

Convegno Internazionale su:
PROBLEMI IDRAULICI NELL'ASSETTO TERRITORIALE
DELLA MONTAGNA
Milano - Maggio 1981

ASPECTS HYDROLOGIQUES DU BASSIN OCCIDENTAL DU PO (ITALIE)
LIMITES DES DONNEES ET PROBLEMES D'APPLICATION DES CONNAISSANCES

Virgilio ANSELMO - Elpidio CARONI
CNR - Istituto di ricerca per la protezione idrogeologica
nel bacino padano - Via Vassalli Eandi, 18 - Torino

Alain GIODA
ORSTOM - Nouméa, Nouvelle Calédonie

Résumé - Les auteurs ont cherché à résoudre quelques problèmes de l'hydrologie du Piémont et de la Vallée d'Aoste grâce aux données de l'Ufficio Idrografico per il Po publiées partiellement jusqu'à l'année 1970 et à l'apport d'autres données ultérieures inédites ou issues de fonds divers.

Les thèmes abordés sont ceux des régimes fluviaux, des bilans annuels de l'écoulement à partir de l'étude des précipitations en haute altitude et enfin des crues en particulier de leur fréquence mensuelle et saisonnière et leur intensité.

Pour prévenir de façon satisfaisante les paroxysmes, le problème le plus grave, les informations à disposition aujourd'hui, ne sont pas suffisantes.

Recherche menée dans le cadre du Progetto Finalizzato Conservazione del Suolo,
Sottoprogetto Dinamica Fluviale du CNR. (Publication n° 60).

01 FEV. 1994

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire
N° : 41579
Cpte : B

1. Introduction.

L'Ufficio Idrografico per il Po, administration dont la compétence s'étend à tout le réseau hydrographique padan, est subdivisé en trois compartiments, ceux de Turin, de Milan et de Parme où se trouve le siège central. Les cours d'eau auxquels est attachée cette recherche sont contrôlés par le compartiment turinois à l'exception de la Scrivia et drainent la partie la plus occidentale du bassin du Pô (Fig. 1a). Cette division administrative élargie recoupe celle des régions du Piémont et de la Vallée d'Aoste, sauf dans la zone du Tessin.

Aujourd'hui encore, l'hydrologie de ces cours d'eau reste assez méconnue; dans un travail consacré aux rivières alpestres piémontaises, Pardé [20] achève l'étude des variations saisonnières par la remarque suivante.

Encore une fois, pour conclure sur tant de points épineux, il nous faudrait des chiffres valables pour des périodes identiques et longues de 40 à 50 ans au moins (p. 397).

Or, actuellement, si cette période d'observation n'atteint que rarement la durée minima souhaitée précédemment, il est possible de mettre à jour pour le moins les données. En effet ces dernières sont publiées jusqu'en 1970, dans les Annali Idrologici et dans les Pubblicazione n. 17 par le Servizio Idrografico.

Il est vraisemblable que, pour une période indéterminée, ce soient les uniques chiffres officiels à disposition à cause de la crise interne que traverse l'Ufficio Idrografico per il Po.

2. Les régimes fluviaux

Cette partie est basée sur les seules données publiées.

Les stations de jaugeage ayant fonctionné sur les cours d'eau étudiés, dans la période 1925-70, sont au nombre de soixante-trois. Mais parmi celles-ci, trois seulement ont vu les mesures effectuées pendant plus de quarante ans. S'y ajoutent trente-deux stations où la durée d'observation a atteint au moins seize ans, durée supérieure de quarante pour cent à celle prise en compte en moyenne par Pardé [20]. A celles-ci, peuvent s'adjoindre cinq autres stations, qui contrôlent des bassins de très haute altitude moyenne, où les débits ont été jaugés seulement pendant huit à quatorze ans. En fait, là où les surfaces réceptrices sont fortement englacées, la similitude très nette entre les régimes annuels est telle que les moyennes de cinq à six ans ressemblent beaucoup à celles de

TABLEAU 1 - Les stations de jaugeage. Quelques caractéristiques des bassins contrôlés et des débits.

N°	Station	BASSIN	Surface (km ²)	Altitude moyenne (m)	Années d'observation	Débit moyen (m ³ /s)	Débit cinquantenaire (selon Galton) (m ³ /s)
1	Campertogno	SEZIA	170.3	2120	23	6.82	482
2	Ponte Folle	HASTALLONE	149.0	1350	32	7.51	955
3	Ponte Aranco	SEZIA	695.0	1480	23	31.49	5863
4	Pré St. Didier	DOIRE de COURMAYEUR	219.3	2450	11	11.23	
5	Promise	RUTOR	49.8	2676	31	2.59	32
6	Pont Montbardon	DOIRE BALTEE	372.0	2419	14	19.41	124
7	Pélaud	DOIRE de RHEMES	54.0	2770	8	2.48	
8	Eaux Rousses	SAVARA	82.0	2710	17	2.81	46
9	St. Oyen	ARTANAVAZ	69.3	2206	17	2.24	26
10	Aoste	DOIRE BALTEE	1840.0	2270	17	52.16	626
11	Champoluc	EVANCON	101.0	2648	22	3.14	55
12	Brusson	EVANCON	145.3	2461	11	3.11	
13	D'Eyoia	LYS	30.4	3112	13	1.66	
14	Gressoney St. Jean	LYS	90.6	2615	21	3.86	51
15	Champorcher	AYASSE	42.2	2392	21	1.68	4.5
16	Tavagnasco - Ponte Baio	DOIRE BALTEE	3113.0	2080	46	95.14	1533
17	Pont Canavese	ORGO	617.0	1930	39	20.19	1475
18	Lanzo	STURA de LANZO	582.0	1751	39	20.07	1299
19	Oulx	DOIRE RIPAIRE	262.1	2169	30	5.50	103
20	S. Antonino di Susa	DOIRE RIPAIRE	1048.0	1613	27	19.62	223
21	Fenestrelle	CLUSON	154.0	2169	23	3.18	116
22	San Martino	CLUSON	580.8	1751	34	12.75	1156
23	Crissolo	PO	36.7	2235	36	1.46	169
24	Monterosso	GRANA	102.0	1540	37	2.62	163
25	Meirano-Moncalieri	PO	4855.0	950	44	78.35	2905
26	Pietraporzio	RIO del PIZ	21.0	2172	23	0.85	
27	Pianche	STURA de DEMONTE	181.0	2070	23	5.30	113
28	Bagni di Vinadio	RIO BACNI	62.6	2124	20	2.50	
29	Galola	STURA de DEMONTE	562.0	1817	18	17.98	172
30	Limone	VERMENAGNA	57.2	2679	16	2.04	
31	Ponte di Nava	TANARO	147.5	1623	35	4.82	476
32	Nucetto	TANARO	375.0	1227	31	10.72	1115
33	Presa C.le Molline	CORSAGLIA	88.5	1530	28	3.03	80
34	Farigliano	TANARO	1522.0	938	28	37.45	1512
35	Alexandrie	TANARO	5258.0	769	18	88.74	
36	Ferrania	BORMIDA de MALLARE	49.5	697	22	1.62	684
37	Sassello	ERRO	96.0	591	16	2.69	199
38	Montecastello	TANARO	7985.0	663	42	129.07	3665
39	Baracche	BORBERA	202.0	880	18	5.04	870
40	Serravalle	SCRIVIA	605.0	695	21	15.80	2214

vingt, trente ou quarante ans [21]. Au total, les quarante stations couvrent de façon assez dense et homogène l'ensemble du terrain d'étude (Fig. 1b et Tab. 1).

Les espèces fluviales sont au nombre de cinq, selon la classification usuelle [21], allant du régime glaciaire à celui de type pluvio-nival (Tab. 2).

En Piémont et dans la Vallée d'Aoste, l'importance du facteur pluie en automne est si nette que la hauteur moyenne du régime nival de transition, de 1500 m dans les Alpes Françaises [21], passe ici à plus de 1700 m. Pour trouver le régime nival pur et le nivo-glaciaire, il faut atteindre en moyenne 2357 m sur les bassins pris en considération. Quant au régime glaciaire, c'est plus de 2600 m qu'il faut atteindre contre 2400 m sur le versant français et 2200 m sur celui de Suisse.

En bref, les possibles chutes de pluies automnales en altitude dans cette partie des Alpes italiennes font repousser de plus de 200 m les limites inférieures des types alpestres et haut-alpestres au-dessus de ceux des types correspondants français. Cette conclusion est tout à fait en accord avec cette autre remarque de synthèse:

... le régime nival très exclusif, avec rivières à peu près inertes lors des grandes précipitations d'automne, n'existe guère dans cette région, sauf ... tout près des sources. Car en octobre et sans doute en novembre, certains réchauffements doivent permettre à la pluie de tomber sous forme liquide jusque vers 2250 ou 2500 mètres ([20], p. 389).

Par conséquent, la formation de gros débits doit être possible durant ces deux mois.

TABLEAU 2 - Espèces fluviales des cours d'eau.

Régime	Stations (voir Tab. 1)	Altitude moyenne (m)
Glaciaire (Fig. 2a)	4, 5, 6, 7, 12, 13	2368
Nival (Fig. 2b)		
a) nivo-glaciaire	8, 10, 11, 14, 16	
b) nival pur	1, 9, 15, 26	2254
c) nival mitigé	17, 18, 21, 23	
Nival de transition (Fig. 2c)	2, 3, 19, 20, 22, 24, 27, 28, 29, 30, 31, 33	1729
Nivo-pluvial (Fig. 2d)	25, 32, 34, 35, 36, 37, 38	834
Pluvio-nival Méditerranéen (Fig. 2e)	39, 40	788

3. Les bilans annuels de l'écoulement

Les bilans de l'écoulement ... ont pour principal intérêt de montrer comme il est difficile de déterminer directement quelles précipitations tombent sur des bassins partiellement situés en haute montagne ... Car, la plupart des chiffres indiqués pour les lames d'eau atmosphériques annuelles sont presque certainement trop faibles, par comparaison avec les indices d'écoulement des rivières ([20], p. 403).

Afin de résoudre, même partiellement, les deux problèmes soulevés, l'ensemble des pluviomètres totalisateurs installés à 1800 m au minimum, à l'exception d'un appareil situé à 1650 m dans le bassin de la Maïra, n' a été pris en compte. Enfin, dans les zones où la densité de ce réseau était faible ont été considérés des pluviomètres de type normal pour arriver à un total de trente et une stations.

3.1. Les précipitations en haute altitude et leur évaluation.

Au début de l'enquête, il est apparu, dans cinq cas, qu'à côté de l'habituel totalisateur, un pluviomètre ~~est~~ a été mis en service. Le premier, par trois fois, a mesuré des valeurs supérieures, allant jusqu'à 27%, à celles obtenues dans l'autre instrument; et ceci sur des périodes de fonctionnement simultanées qui se sont étalées de six à quinze années. Ce fait tend à souligner l'imprécision des données en haute montagne, celles qui regardent notamment les précipitations neigeuses. Une des causes de cette distorsion est communiquée par l'Ufficio Idrografico per il Po qui signale que la quantité de neige recueillie par l'instrument est inversement proportionnelle à l'ouverture de l'orifice de celui-ci [12]. La différence vérifiée entre les précipitations mesurées dans le pluviomètre et dans le totalisateur peut s'expliquer en sachant que les surfaces d'ouverture sont respectivement de 0,100 et 0,025 m². Le maintien des mêmes types d'instruments par le Servizio Idrografico a conduit à l'absence, dans cette direction, de recherches systématiques ultérieurement au travail cité ci-dessus.

3.2. La sous-évaluation des précipitations par rapport à l'écoulement.

Ce problème est perçu depuis la fin XIX^e s. [11] [2]. Les différents rapports entre les quantités moyennes annuelles des précipitations relevées aux trente et une stations d'altitude et celles d'autres stations installées dans un même bassin et à proximité des précédentes mais à des hauteurs moins élevées, ont été effectués (Fig. 3). Les rapports sont supérieurs à l'unité dans 78% des cas,

même là où l'influence nivale est négligeable, tandis que leur valeur moyenne est de 1,21.

Ces résultats basés sur les observations d'un réseau pluviométrique où les stations se localisent surtout au fond des vallées montrent que les coefficients d'écoulement, dans les bassins montagnards, pèchent par excès lors de leurs publications. La sous-estimation moyenne des précipitations varie de 10 à 20% sans prendre en compte l'évapotranspiration et tout en sachant que la corrélation entre l'augmentation de l'altitude et celle de la pluviosité est faible [7] [17]. Les facteurs qui influencent la quantité de précipitations sont surtout l'orographie des bassins et leurs expositions, ou mieux encore l'orientation successive des vallées alpines [16] [24]. En outre la précipitation mesurée par un pluviomètre d'emploi courant à ouverture au dessus du sol est de 10-20% inférieure à la quantité mesurée à l'aide d'instruments dont les bords sont au niveau du sol [22] [8].

4. Les crues.

Si la répartition géographique des crues piémontaises est bien perçue, avec notamment les groupes de rivières associées lors des paroxysmes [15], les informations sur la répartition mensuelle et saisonnière et les débits écoulés lors de ces phénomènes restent limitées.

Mais il faudrait que je dispose d'observations pluviométriques et hydrométriques étendues à un demi-siècle ou à un siècle, et notamment de précisions sur les crues dévastatrices des plus petites rivières, pour que je puisse raisonner et chercher des explications point trop incertaines sur la fréquence saisonnière des crues moyennes, grandes ou extravagantes, et sur l'intensité possible de ces dernières, dans les Alpes piémontaises et dans le reste de l'Italie Septentrionale ([20], p. 417-418).

4.1. La fréquence mensuelle et saisonnière des crues.

La consultation des données hydrologiques éditées ne peut apporter que des résultats très partiels. Les débits maxima instantanés aux stations de jaugeage, lors de la crue annuelle, n'ont été mesurés que pendant quarante-deux ans tout au plus. Afin de pallier cette carence de données, ce sont les paroxysmes caractérisés par des dommages concomitants, advenus durant la période 1801-1978, qui ont été retenus. Dresser un tableau représentatif de ceux-ci est possible à

partir de soixante quatorze crues extensives relevées en Piémont et en Vallée d'Aoste entre 1801 et 1974 [15]. Cette liste a été portée à soixante dixsept avec l'adjonction du paroxysme de décembre 1960 et de crues postérieures comme celles de mai et d'octobre 1977.

En rappelant que sont exclus de cette analyse les phénomènes isolés touchant une partie ou l'ensemble d'un seul bassin, trois zones se dégagent sur le terrain d'étude.

- a) La première va de la Sesia à la Doire Ripaire incluse. Les mois automnaux d'octobre (33% des cas) et de septembre (23%) concentrent, précédant mai (17%), les crues. De décembre à avril et en juillet, soit pendant six mois, le risque est très faible (1%) et limité à décembre (Fig. 4a).
- b) La seconde s'étend du Cluson à l'Ellero inclus. Ici, mai (37%) devance nettement octobre (21%) et juin (18%). Au total, le poids des mois printaniers de mai et juin (55%) est supérieur à celui des trois mois automnaux (39%). De janvier à avril et en juillet-août, le danger de crues est nul en ne tenant pas compte d'un paroxysme dont est inconnue la précise extension géographique, celui de mars-avril 1892 (Fig. 4b).
- c) La troisième couvre la région allant de la Corsaglia à la Scrivia. La distribution mensuelle des crues présente de fortes analogies avec celle de la zone a); fréquemment il s'agit de mêmes épisodes hydrologiques qui correspondent, par exemple, au type 2 A et B de Govi [15].
Octobre (29%) est le mois le plus favorable aux paroxysmes devant celui de mai (18%), mais l'automne couvre à lui seul 57% des cas. Quatre mois seulement sont exempts de danger grave; même en hiver, du fait de la faiblesse de la rétention nivale dans cette zone d'altitude moins élevée, les forts débits restent possibles, par exemple sur le Tanaro [6] (Fig. 4c).

Cette zonation de la distribution temporelle des crues sur le terrain d'étude met en évidence la nécessité de trois réponses différentes pour la protection contre les paroxysmes.

4.2. L'intensité des crues.

Deux enquêtes complémentaires ont été effectuées. La première repose sur l'apport des méthodes probabilistiques dont le champ d'application est limité aux

cours d'eau dotés d'une station de jaugeage. La seconde s'appuie sur la méthode historique, appliquée aux rivières dont les débits n'ont jamais été ou ne sont plus mesurés.

Les débits maxima instantanés à trente trois stations, lors de la crue annuelle, sont connus partiellement jusqu'en 1970 [18].

Elles ont été régularisées selon les lois de Gauss-Galton-Gibrat et de Gumbel. Les tests du χ^2 et du signe (WINE) montrent que la loi log-normale de Gauss-Galton-Gibrat est la plus satisfaisante pour la régularisation des séries examinées [9]. Ces mêmes tests obligent à écarter l'échantillon du Rio Bagni.

Trois rivières sont caractérisées par une crue cinquantenaire dont le débit spécifique dépasse $5 \text{ m}^3/\text{s par km}^2$. Ce sont, dans l'ordre croissant, le Mastallone à Ponte Folle, la Sesia à Ponte Aranco et la Bormida à Ferrania. L'individualisation de quatre groupes de stations limnimétriques est possible à partir de l'analyse des courbes des débits spécifiques classés.

Chaque groupe est caractérisé par une pente déterminée de ces courbes (Fig.5) celle de la Doire Baltée à Pont Montbardon, très prononcée, est inclassable.

En sachant que q_T est le débit spécifique à récurrence de T années, les rapports q_{10}/q_2 et q_{50}/q_{10} ont été calculés pour chacun de ces groupes (Tab. 3).

TABLEAU 3 - Rapports entre les crues décennales et à récurrence de deux années (q_{10}/q_2), les crues cinquantenaires et décennales (q_{50}/q_{10}). Entre parenthèses, écart type moyen.

Groupe	Stations (voir tab.1)	q_{10}/q_2	q_{50}/q_{10}
A	5,8,9,10,14,16,29,37,38	1,60 (0,05)	1,33 (0,03)
B	11,15,19,20,33,34	1,82 (0,07)	1,44 (0,03)
C	1,2,17,18,21,25,27,31,32,39,40	2,45 (0,21)	1,66 (0,24)
D	3,22,23,24,36	3,34 (0,26)	2,08 (0,10)

Si l'estimation des débits à récurrence de cinquante années est une donnée intéressante, ces deux rapports, q_{10}/q_2 et q_{50}/q_{10} , sont plus encore importants comme base d'une protection contre les paroxysmes. En effet, ils expriment l'écart possible entre les écoulements de crues à durées de retour très différentes. Ici, s'individualisent les stations du groupe D où les rivières sont susceptibles des variations de l'intensité des débits les plus importantes donc les plus critiques. Ce sont la Sesia à Ponte Aranco, le Cluson à S. Martino, le Pô à Crissolo, la Grana à Monterosso et la Bormida à Ferrania. En pratique, il peut advenir, par exemple, que la plaine d'inondation de ces cours d'eau ne soit que rarement submergée. Ainsi, un sentiment trompeur de sécurité peut naître parmi les populations riveraines qui peuvent penser à coloniser ou bonifier ces zones sans trop prendre de précaution.

Il est à noter que le groupe D comme tous les autres comprend des cours d'eau de régimes différents et qu'il est difficile de regrouper les stations en zones géographiques homogènes.

Ces dernières années, quelques grandes averses ont provoqué des crues très violentes dans des bassins où les évaluations des débits maxima instantanés furent faites a posteriori, d'après les traces laissées par les eaux (Tab. 4).

L'utilisation de cette méthode peut également fournir des données sur les crues possibles qui échappent, du fait de la courte période d'observation aux stations de jaugeage, à l'extrapolation des lois de probabilité [19]. Malgré leur précision relative, les volumes d'eau écoulés sont très vraisemblables car en accord avec d'autres débits vérifiés précédemment dans plusieurs cas. En effet, à l'exception de la Strona de Cossato et de ses affluents où l'épisode de 1968 n'a pas d'équivalent dans l'histoire des Alpes piémontaises et a permis de définir les débits maxima possibles dans les petits bassins [23], les autres crues sont à peu près comparables à d'autres paroxysmes du XX^e s.

TABELAU 4 - Les plus gros débits depuis 1968.

Cours d'eau	A (km ²)	Q (m ³ /s)	Q/A (m ³ /s km ²)	Date	Source
Strona de Cossato	32	704	22	2 nov. 1968	14
Belbo	182	850	4,7	"	14
Pellice	281	900	3,2	19 mai 1977	4
Orba	172	1230	7,1	6 oct. 1977	5
Stura de Ovada	125	2250	17,9	"	5
Piota	90	1080	12	"	5
Leme	108	2050	18,8	"	5

Le Pellice a connu des débits supérieurs notamment le 31 octobre 1945 quand le volume des eaux, au pont de Luserna S.Giovanni, dans la zone du débouché des Alpes, s'établit à 1160 m³/s soit largement plus de 4 m³/s par km² [13]. De même, le bassin de l'Orba, dans l'Apennin et la zone collinaire (cf. Fig. 1), avait été déjà le siège de crues très fortes ainsi celle du 13 août 1935 qui roula à Ortiglieto 2280 m³/s soit 16,2 m³/s par km² [1].

La connaissance des débits alpestres confirme l'intuition suivante venue à la lecture des données alors éditées [18], [3]:

... je soupçonne les chiffres trop peu nombreux que j'ai recueillis d'oublier ou de minimiser certains cataclysmes locaux possibles, selon mes conjonctures, dans les Alpes piémontaises ... ([20] p. 410).

4.3. Propositions.

L'absence de stations de jaugeage ou l'arrêt du fonctionnement de celles-ci, sur des rivières sujettes à d'imposantes crues chroniques, interdit ou gêne l'analyse de ces phénomènes et la compréhension des mécanismes qui les déclenchent, d'autant que les paroxysmes sont aussi brefs que violents.

Le renforcement et surtout une distribution meilleure des réseaux pluviométriques sont les deux axes d'intervention. Ces réseaux que furent organisés au début du siècle afin de recueillir les données nécessaires à l'évaluation des ressources en eau exploitables pour l'énergie hydroélectrique ne correspondent absolument plus aux exigences actuelles. En effet, aujourd'hui le premier pro-

blème, surtout en Piémont, est celui du danger des crues et de l'incidence grave de ces dernières sur le milieu riverain. Pour faire face, il faut réunir les conditions suivantes:

- adapter ou changer les pluviographes existants afin de connaître, mieux encore, les pluies intenses et de brève durée;
- mesurer et signaler de façon systématique les débits extrêmes, et non seulement les débits moyens dont l'intérêt est devenu limité;
- installer des stations de jaugeage dans les petits bassins versants inférieurs à 100 km², sur les rivières où le problème des crues est très aigu;
- implanter des stations de jaugeage dans les zones non équipées et pourtant sujettes à des épisodes hydrologique graves et fréquents comme, par exemple, le Montferrat.

Des interventions en ce sens seraient, enfin, l'application du train de mesures indispensable, selon la Commission dite De Marchi (1970), pour atteindre le niveau nécessaire à une protection satisfaisante contre les eaux.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Alfieri S., Indagini idrologiche sul nubifragio dell'agosto 1935 nel bacino del Torrente Orba, Annali dei Lavori Pubblici, 1936, 675-684.
- [2] Anfossi G., La pioggia in Piemonte e nelle Alpi Occidentali, Rivista Geografica Italiana, 1913, (III), 5-191.
- [3] Angius E., La piena del Po del 4 maggio 1949 a monte di Torino, Giornale del Genio Civile, 1949, 12, 620-627.
- [4] Anselmo V., L'evento idrologico del 19 maggio 1977 nei bacini del Pellice e Germanasca, XVI Convegno di idraulica e costruzioni idrauliche, Torino, 1978, B3 1-12.
- [5] Anselmo V., L'evento idrologico del 6 ottobre 1977 nei bacini del Torrente Orba e affluenti (Piemonte), Mem. Soc. Geol. It., 1978, 281-288.
- [6] Anselmo V., Considerazioni idrologiche sugli eventi del febbraio 1972 e 1974 nel "bacino terziario" piemontese, Bollettino Associazione Mineraria Subalpina, 1979, 4, 716-724.
- [7] Bénévent E., Le climat des Alpes Françaises. Etude critique: Mémorial de l'Office National Météorologique de France, Paris, 1926.

- [8] Bixio V., Rolla P.A., Confronto fra le precipitazioni registrate da pluviografi a differenti altezze dal suolo, CNR Convegno sull'aggiornamento delle metodologie di raccolta ed elaborazione dei dati idrometeorologici, Roma, 1978.
- [9] Butera L., Sull'applicazione di alcune leggi probabilistiche a corsi d'acqua della regione piemontese, Atti e Rassegna tecnica della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino, 1972, 1-2, 27-36.
- [10] De Marchi G., Prefazione agli Atti della Commissione Interministeriale per lo studio della sistemazione idraulica e della difesa del suolo, Roma, 1970, Vol. I, XVII-XXIII.
- [11] Fantoli G., Sul regime idraulico dei laghi, Ulrico Hoepli, Milano, 1897.
- [12] Giandotti M., Esperimenti di confronto fra diversi pluviometri in relazione alla quantità di precipitazione raccolta, Ufficio Idrografico del Po, Parma, 1915.
- [13] Gioda A., Dynamique paroxystique du Bas Pellice: aménagement et protection du milieu riverain, XVI Convegno di idraulica e costruzioni idrauliche, Torino, 1978, B15 1-13.
- [14] Giuffrida G., L'evento alluvionale del 2-3 novembre 1968 in Piemonte. Annali Idrologici 1968, 111-138.
- [15] Govi M., Cartographie, documentation et interprétation de crues et coulées de boue dans les Alpes Italiennes, Internationales Symposium "Interpraevent 1975", Innsbruck, 1975, Vol. 2, 209-223.
- [16] Miliani L., Le piene dei fiumi veneti e i provvedimenti di difesa, L'Adige: R. Accademia Nazionale dei Lincei, F. Le Monnier, Firenze, 1973.
- [17] Moscati C., Relazione del direttore in Servizio Idrografico, Pubbl. 24, XII-C, Roma, 1959.
- [18] Ministero dei Lavori Pubblici, Dati caratteristici dei corsi d'acqua italiani, Pubblicazione n. 17.
- [19] Pardé M., Méthodes pour déterminer les débits maxima des crues exceptionnelles. Actes du 4^e Congrès des Grands Barrages, New-Delhi, 1951, Vol.2, 805-844.
- [20] Pardé M., Quelques indications sur le régime des rivières alpestres piémontaises. Revue de Géographie Alpine, 1952, 383-420.
- [21] Pardé M., Fleuves et rivières, 5^e édition, Armand Colin, Paris, 1968.
- [22] Rodda J.C., The precipitation measurement paradox. The instrument accuracy problem, W.M.O. Report n.16, 1971.

[23] Tournon G., Rapport regionale: Piemonte-Liguria, Atti del Convegno Nazionale sull'Idrologia e la sistemazione dei piccoli bacini. Roma, 1969, 113-119.

[24] Vivian H., Averses extensives et crues concomitantes dans l'Arc alpin. Etude hydro-météorologique. Thèse, Honoré Champion, Paris, 1977.

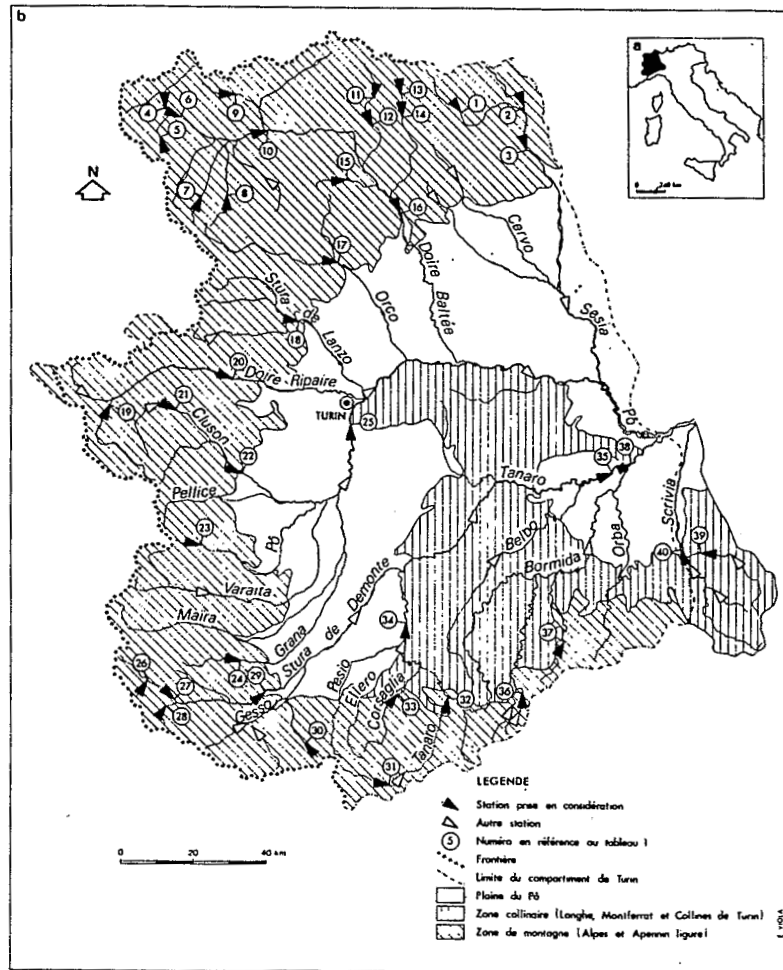


Fig. 1.a) Localisation du terrain d'étude.

b) Localisation des stations limnimétriques.

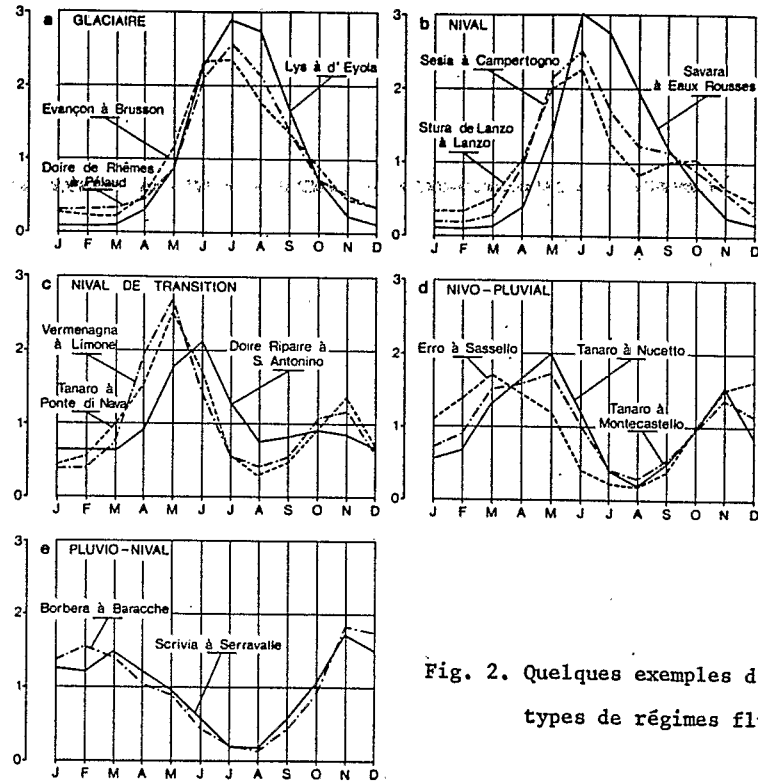


Fig. 2. Quelques exemples de chacun des cinq types de régimes fluviaux.

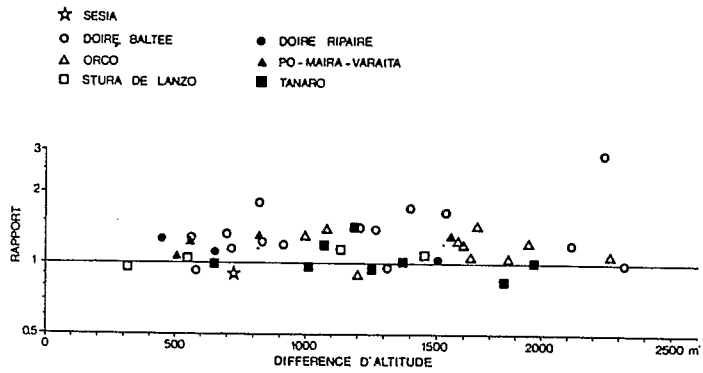


Fig. 3. Rapports entre les précipitations mesurées à des stations de haute altitude et celles mesurées à des stations voisines, d'altitude moindre et situées dans un même bassin versant.

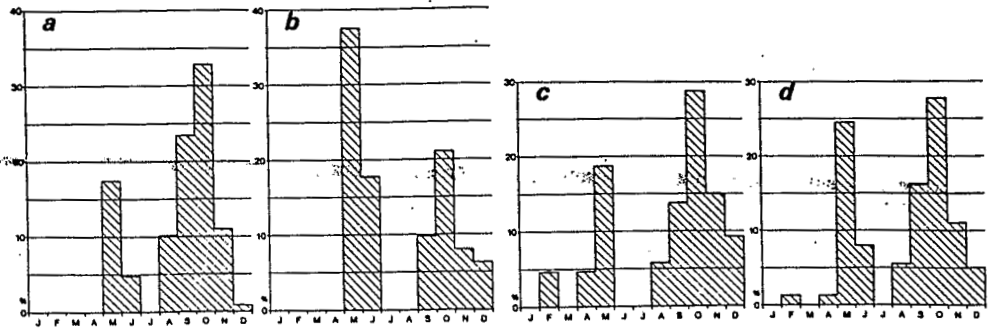


Fig. 4. Fréquence mensuelle des crues extensives. a) De la Sesia à la Doire Ripaire; b) du Cluson à l'Ellero; c) du Tanaro à la Scrivia; d) synthèse au niveau du terrain d'étude.

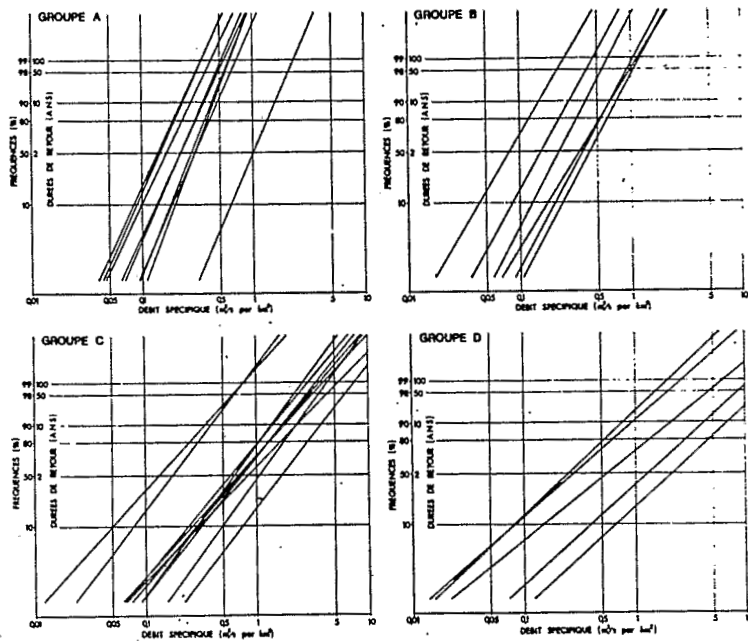


Fig. 5. Courbes des débits spécifiques classés selon la loi de Gauss-Galton-Gibrat (crues annuelles).

Individualisation selon la pente des groupes A, B, C et D.