferiche produssero rapidi aumenti di livello nei fiumi: una prima piena ebbe luogo tra il 1° e il 10, una seconda, più marcata, fra il 15 e il 18, alla fine del mese la quota di m. 2 era data a Parigi dalla Senna, di 1 m. 9 a Monjean, di 3.7 a Tonneins dalla Garonna, di 2.6 a Valenza dal Rodano. Ancora è da ricordarsi un uragano a S.-W. che infierì sul sud e sull'est della Francia il 23, e che fu accompagnato da un'onda di calore, la quale produsse temperature eccezionalmente alte.

Al Parco St.-Maur si registrano: una pressione barometrica media notevolmente bassa: 752.3 mm., inferiore così di 5 mm. 9 alla media di 35 anni; il minimo assoluto di 731 mm. si ebbe il giorno 4 alle 17.30. La temperatura media di 4°.1 è superiore di 1°.4 alla normale; il minimo assoluto — 3°.2 è superiore a quello del novembre; variazioni considerevoli si presentarono fra il 21 e il 22: da un minimo di — 3°.1 si salì ad un massimo di 15°.06 con una variazione di 18°.7 in 30 ore (1). L'altezza di pioggia raccolta in 17 giorni è molto elevata: 71 mm. contro 45 mm. dati dalla normale.

Il gennaio fu agli inizi nuvoloso con qualche pioggia lieve al nord e ovest; la temperatura è inferiore alla normale, principalmente nel mezzogiorno, e gelate di 3 o 4 gradi sotto zero si producono sull'est, centro e sud-ovest. Dal 5 all'8 il cielo è nuvoloso o brumoso e la temperatura si rialza. Una tempesta di S.-W. con piogge e forte riscaldamento comincia nell'ovest il 9; le piogge si estendono e diventano abbondanti mescolandosi a neve a partire dal 12. I forti venti fra S.-W. riprendono il 16 sulla Manica e la Bretagna, si estendono alla Vandea e Guascogna il 20. La temperatura si rialza in tutte le regioni e durante questo periodo si notano i massimi assoluti del mese: 16° a Marsiglia, 15°.7 a Lione, 14°.4 a Clermont, 12°.8 a Parigi, 11°.5 a Dunkerque. Piogge molto importanti sull'ovest, nevi abbondanti sull'est: vanno segnalati i primi straripamenti della Senna e Saona. Nuove piogge e nevi continuano con tempo fresco sino al 23. Il 24 una tempesta

(1) I massimi superiori a 15° sono rari in dicembre: 15°.7 il 7 dicembre 1904, 15°.3 il 7 dicembre 1876, 16°.1 il 4 dicembre 1891, 16°.6 il 2 dicembre 1876, 17°.8 il 3 dicembre 1876.

violenta di W. inferisce sulla Manica ed Oceano; piogge estremamente abbondanti cadono sul nord ed ovest ove esse sono accompagnate da temporali molto violenti, mentre tempeste di neve inferiscono in Franca-Contea, Savoia e Pirenei. Il tempo rimane cattivo e freddo con piogge, neve e temporali sino ai 27; a questa data si nota il minimo assoluto del mese che è anche quello dell'inverno nell'est e nord: -7° a Besançon, $-6^{\circ}.1$ a Parigi, $-4^{\circ}.6$ a Nancy. Una tempesta violenta di S.-W. passa sull'ovest e il nord della Francia il 28, 29; il tempo torna bello e un poco freddo il 30.

In sostanza gennaio fu per la Francia notevole per variazioni barometriche molto importanti durante la seconda quindicina con violente tempeste sulle coste, piogge abbondanti in pianura, con alternative di tempo molto mite o leggermente freddo.

A Parigi in modo più speciale il tempo è mite, umido, brumoso sino al 5, la temperatura si abbassa in seguito. Il 7 tempo splendido con venti di sud; la giornata assai fredda dell'8 è preludio di un periodo di pioggia e tempo molto mite che termina l'11 con una forte caduta d'acqua mista a neve o nevischio. La giornata buona e un poco fredda del 13 è seguita da un nuovo periodo di piogge e temperatura assai elevata con vento fra sud e ovest e dura sino al 20; la giornata più calda del mese fu il 15 con $12^{\circ}.8$ e le piogge fra il 18 e il 19 assai forti. Il 20 e 21 furono giornate un poco fresche per vento di nord con debole gelata al mattino e sole durante il pomeriggio. Dal 23 al 27 nuovo periodo piovoso, con leggere neviccate, e temperatura in diminuire sino alla più forte gelata del mese $-6^{\circ}.1$; piove ancora il 28, quindi tempo bellissimo con temperatura bassa.

Al Parco St.-Maur si osservarono alte pressioni barometriche sino al 16, salvo il 12; basse pressioni dal 17 al 30, salvo dal 22 al 23, in cui risale momentaneamente, per scendere di 28 mm. 8 in 24 ore, dalle 16 del 23. Il 24 alle 14.55 e alle 15.35 il barometro cadeva a 727 mm. La pioggia saliva a 74 mm. 2 superando di gran lunga la media che è di mm. 39.4. La temperatura è superiore alla normale nelle prime due decadi di $3^{\circ}.5$, nell'ultima di $1^{\circ}.5$.

In una nuova tabella mostro come furono distribuite le piogge durante i varî periodi di maggiori precipitazioni atmosferiche dei

mesi di dicembre e gennaio per alcune stazioni, istituendo ancora un confronto con gruppi di piogge che determinarono le piene degli anni 1876, 1882, 1883. Infine indico le quote massime che per ogni periodo vennero registrate al ponte d'Austerlitz.

TABELLA XX.

Stazioni	Piogge dal 28 nov. al 31 dicembre 1909		Piogge del gennaio 1910		1876	1883	1882-83
	28 novembre 9 dicembre	15-31 dicembre	9-27	(18-21)	13 febbraio 15 marzo	8 novembre 9 dicembre	21 dicembre 3 gennaio
Château-Chinon .	137	100	239	(120)	325	265	146
Les Settons . .	191	115	353	(199)	719	494	352
Clamecy	69	56	103	(68)	141	161	97
Avallon	53	49	110	(56)	128	178	71
Auxerre	56	49	167	(92)	183	162	63
Chanceaux . . .	34	14	171	(103)	254	211	137
Châtillon-sur-Seine	46	47	143	(83)	156	200	72
Langres	64	49	197	(97)	220	200	103
Chaumont . . .	68	79	154	(79)	230	270	146
Vassy	54	65	128	(57)	228	221	89
Ste-Ménéhould .	54	55	124	(60)	198	167	56
Montcornet . . .	50	48	81	(23)	198	195	92
Hirson	54	56	52	(16)	211	188	103
Coulommiers . .	47	61	99	(45)	211	175	56
Quote massime corrispondenti al ponte d'Austerlitz.	3 m. 10	3 m. 45	8 m. 62		6 m. 69	6 m. 12	6 m. 24

Nella tabella seguente sono indicate ancora, per alcune stazioni, le quantità di pioggia raccolte giornalmente dal 17 al 31 gennaio 1910, ossia per il periodo di tempo durante il quale la piena si delineò e sviluppò.

TABELLA XXI.

Stazioni	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Châumont . . .	7,3	25,7	40,4	8,9	3,8	0,1	3,0	22,9	9,3	0,2	1,3	0,5	5,6	—	—
Chatillon . . .	8,5	29,2	36,0	9,0	0,0	—	16,0	5,0	6,0	4,4	—	6,0	—	—	—
Clamecy . . .	1,2	10,7	24,0	20,0	12,0	—	—	9,8	—	—	5,3	—	5,0	1,0	—
Les Settons . .	17,7	61,0	59,9	27,3	—	3,0	23,5	20,7	8,0	6,3	—	10,4	6,0	—	—
Coulommiers . .	3,9	13,4	19,8	11,4	—	—	—	20,2	15,3	—	0,2	—	7,2	—	—
Melun	12,4	10,1	6,4	—	—	—	6,8	10,2	—	—	4,3	—	8,5	—	—
Paris	4,4	16,3	13,6	0,2	—	—	10,3	7,3	1,0	1,6	—	5,0	—	—	—
Quote a Parigi m.	2,35	2,60	2,78	3,80	4,62	5,77	6,08	6,57	6,92	7,34	7,98	8,42	8,35	8,14	7,80

Dall'esame della prima tabella si deduce come il dicembre sia stato, ed in modo quasi continuato, estremamente piovoso. Il gennaio a sua volta fu durante i primi dieci giorni praticamente senza piogge, poichè i totali raccolti oscillano fra 1 o 2 mm., a seconda delle stazioni; ma le piogge ricominciarono il giorno 11 e furono assai forti il 12: 11 mm. 5 per questi due giorni al Parco St.-Maur, 15,7 ad Auxerre, 16,6 a Troyes, 16,8 a Chaumont. E dal 18 al 21 che si rovesciano sul bacino della Senna veri torrenti d'acqua, come dalle due tabelle sopra citate si può facilmente rilevare. Meno forti, ma sempre importanti, sono le piogge cadute fra il 23 e il 25.

Riportiamoci ora all'osservazione dei fenomeni idrologici. Per quanto riguarda la stagione calda 1909, qualche lieve aumento di livello nel corso della Senna ebbe a riscontrarsi nei mesi di luglio, settembre, ottobre. Poi le piogge del dicembre determinarono due massime quote di m. 3.10 il 7 dicembre e di m. 3.55 il 31, dopodichè il livello delle acque andò abbassandosi sino al giorno 11 gennaio. I rovesci d'acqua del 18-21 determinarono una piena eccezionale e quasi improvvisa dello Yonne, del Loing e del Grand-Morin. Una piena di questo gruppo di fiumi facendosi sentire al massimo dopo 3 o 4 giorni a Parigi, ciò spiega gli aumenti

rapidi di livello della Senna a Montereau e a Parigi fra il 18 e il 22; contemporaneamente crescono in modo straordinario l'Alta Senna e la Marna, i massimi di questi due ultimi corsi, propagandosi più lentamente non giungono a Parigi che il 27 e 28 e sono causa del massimo del 28. Questo sarebbe nettamente dovuto alla coincidenza dell'arrivo dei massimi della Marna ed Alta Senna e di un secondo massimo del Loing, sostenuto da un moto moderato dell'Alto Yonne.

Potrannò dare un concetto migliore degli aumenti di livello nei corsi dei diversi bacini alcuni dati raccolti e confrontati con dati di piene antecedenti per lo Yonne, l'Alta Senna e la Marna.

TABELLA XXII.

Bacino	Corso d'acqua	Stazione	1836	1866	1910
Yonne	Yonne	Clamecy	386	316	260
	Cousin	Avallon	340	250	270
	Armançon . . .	Aisy	331	375	365
	Yonne	Sens	420	430	450

L'Aisne e l'Oise ebbero piene importanti, ma essendo inferiori a quella dell'anno 1885, non è il caso d'insistervi. Risalendo con un confronto di circa 80 anni si osserva che per l'Alta Senna, a monte del confluyente dello Yonne, e per la Marna la piena del 1910 oltrepassa di centimetri 30, 60 ed anche 1 metro verso St.-Dizier, le precedenti.

Sullo Yonne invece, come sulla Senna fra Montereau e Parigi, prima del confluyente con la Marna, la piena è comparabile a quella

TABELLA XXIII.

Bacino	Corso d'acqua	Stazione		Settembre 1866	Marzo 1876	Dic. 1882 Genn. 1883	Ottob.-Nov. 1896	Febbraio 1897	Gennaio 1910
Alta Senna	Seine	Gomméville	182 (1836)	182	125	140	120	97	261
	Ource	Autricourt	144 (1836)	144	132	130	138	120	165
	Barce	La Guillotière	190 (1873)	168	148	162	148	154	180
	Seine	Nogent	301 (1861)	292	148	292	290	282	334
	Seine	Bray	313 (1861)	292	285	291	287	279	342
Marna. . .	Marne	Chaumont	194 (1840)		150	135	160	133	188
	"	Saint-Dizier	423 (1882)	Mancano i dati	394	423	433	396	517
	"	Damery	446 (1882)		426	446	414	406	463
	"	Chalifert	590 (1784)		442	460	357	427	526
	Grand-Morin	Pommeuse près Coulommiers	310 (1881)		290	255	290	298	292

dell'anno 1836. Ebbe spiccato carattere di superiorità in alcuni punti sulla Marna e sulla Senna, nel tratto fra i confluenti della Marna e dell'Oise e soprattutto a Parigi: le differenze raggiunsero sino un metro e novanta. In sostanza si può dire che, mentre la Marna a Chalifert e la Senna a Melun hanno avuto nel corso dell'ultimo secolo delle piene quasi altrettanto elevate, occorse durante il gennaio 1910 il sopraggiungere quasi simultaneo dei massimi a queste due stazioni per determinare l'importanza colossale della piena dal confluyente della Marna a quello dell'Oise. Al contrario la debolezza relativa dell'onda di quest'ultimo corso d'acqua ha attenuato i livelli presso il suo confluyente con la Senna. La piena verso valle fu ancora attenuata dalle maree d'acqua morta, dai miglioramenti portati al letto del fiume; la piena del 1876 non è superata a Nantes che di m. 0.46 e a Rouen di m. 0.10

TABELLA XXIV.

Corso d'acqua	Stazione	Quote di sommer- sione	Quote massime in cent. e date	1876	1910
Seine	Bray.	180	301 (1850) 313 (1861)	285	342
	Montereau.	300	468 (1836) 468 (1866)	435	511
	Melun	340	638 (1836) 527 (1866)	492	640
	Paris (Tournelle) . . .	402	881 (1658) 791 (1740)	650	842
			743 (1802)		
			640 (1836)		
	Paris (Austerlitz). . . .	422	624 (1883)	669	862
	Bezons	480	657 (1883)	692	792
	Mantes	526	760 (1883)	769	813
	Vernon	475	898 (1658)	665	711
			656 (1883)		
	Chalifert	370	590 (1784)	442	526
			501 (1844)		
Marne	Pontavert	250	458 (1784)	352	369
Aisne			387 (1882)		
Oise.	Venette.	425	700 (1784)	553	527
			599 (1882)		

In qual modo debbonsi interpretare tutti questi fenomeni? In che relazione stanno fenomeni meteorologici e idrologici? Ho detto che le opinioni sono varie ed anche in contraddizione.

In primo luogo gl'ingegneri dell'Ufficio idrometrico in base alle osservazioni meteorologiche della stagione calda e riferendosi alla terminologia di Belgrand, ammettono che agli inizi della stagione fredda, cioè al principio del novembre, i terreni del bacino della Senna avevano già raggiunto il loro punto di saturazione, salvo ad avere agito come terreni interamente saturati, solo sotto l'azione delle piogge del gennaio. Ma non è troppo chiaro per essi come mai, in confronto alle altre piene ricordate nelle tabelle, l'ultima del 1910 di tanto le superasse. Ciò diventa più inesplicabile quando si voglia avanzare l'opinione emessa dal prof. Angot, direttore dell'Istituto di Meteorologia di Parigi, e cioè che le piogge estive non abbiano avuto, nel caso presente, una grande influenza. Egli propone la seguente spiegazione.

Dopo le grandi piogge dell'estate ed anche dell'ottobre che non erano state molto importanti ed abbondanti, il mese di novembre assai buono aveva permesso ai corsi d'acqua di ritornare allo stato quasi normale, essendo durante il mese di novembre la quota della Senna a Parigi rimasta fra 1 metro ed 1 metro 50 solamente. All'inizio del dicembre era ad un metro. Così al Parco St. Maur la Marna era al disotto della media dal 9 al 19 novembre ed al livello medio all'inizio del dicembre. Le piogge della stagione precedente avevano arricchito per lungo tempo le falde d'acqua sotterranee, ma il loro influsso sulle acque dei vari corsi era cessato. Al contrario le piogge del dicembre 1909 hanno ricondotto in effetto allo stato di saturazione le falde di acqua superficiali, dimodochè quando le piogge di gennaio giunsero esse hanno trovato un suolo incapace di assorbirne la minima parte. Tutto il bacino della Senna si è allora comportato come fosse impermeabile e tutta l'acqua caduta ha scolato direttamente verso i corsi d'acqua determinando delle piene immediate, non solo a monte, ma anche nel centro del bacino. A sostegno della sua tesi l'Angot cita il caso della Senna e della Marna che sotto l'azione delle piogge dell'11 e del 12 gennaio cominciarono nella sera del secondo giorno a salire: concluderebbe quindi che contrariamente alla regola ordinaria il principio della piena avvenne in luogo, per azione dello scolare delle acque locali che determinarono il primo moto ascensionale della Senna a Parigi e della Marna a St. Maur, particolare questo assai raro. Le piogge essendo continuate a brevi intervalli gli afflussi si

sovrapposero gli uni agli altri producendo quote sempre più alte. Sarebbe, per esempio, bastato un intervallo di alcuni giorni fra le piogge del 18-21 e del 23-25 perchè l'effetto fosse interamente diverso. Fu così che le due piene della Marna in dicembre 1882 e gennaio 1883, le quali non sono state a St. Maur inferiori che di un sol metro a quella del gennaio 1910, avrebbero certamente raggiunto ed oltrepassata quest'ultima se le piogge, invece di porre un intervallo di 14 giorni alla metà del dicembre 1882, avessero ripreso dopo 4 o 5 giorni solo. Inoltre l'Angot discute sull'effetto che hanno potuto avere le nevi col loro scioglimento, ciò che da alcuni fu invocato. In primo luogo è da osservarsi che non vi fu neve nel bacino superiore della Senna che su due regioni assai ristrette, il Morvan e l'altopiano di Bassigny nell'Alta Marna. Supponendo che una ventesima parte del bacino a monte di Parigi sia stato coperto di nevi per 50 centimetri ed in modo uniforme, si avrà una superficie di 2500 km.² Tale mantello di neve avrebbe corrisposto, come quantità totale d'acqua, ad una caduta di pioggia di 2 mm. 5 sull'assieme del bacino del monte, quantità insignificante per rapporto alla caduta di pioggia che dall'11 al 20 ha variato fra 50 mm. e 150 mm. secondo i luoghi. A Parigi poi la portata della Senna al ponte della Tournele, può essere calcolata a 1500 m.³ per secondo se la quota è di 6 metri e 2000 m.³ se la quota è di 7 metri 40. La prima essendo stata oltrepassata durante 12 giorni consecutivi, la seconda durante 6, dobbiamo riconoscere minima l'azione delle nevi che non avrebbero bastato ad alimentare la prima portata che per 23 ore e la seconda durante 17 ore. Da ultimo l'Angot nega che le falde d'acqua sotterranee abbiano prodotto effetti positivi sulla piena. Malgrado si trovassero, dopo le piogge dell'estate e dell'autunno, ad un livello molto alto non raggiunto da molti anni, bisogna osservare che l'efflusso delle falde d'acqua sotterranee è sempre molto lento; che tale efflusso non può che diminuire in epoca di piena. Infatti il livello delle falde d'acqua varia poco mentre quello del fiume aumenta rapidamente; la differenza di carica va dunque diminuendo a misura che la piena si accentua e può anche divenire negativa. In questo caso sarebbero le acque del fiume che affluirebbero nelle falde d'acqua. Da ultimo all'inizio del gennaio dal momento in cui le piogge del dicembre ebbero tutto il tempo di scolare, la Senna e la Marna comin-

ciano a calare ed in modo molto rapido ciò che, secondo l'Angot non sarebbe avvenuto se le acque sotterranee avessero fornito una quantità importante d'acqua. In ultima analisi il prof. Angot fa osservare che la piena in Parigi è stata in gran parte puramente artificiale e fu dovuta ad ostacoli multipli che hanno vieppiù ingombrato il letto della Senna e lo restringono durante la traversata della capitale, sino ad aver prodotto una sopraelevazione artificiale di livello di 2 metri. Dal giorno del minimo — giorno 12 — sino a quello del massimo le quote estreme che furono rilevate a monte e a valle di Parigi sono registrate nella tabella qui apposta.

TABELLA XXV.

Stazioni	Minime	Massime	Differenza
Seine à Melun	2,12	6,40	4,28
Marne à St. Maur	3,40	7,91	4,51
Seine à Bezons	3,22	7,92	4,70
Media	—	—	4,50
Senna a Parigi	1,95	8,62	6,67

Sembra perciò indispensabile il tener conto di tale effetto se si vuol confrontare la piena del gennaio 1910 alle piene storiche avvenute quando il corso della Senna attraverso la città era ben altro.

Se alcuni degli argomenti adottati dall'Angot non sono da dispregiarsi e specialmente per ciò che riguarda la sopraelevazione artificiale di livelli per l'ingombro progressivo del letto del fiume, tuttavia altri sono stati molto discussi in una adunanza tenuta dalla Società Meteorologica il 1° marzo 1900.

Il professor De Martonne non si mostrò convinto dell'argumentazione basata sull'abbassamento di livello subito dai fiumi all'inizio dell'inverno poichè lo stato dei corsi d'acqua non può valere come indicazione delle riserve d'acqua nei terreni permeabili. Queste riserve oltre che nelle falde d'acqua sotterranee

consistono ancora in certi terreni calcarei, assai compatti ma largamente fissurati, di un assieme di cavità di grandi dimensioni in cui circolano veri corsi d'acqua con serbatoi in comunicazione a mezzo di sifoni e che possono immagazzinare masse d'acqua considerevoli senza nulla rendere sino al momento in cui il sifone entra in azione, espellendo violentemente forti quantità d'acqua. Data l'esistenza di calcari nei terreni permeabili del bacino della Senna, è probabile che in essi dei condotti sotterranei abitualmente vuoti e capaci di assorbire una parte delle acque fornite dalle precipitazioni atmosferiche, si siano trovati in seguito alle piogge dell'estate interamente riempiti e successivamente quelle del dicembre e del gennaio abbiano condotto i sifoni a spiegare una azione violenta e tanto più pericolosa in quanto essa si verifica a periodi lontani e molto raramente. L'influenza preponderante avuta nell'ultima piena dalla Senna Alta e dalla Marna sembrano dimostrare l'importanza che possono assumere i terreni calcarei.

Non voglio negare che l'opinione qui espressa possa avere molto valore, anzi sarei per citare un fatto da me rimarcato nell'ottobre dell'anno 1907 sul Lago Maggiore: lunghe e persistenti piogge avevano già portato ad un forte livello le acque del lago ed i torrenti dei terreni calcarei (riva lombarda) convogliavano da qualche giorno una notevole quantità di acque, quando, sotto l'azione di due uragani, succedutisi a brevissima distanza nello spazio di poche ore, il livello del lago crebbe di tanto oltre i limiti consueti, e con tale rapidità, che a stento si poterono sfilare gli ormeggi delle imbarcazioni e non si potè nemmeno tentare d'impedire alle acque di penetrare nelle cantine e negli *halls* degli alberghi e delle ville producendo danni rilevantissimi al mobilio. Tuttavia il forte straripamento che raggiunse il suo massimo nelle regioni immediatamente a monte di Parigi, è pur dovuto allo strozzamento del corso in quel punto.

A sua volta il signor Teisserenc de Bort ha creduto fare osservare come dalle ultime grandi piene siano state tracciate, nella regione, delle strade i cui declivii formano altrettante vie di scolo per le acque superficiali. Si può facilmente vedere tale effetto facendo un confronto colle vecchie strade che ancora esistono nelle maggiori foreste e che seguono il naturale svolgersi delle accidentalità del suolo. Queste ultime erano tutte piene di pozze

d'acqua che scomparivano a poco a poco col graduale prosciugarsi del terreno, ciò che non avviene colle strade moderne. Quindi, conclude il de Bort, con cause meteorologiche uguali effetti idrologici diversi.

Si possono ricercare prove dirette nell'andamento della piena medesima per dimostrare che essa divenne sì minacciosa per effetto dell'incuria degli uomini? Vediamo a tale scopo quali siano state le fasi successive della piena.

A partire dal giorno 19 gennaio l'aumento di livello delle acque della Senna a Parigi divenne subitamente inquietante. In quel giorno la quota rilevata alla scala del ponte della Tournelle era di soli 2 metri 78, ma l'indomani saliva a 3 m. 80, il 21 a 4 m. 62 ed il 28 al suo massimo di 8.42, ossia in nove giorni abbiamo un aumento totale di (8 m. 42-2 m. 78) 5 m. 64 che corrisponde ad una media di 0 m. 626 giornalieri, fatto non mai verificatosi per la Senna. La piena dell'anno 1740, la più antica di cui si abbiano particolari precisi, impiegò venti giorni per giungere dalla quota di 3 metri a quella massima di 7 m. 90, e là piena del 1876 ventotto giorni per passare dalla quota di 3 m. al suo massimo di 7 m. 30.

La piena del 28 gennaio 1910 non rimase ad alte quote che per breve tempo. Già al 29 era scesa a metri 8.57 e continuò poi con non minor rapidità. Il 6 febbraio il livello delle acque era sceso alla quota di 4 m. 50, ma poi a partire da questo momento si ebbe una recrudescenza che ricondusse alla quota di m. 5.43 il 12 febbraio. Le acque calarono poi sino alla quota di 5 metri per risalire il 17 febbraio sino a m. 5.61. Scese di nuovo a 4 m. 40 il 22, ebbero un quarto aumento di livello, e fu l'ultimo, il 2 marzo (5 m. 61). Dipoi il decrescere divenne progressivo. Ecco qui unite anche le varie quote registrate giornalmente dal 12 gennaio al 4 febbraio alle ore 8 del mattino.

TABELLA XXVI.

Altitudine dello zero delle scale	Ponte d'Austerlitz (26 m 24)	Ponte della Tournelle (26 m 29)	Ponte Royal (24 m 52)	Ponte di Mantes (12 m 91)
12 gennaio 1910	1,90	1,85	3,11	3,18
13 » » 	2,12	1,98	3,25	3,15
14 » » 	2,48	2,32	3,57	3,35
15 » » 	2,50	2,34	3,53	3,65
16 » » 	2,48	2,32	3,55	3,65
17 » » 	2,50	2,35	3,55	3,69
18 » » 	2,75	2,60	3,79	3,80
19 » » 	2,94	2,78	3,91	3,90
20 » » 	3,98	3,80	4,79	4,00
21 » » 	4,76	4,62	5,77	5,20
22 » » 	5,93	5,77	6,59	5,89
23 » » 	6,25	6,08	7,15	6,36
24 » » 	6,74	6,57	7,57	6,72
25 » » 	7,09	6,92	7,89	7,12
26 » » 	7,51	7,34	8,29	7,39
27 » » 	8,16	7,98	—	7,62
28 » » 	8,62	8,42	9,41	7,80
29 » » 	8,57	8,35	—	7,91
30 » » 	8,34	8,14	—	8,03
31 » » 	8,00	7,80	—	8,13
1 febbraio » 	7,64	7,48	—	8,13
2 » » 	7,22	7,06	8,07	8,09
3 » » 	6,62	6,48	7,49	7,98
4 » » 	5,82	5,66	6,75	7,75

Forse la piena crebbe e decrebbe con tanta rapidità, ciò che avvalorerebbe ancor più l'opinione del prof. Angot, esser cioè stata in parte artificialmente prodotta dallo strozzamento del letto del fiume e dallo scolo delle acque locali, per una causa che noi dobbiamo ricercare nello sviluppo economico-sociale che la regione

parigina ha assunto da un trentennio a questa parte. La regione intera è stata occupata da nuovi villaggi, sobborghi, gruppi di case ed officine; intersecata da linee ferroviarie e tramviarie, da strade carrozzabili innumerevoli: tutto ciò richiede un sistema di fognatura molto esteso per disciplinare le acque piovane, sistema che ha il suo naturale sfogo nella Senna. E questo fatto si ripete anche all'infuori dei dintorni di Parigi. È così che alcuni terreni, l'acqua dei quali non giungeva al fiume collettore che dopo parecchi giorni, hanno potuto funzionare nell'ultimo caso assai differentemente e rompere fra tutti i diversi terreni quell'equilibrio, che la classifica di Belgrand ha trovato in essi, ché un terreno tutto ricoperto da costruzioni, da opere varie che favoriscono un rapido defluire delle acque ed impediscono il formarsi di riserve, raggiunge un coefficiente, molto maggiore, di scolo e la differenza si sentirebbe ancor più quando si trattasse di un terreno prima permeabile. Quindi pel caso presente sarebbe opportuno il calcolo fra il volume d'acqua caduta sul bacino a monte e quello misurato dalla Senna a Parigi.

Si potrebbe credere che nessuna piena avesse mai raggiunta tale intensità, poichè vari lavori costruiti di recente vennero stabiliti supponendo che i più alti livelli prevedibili si sarebbero mantenuti ad una quota sensibilmente inferiore. Per tal modo quando si prolungò la linea ferroviaria d'Orléans, nel tratto fra le stazioni d'Austerlitz e del quai d'Orsay durante l'anno 1899-1900, si stabilirono le aperture per l'aereazione della linea alla quota di 5 m. 70 circa. Errore ottimistico inesplicabile quando si osservi che da circa due secoli e mezzo un numero notevole di piene ha causato delle sopraelevazioni di livello oltre la quota di metri 5.70.

Diamo per poter procedere al confronto, una seconda tabella colle principali piene registrate al ponte della Tournelle e al ponte Royal e colle relative altitudini corrispondenti. Si potrebbero però nell'intervallo citare almeno oltre dieci piene che abbiano oltrepassata la quota di metri 6 al ponte della Tournelle (1).

(1) Ancora aggiungo alcuni dati sulle portate del fiume. La portata minima della Senna fino ad ora constatata fu di 36 m.³ 58 al minuto secondo nell'anno 1865 e la più forte era stata di 1652 m.³ nell'anno 1876. Le misure eseguite durante la piena del gennaio 1910 dal Servizio di Navigazione fra i ponti des Arts e del Carrousel e alla chiusa di Bezons hanno permesso di constatare che il massimo della piena dovette fornire dai 2300 ai 2500 m.³ al secondo.

TABELLA XXVII.

Date	Quote massime di alcune piene		Altitudini corrispondenti	
	Ponte della Tournelle	Ponte Royal	Ponte della Tournelle	Ponte Royal
1 marzo 1658	8,81	9,10	35,10	33,62
26 dicembre 1740	7,91	8,20	34,20	33,72
3 gennaio 1802	7,43	7,78	33,72	32,30
3 marzo 1807	6,70	7,30	32,99	31,82
8 febbraio 1850	6,05	6,77	32,34	31,29
28 settembre 1866	5,20	6,20	31,49	30,72
17 dicembre 1872	5,85	6,90	32,14	31,42
17 marzo 1876	6,50	7,30	32,79	31,82
8 dicembre 1882	5,84	6,84	32,13	31,36
7 gennaio 1883	6,02	7,00	32,31	31,52
28 gennaio 1910	8,42	9,41	34,71	33,93

TABELLA XXVIII.

Date	Quote alle scale		Portate	
	del Ponte Royal	della Tournelle		
12 agosto 1858	0,00	0,00	48,08	Misure eseguite sotto gli archi del ponte Royal.
17 marzo 1876	6,72	6,46	1.652,00	
20 marzo 1876	6,18	5,77	1.400,00	Misure eseguite fra il ponte degli Invalidi ed il ponte dell'Alma.
27 marzo 1876	3,61	3,03	830,00	
8 gennaio 1879	6,20	5,15	1.254,00	idem.
23 gennaio 1879	3,82	2,88	716,00	
10 dicembre 1882	6,35	5,53	1.262,00	idem.
5 gennaio 1883	6,98	6,00	1.504,00	

Tuttavia se si considerano i livelli delle più alte acque della Senna a Parigi al ponte della Tournelle a partire dall'anno 1732 si vedrà

come nello spazio di un secolo dopo quella del 3 marzo 1807 (6 m. 70) quattro sole piene hanno oltrepassato la quota di 6 metri: il 13 marzo 1817, il 16 febbraio 1836, l'8 febbraio 1830, ed il 16 marzo 1876. Dato il lungo intervallo trascorso fra l'una e l'altra piena; dato ch'esse hanno prodotti danni relativi; dato ancora che la piena dell'anno 1876 è stata presa come tipo di piena eccezionale per le misure da adottare contro gli straripamenti massimi della Senna, si può così spiegare le poche precauzioni e la dimenticanza degli interessati riguardo la possibilità di un ritorno di tale pericolo.

Senza entrare a discutere delle ragioni che possono aver condotto a modificare in molti punti il letto della Senna nel tratto entro Parigi, bisogna però sempre rilevare il fatto che non poca influenza hanno esercitato, per esempio, i lavori eseguiti in occasione dell'Esposizione del 1900, fra la Spianata degli Invalidi ed il Campo di Marte per la costruzione di larghe banchine di scarico; poi — risalendo a qualche decennio — l'aumentato numero di ponti i quali, se pure a seconda del tipo di costruzione possono avere diverso effetto, quando una quota elevata venga raggiunta di tanto è accresciuto l'ostacolo frapposto al libero defluire delle acque; ancora hanno agito in modo non dubbio i materiali di natura diversa: sassi e sabbie scaricati nelle banchine in mucchi di grande altezza e volume; alberi secolari cresciuti sulle banchine medesime; casotti del dazio, delle società di navigazione, magazzini di deposito; bagni e lavatoi galleggianti e fissi. Tutti questi oggetti oltre all'avere rallentato e sovente spezzata la corrente ritardandone fortemente il defluire lungo le sponde, si sono poi spesso trovati trascinati contro gli archi dei ponti, già in gran parte sommersi, ed hanno costituito delle vere barricate determinando un riflusso enorme e pericoloso. Ciò avveniva in modo speciale presso alcuni ponti e più specialmente presso quello dell'Alma che ebbe i suoi archi interamente sommersi. Ancora per parecchi giorni passarono quantità enormi di legnami, di botti, d'oggetti di masserizia, di alberi, qualche carogna di cavallo o di bestiame, strappate nei paesi a monte della corrente, e che impastati di lino e terriccio si attaccavano alle armature dei ponti in ferro. Le acque trovando così maggiore ostacolo ebbero sovente a comprometterne la stabilità, tanto che il passaggio venne interdetto non solo alle vetture, ma anche ai pedoni. Potremmo citare

i ponti di Solferino, d'Arcole, della Concordia che unitamente al ponte Royal e degli Invalidi, o perchè troppo bassi o per avere un numero considerevole di pile, spesso di grandi dimensioni, non lasciano una superficie libera sufficiente al passaggio di un volume d'acqua quale si può avere in una piena eccezionale. Nè i mezzi escogitati lì per lì dal Genio civile e militare per togliere in parte l'ostruzione delle luci e degli archi in ferro dei ponti di Solferino, d'Arcole e Concordia si mostrarono dei più felici e dei più pratici. Nei ponti sul tipo del Ponte Royal gli archi a tutta monta non influiscono che quando le acque abbiano raggiunto un livello molto alto, ma allora l'ostruzione prodotta è completa. Inoltre le luci sono di piccole dimensioni in rapporto a quelle assunte dalle pile. Nel ponte dell'Alma gli archi a monta schiacciata comportano numero minore di pile e quindi un maggiore sviluppo nelle luci, ma a loro volta gl'intradossi sono ad un livello più basso. Infatti nel primo ponte la somma delle distanze misurate dalle cinque luci è di metri 109.20, nel secondo le tre luci danno una somma di metri 111; ma mentre l'introdosso dell'arco più alto del ponte Royal si trova ad un'altezza di 10 m. 66, quello dell'arco centrale del ponte dell'Alma 8 m. 38.

Ecco ora alcuni dati sulla superficie totale delle luci di alcuni ponti:

Ponti della Tournelle et Marie riuniti (il secondo ponte è corrispondente al primo sull'altro braccio della Senna)m. ²	1231
Pont Neuf, i due bracci »	1131
Ponte del Carrousel. »	1113
Ponte Royal »	824
Ponte Solferino »	940
Ponte della Concordia »	895
Ponte degli Invalidi. »	975
Ponte dell'Alma »	937
Ponte d'Iéna »	1051
Ponte di Grenelle »	1199

Da queste cifre è facile dedurre come alcuni ponti, specie gli antichi, costituiscano in certi momenti delle vere opere di sbarramento.

È noto a tutti come le acque della Senna abbiano invaso sia per inondazione sia per infiltrazione alcune sezioni della ferrovia d'Orléans, alcune linee della ferrovia Metropolitana ed altre opere sotterranee come cantine, magazzini, cucine ecc., poste in diretta vicinanza col fiume. A chi possa interessare e desideri avere particolari molto dettagliati e d'indole tecnica indico: per gli ingegneri, gli articoli della rivista *Le Génie Civil*, uno dei migliori lavori in proposito; per i sanitari il rapporto del dottor Thierry, salvo quelle nuove opere che eventualmente possono esser venute alla luce dopo la composizione della presente memoria (1).

Voglio però fermarmi un momento per ricordare uno degli effetti più curiosi prodotti dalla piena del 28 gennaio e cioè l'inondamento di molte cantine di stabili posti in una zona relativamente lontana dal corso del fiume e che si poteva supporre del tutto fuori dal suo raggio d'azione, trovandosi ad una distanza di circa 2000 m. Tale fu il caso di alcune cantine di case poste in via Chateaudun e Trévis. Una simile constatazione venne però fatta ad ogni piena straordinaria della Senna e varie furono le spiegazioni che di quel fenomeno si tentarono.

Si credette per lungo tempo, benchè con poco fondamento di ragionevolezza, che la regione nella quale si trovava un sotto-suolo tanto permeabile fosse costituita dall'antico letto di un piccolo affluente della Senna il quale scendendo dalle alture di Ménilmontant si riuniva ad essa a Chaillot presso il ponte dell'Alma. Ma in seguito scoperte geologiche e geografiche hanno permesso di stabilire che il supposto affluente altro non era che

(1) Così, ad es., si sono avuti altri due forti aumenti di livello delle acque della Senna a Parigi: uno agli inizi del luglio dopo le piogge persistenti del maggio e giugno; un secondo durante il mese di novembre 1910 e che perdurò sino agli inizi del dicembre, assumendo i caratteri di una vera piena. Mi limito per ora, in mancanza di dati più completi, a dar qualche quota, riserbandomi di tornare sull'argomento appena ne avrò l'opportunità. A Parigi-Austerlitz la quota segnata il 7 novembre era di 2 m. 35; il 10: 3 m. 30; il 11: 3 m. 65; il 12: 4 m. 60; il 13: 5 m.; il 14: 5 m. 13; il 15: 5 m. 25; il 16: 5 m. 13; il 17: 5 m. 18; il 18: 5 m. 68; il 19: 5 m. 92; il 20: 5 m. 96; il 21: 5 m. 91; poi scende a 4 m. 05 il 26, per raggiungere di nuovo i 4 m. 80 il 1° dicembre; dopodichè s'inizia una costante diminuzione. È quindi probabile, qualora l'inverno tornasse piovoso e mite, che si abbiano a riscontrare nuove alte quote a Parigi prima della stagione calda dell'anno in corso.

un antico braccio della Senna: staccandosi dal letto principale al ponte d'Austerlitz, si dirigeva dapprima da sud a nord, poi piegava ad ovest lungo il piede delle alture di Ménilmontant e di Montmatre. Questo fatto segnalato dapprima dall'ingegnere Girard non fu però precisato e messo in chiaro che nel 1890 dal Signor Paolo Villain e posteriormente dal Signor Giorgio Villain. Egli estese nell'anno 1895 un rapporto in cui dette una dimostrazione storica dell'esistenza di questo antico letto. All'epoca quaternaria le piogge erano abbondantissime, la portata del fiume ben maggiore. Ma a poco a poco diminuì e depositi di grossi blocchi di pietre, poi altri materiali, sempre più leggeri, si sono via via formati sino ad assumere l'importanza di vere e proprie isole delle quali solo tre sussistono ancora: l'isola S. Luigi, la Cité e l'isola dei Cigni. Tutte le altre nel corso di alcuni secoli sono rimaste incorporate le une alle altre ad infine alle sponde del fiume, compresavi l'isola S. Martin, che costituiva il centro dell'attuale Parigi. Il braccio della Senna che passava a nord avrebbe seguito ad un dipresso questo tracciato: bacino dell'Arse-
nale (canale S. Martin), via Amelot, piazza della Repubblica, vie del Château-d'Eau, Richer, de Provence, des Saussaies e Avenue Montaigne. Colmatosi poco a poco esso venne posto a coltivazione per ortaggi. Poi col progressivo svilupparsi della città di Parigi anche gli orti scomparvero ed il luogo assunse il rilievo attuale. Ma le cantine delle costruzioni innalzate su questo antico braccio della Senna sono scavate nelle alluvioni le quali, avendo un grado maggiore di permeabilità delle altre parti del sottosuolo parigino, sono penetrate da una falda d'acqua sotterranea che segue più da vicino le variazioni di livello delle acque della Senna. Ciò può spiegare l'inondamento di cantine in via di Provence, la quale è posta appunto a mezzo dell'antico braccio della Senna.

Oltre ad argomenti d'indole geologica ve ne sarebbero altri storici:

« L'anno ottavo del re Childebarto (583) le acque aumentarono di tanto che la Senna e la Marna produssero una inondazione straordinaria a Parigi e spesso accaddero dei naufragi fra la Cité e la basilica di S. Lorenzo » (Gregorio de Tours. *Histoire des Francs* t. II. 397). Tale fatto parve così straordinario che alcuni autori credettero che a quell'epoca la chiesa sopraricordata fosse posta sulla sponda attuale della Senna e non, come ora,

presso la stazione dell'Est. La cosa potrebbe spiegarsi coll'esistenza del braccio nord del fiume. V'hanno ancora l'etimologie di alcuni nomi di strade come della Rue des Jardins, du Château-d'Eau, de la Grange-Batelière, posta quest'ultima nei pressi della Rue du Provence.

Prima di finire, una parola sui progetti presentati per vedere di escogitare quei mezzi che più sembrano adatti se non ad impedire il ripetersi di piene simili a quella del 28 gennaio 1910, almeno possano attenuarne gli effetti.

I primi progetti, studiati dall'ingegnere capo Vandrey e dall'ispettore generale des Ponts et Chaussées, Mary, riguardano l'attuazione di un grande canale di scarico a nord di Parigi, ma oramai, sia per il costo enorme che richiederebbe il lavoro sia per la relativa efficacia di un tale canale nel caso speciale di piene straordinarie, simili progetti vennero abbandonati. Sorte uguale ebbero tutte quelle proposte che tendevano ad eseguire un rialzamento di tutte le vie di Parigi: metodo impraticabile e costosissimo.

Secondo un altro ordine d'idee si pensò ad attuare il progetto di *Parigi porto di mare*, poichè esso avrebbe condotto, tagliando a più riprese e a mezzo di canali navigabili i meandri della Senna, ad abbreviarne di molto il corso e ad aumentare la velocità della corrente con un declivio unico e regolare. Per quanto l'idea possa parere seducente, è tuttavia riconosciuto come i tagli di un corso d'acqua invece di costituire un rimedio non facciano altro che spostare il danno da monte a valle, ciò che accadde per la Theiss a Szegedino nel 1879. Molto discutibile è pure l'idea di costruire delle chiuse-serbatoio a monte di Parigi in modo da trattenere una parte delle acque durante il massimo della piena: per impedire che la piena del 1910 oltrepassasse i 6 metri alla scala del ponte della Tournelle, sarebbe stato necessario un serbatoio capace di 1110 milioni di metri cubi. Ora il serbatoio più grande esistente in Francia, quello della Liez (Haute-Marne) capace di 16 milioni di metri cubi, costò tre milioni di lire, quindi è facile immaginare la spesa necessaria alla costruzione del serbatoio della capacità di oltre 1100 milioni di metri cubi. Dato anche che si trovino i luoghi adatti ed i fondi necessari, l'uso di simili serbatoi rimane sempre cosa molto delicata dovendosi scegliere con grande sicurezza il momento opportuno perchè abbiano azione utile sul massimo.

Non è il caso d'insistere per ora su tale argomento, bisogna attendere le conclusioni della commissione nominata dal Governo Francese per lo studio delle cause e rimedii delle inondazioni e presieduta dal Signor Alfred Picard. Qualcheduna di tali conclusioni è già stata resa nota a mezzo della stampa. Le prime misure sono d'indole locale e d'immediata attuazione: costruzione di terrapieni e muri; chiusura di quasi tutte le finestre della linea sotterranea della ferrovia d'Orléans fra le stazioni di Orsay ed Austerlitz; rialzamento del muro di trincea del medesimo tratto, ecc. ecc. A più lunga scadenza: la ricostruzione di alcuni ponti; dare una maggior profondità al letto della Senna fra le chiuse di Suresnes e Bougival; aprire un canale di derivazione fra Neuilly-sur-Marne e St. Denis. La spesa preventivata è di 222 milioni.

Evidentemente l'ultima gravissima piena della Senna sembra avere aperto la via a nuovi studii, ma essa ha anche condotto ad una poco lieta constatazione: dall'epoca in cui l'ingegnere Belgrand iniziava i suoi lavori, ben poco è stato fatto non dico verso la soluzione del problema, cosa molto difficile data la sua complessità, ma neppure verso una migliore comprensione di esso. Fenomeni diversi, siano essi manifestazioni meteorologiche oppure fenomeni idrologici sono stati studiati con molta diligenza e sovente in modo esauriente, ma spesso non risulta chiaro quel nesso che dovrebbe quasi riunirli e spiegarne le vicendevoli relazioni. Da ciò forse le contraddizioni sorte ogniqualevolta si sono volute indagare più da vicino le cause di ogni straordinaria piena della Senna: probabilmente perchè ognuno ha lavorato troppo strettamente nel suo campo senza rivolgersi a considerare un orizzonte più largo, volendo ricercare la soluzione desiderata basandosi su una serie unica di fatti. Il Belgrand pose molti importanti principii che rimangono tuttora ed ai quali bisogna sempre ricondursi — e, si noti bene, ciò è un fatto provato. Ma ciò non esclude che essi possano ancora esser discussi ed anche modificati. Abbiamo già accennato alle varie ipotesi avanzate, abbiamo indicato alcune questioni che hanno bisogno d'esser meglio studiate. Gravi manchevolezze e lacune sussistono ancora; e forse alcune osservazioni dovrebbero esser eseguite secondo altri metodi. Abbiamo veduto che nei riassunti decennali ed in quelli annuali si è sempre tenuto conto oltre che della media delle

piogge, per stagioni singole, anche della media delle temperature. Ciò è effettivamente un dato di molta importanza, ma può esso bastare e permetterci di trarre conclusioni attendibili? Data una stagione calda che raggiunga la media, per tutto il bacino, di oltre 380 mm., non è sempre dato che si registrino a Parigi, nel corso della Senna, quote di 5 metri; poi non sembra vi sia rapporto, come già feci osservare, effettivo fra l'uno e l'altro fenomeno; così pure non risulta che la quantità minore o maggiore raccolta nella stagione fredda immediatamente susseguente possa secondo un rapporto costante influire sui fenomeni che si producano nei corsi d'acqua; mi pare che sia più la frequenza e la durata dei gruppi di pioggia che non la quantità in sè, che abbiano maggior influenza. Evidentemente entrano in campo altri elementi: primo l'andamento della temperatura, poichè sembra che temperature alte fra gruppi di pioggia di stagione calda e temperature basse fra gruppi di pioggia durante stagioni fredde, rendano più difficile la saturazione dei terreni. Ma dalle tabelle dell'Ufficio Idrometrico ciò non risulta in modo troppo chiaro e quindi bisognerebbe vedere quale sia l'andamento delle temperature durante ogni gruppo di piogge e soprattutto fra un gruppo e l'altro; inoltre considerare anche, per quanto la cosa sia molto difficile, lo stato del cielo durante i periodi di sosta nelle precipitazioni atmosferiche. Quindi solo da uno spoglio degli annali dell'Ufficio Meteorologico e di tutti i dati che si potessero raccogliere presso l'Ufficio Idrometrico del bacino della Senna si potrebbe iniziare un lavoro che conducesse a risultati nuovi e completi, e giungere a meglio chiarire le relazioni che intercorrono fra precipitazioni atmosferiche, distribuzione di pressione barometrica, andamento della temperatura e soprattutto cercare di cogliere il nesso fra la distribuzione delle piogge e tutti quei fattori meteorologici che possono aumentarne o diminuirne l'influenza sui terreni della regione. Per questi ultimi poi è quanto più rimane forse da farsi: ogni regione parziale, ogni bacino dovrebbe essere studiato secondo nuovi principii geografici non bastando la semplice indagine geologica a render conto di tutto. Nei terreni permeabili in genere, in quelli calcarei più specialmente bisognerebbe studiare la funzione delle sorgenti e tentare di raccogliere qualche dato sul come abbiano agito durante l'ultima piena. Fatto questo si potrà tentare un'opera di coordinazione e sarà

forse dato di rispondere a molte delle domande state poste in questi ultimi mesi; di spiegare non pochi fenomeni sino ad ora riguardati un poco troppo come anomalie e di cui troppo sovente si cerca di dare una spiegazione limitandosi ad enunciare una ipotesi. Ed il campo delle ipotesi nel caso nostro non è certo ristretto: tuttavia nessuna di esse sembra aver preso consistenza. Un dato solo, contraddittorio, basta per colpirle nella loro fragilità. Una ipotesi può incontrare o per la sua verosimiglianza o per la sua eleganza un numero maggiore o minore di fautori: ma ciò non toglie che chi la segue si affanni per una via che un giorno gli sarà nettamente tagliata dalla realtà. L'unica speranza che si possa nutrire nel caso della Senna è che le parole dell'ingegnere Belgrand, da noi citate in principio di questa memoria, non abbiano ad avverarsi un'altra volta e che gli studi delle molte commissioni sappiano indicare quei mezzi che possano ovviare all'azione in parte naturale, in parte artificiale ma sempre dannosa di sbarramento esercitata da Parigi sulle acque della Senna.
