

COURTE NOTE

Évolution récente du régime hydrologique de quelques rivières de Roumanie centrale

SHORT NOTE

Recent hydrological trends
of some central Romanian rivers

J.P. CARBONNEL¹, R. PETRORIAN² et P. SERBAN²

Reçu le 3 décembre 1996, accepté le 12 juin 1997*.

SUMMARY

A statistical study of annual and seasonal discharges series for 15 Romanian rivers and the Danube River at Orsova exhibits a very important dry hydrological period which began around 1983. The winter discharge decreased 50% during this period and seems to be the main cause of this hydrological drought. The spatial distribution of this drought is defined in Central Romania. The analysis of the Danube discharge serie demonstrates that an important part of its watershed is in the same situation.

Key words: climatic evolution, hydrological drought, annual discharges, stationarity, south Europe.

RÉSUMÉ

L'étude de la stationnarité de séries de débits annuels et saisonniers de 15 rivières roumaines et du Danube à Orsova met en évidence l'existence d'une « phase hydrologique » sèche importante depuis 1983. L'écoulement hivernal a diminué de 50 % depuis cette date et semble principalement responsable de cette sécheresse hydrologique. L'extension géographique de cette sécheresse est précisée en Roumanie Centrale. L'analyse des débits du Danube montre qu'une partie importante de son bassin versant est touchée par le phénomène.

Mots-clés : évolution climatique, sécheresse hydrologique, débits annuels, stationnarité, Europe du sud.

1. Université P. et M. Curie, URA-CNRS 1367, Case 123, 4 place Jussieu, F-75252 PARIS Cedex 05.

2. Régie Autonome « Les Eaux Roumaines », Dpt. Ressources en Eau, Str. Edgar Quinet 6, Bucaresti 70106, Roumanie.

* Les commentaires seront reçus jusqu'au 20 juillet 1998.

1 – INTRODUCTION

La partie méridionale de l'Europe subit depuis plusieurs années des sécheresses sévères dont on peut se demander si elles sont générales à la zone climatique concernée ou si elles font partie d'événements de type exceptionnel d'extension locale.

Des analyses statistiques récentes de séries pluviométriques roumaines et bulgares (J.P. CARBONNEL et P. HUBERT, 1994 ; P. SERBAN *et al.*, 1995 ; KOLOVA *et al.*, 1996) ont mis en évidence l'existence d'une « phase » de sécheresse météorologique pour la période 1983-1993 dans ces deux pays qui semble affecter une partie de leur territoire.

Afin de confirmer ce premier résultat, nous présentons ici une analyse de séries de débits annuels et saisonniers de quelques rivières roumaines et du Danube à Orsova.

2 – LES DONNÉES

La figure 1 présente la localisation des 16 stations de jaugeage utilisées pour ce travail. Quinze d'entre elles sont des stations de bassins versants situés entièrement en Roumanie ; la dernière est la principale station de jaugeage du Danube dans son cours inférieur, au Sud-Ouest du pays et dont le bassin versant à ce niveau est de 576 000 km².

La zone étudiée correspond à un secteur assez homogène quant aux régimes hydrologiques de ses rivières ; elles sont caractérisées par 60 à 70 crues maximales dues aux pluies et 30 à 40 crues maximales dues à la fonte des neiges de la chaîne des Carpates, depuis le début des observations (C. DIACONU et P. SERBAN, 1994) ; le rapport de ces deux nombres passe de 2,40 à 1,27 du Sud au Nord.

Les données de débits proviennent de la banque de données de l'Institut National de Météorologie et d'Hydrologie de Bucarest. Elles ont toutes été validées. Bien que souvent plus longues, les séries étudiées commencent toutes en 1950 afin d'obtenir des résultats comparables ; seule la station d'Orsova sur le Danube est présentée dans sa totalité (1840-1993).

3 – MÉTHODES D'ÉTUDE

Nous utilisons ici une procédure de segmentation (P. HUBERT, 1987 ; P. HUBERT *et al.*, 1989), déjà utilisée avec succès sur des séries pluviométriques et de débits africaines et européennes (J.P. CARBONNEL *et al.*, 1987 ; P. HUBERT et J.P. CARBONNEL, 1993 ; J.P. CARBONNEL et P. HUBERT, 1994). Elle vise à tester la

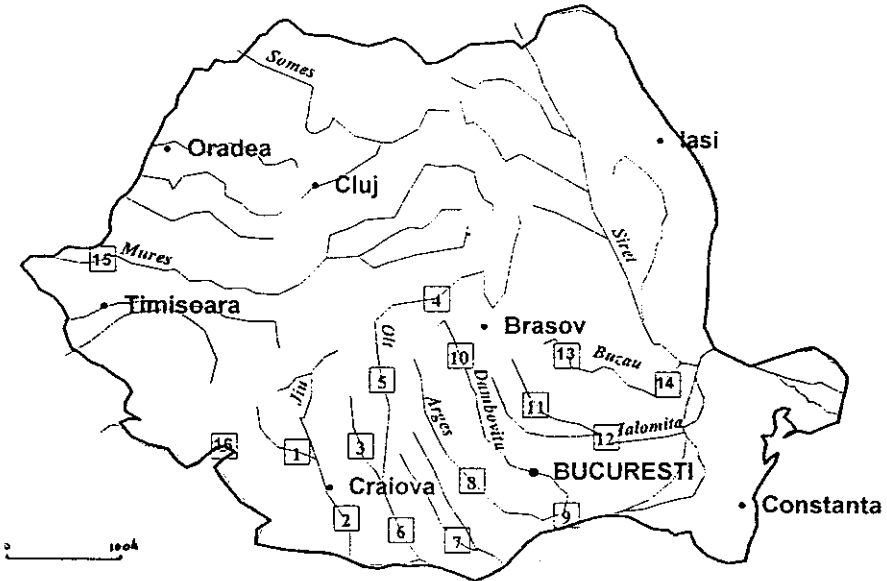


Figure 1 Carte de la Roumanie. Localisation des stations étudiées. Les numéros correspondent aux mêmes numéros que ceux des tableaux 1 et 2.

Map of Romania showing the geographical location of the studied stations. The numbers correspond to those in Tables 1 and 2.

stationnarité de séries chronologiques de mesures puis, en cas de non-stationnarité, à rechercher la segmentation la plus adaptée à la série. Cette procédure permet de segmenter en une ou plusieurs sous-séries stationnaires la série complète si celle-ci n'est pas stationnaire, les différences de moyennes des sous-séries contiguës demeurant significativement différentes de zéro. Le test de SCHEFFÉ (1959) sert de test de validité des segmentations obtenues. Nous avons retenu deux niveaux de signification pour ce test : 0,01 et 0,05.

4 – RÉSULTATS

Le tableau 1 résume les résultats de la procédure de segmentation appliquée aux 16 séries étudiées.

Au niveau de signification 0,01, trois des stations ne présentent pas de rupture de stationnarité ; 8 des 13 stations restantes présentent une rupture de stationnarité entre 1982 et 1987 dont 4 en 1982-83.

Pour un niveau de signification de 0,05, 5 autres stations font apparaître une rupture de stationnarité en 1982 et 1983 et 2 stations nouvelles en 1986.

Tableau 1 Segmentation des séries de débits des rivières roumaines étudiées.
Table 1 Segmentation of the discharge series for the studied Romanian rivers.

n°	Rivière/ STATION HYDROLOGIQUE	Superficie [Km ²]	Altitude moyenne [m]	Q _{avg, an} [m ³ /s]	Niveau de signification 0,01		Niveau de signification 0,05	
					Rupture	Moyenne locale/ Moyenne locale précédente	Rupture	Moyenne locale/ Moyenne locale précédente
1	Motru/FATA MOTRULUI	1 743	396	14,4	1971	0,76	1983	0,69
2	Jiu/PODARI	9 253	475	88,7	1987	0,69	-	-
3	Olt/OTETELIS	714	551	5,54	1982	0,58	-	-
4	Olt/FAGARAS	9 160	759	59,8	1986	0,63	-	-
5	Olt/RM. VALCEA	15 292	792	129,3	1983	0,65	-	-
6	Olt/IZBICENI	24 118	627	172,4	1983	0,59	-	-
7	Vedea/ALEXANDRIA	3 268	195	8,04	1974	0,34	-	-
8	Arges/MALU SPART	3 799	751	38,8	1992	0,44	1982	0,61
9	Arges/BUDESTI	9 229	389	51,0	1974	0,65	1982	0,65
10	Dambovit/MALU CU FLORI	668	1 182	9,95	1983	0,62	-	-
11	Prahova/ADANCATA	3 682	549	25,9	1985	0,61	-	-
12	Ialomita/COSERENI	6 265	490	42,8	1985	0,51	1985	0,57
13	Buzau/NEHOIU	1 549	1020	21,2	*	1,00	1986	0,71
14	Buzau/BANITA	3 980	670	28,8	*	1,00	1986	0,68
15	Mures/ARAD	27 056	618	177,6	*	1,00	1983	0,65
16	Dunarea/ORSOVA	576 232	44	5 577	1942	0,70	1983	0,86

Les années de rupture de stationnarité marquée d'un * ne présentent pas de rupture au niveau de signification 0,01.
 The years indicated with an asterisk (*) are stationary at a significance level of 0,01.

Si l'on tient compte de ces deux niveaux de signification ce sont donc 15 stations sur 16 qui présentent une rupture de stationnarité entre 1982 et 1987 dont 9 en 1982 et 1983 et 6 uniquement en 1983.

Ce résultat est à rapprocher de celui trouvé à partir des séries pluviométriques de la région (J.P. CARBONNEL et P. HUBERT, 1994) qui faisait apparaître une rupture de stationnarité de ces séries en 1983.

La station 7 (Alexandria/Vedea) est la seule à ne pas présenter cette rupture ; or son bassin, entièrement situé en plaine, ne subit pas l'influence de la fonte des neiges comme les autres stations ; par ailleurs, sa section est mal contrôlée car située en zone inondable.

Au sein de l'année hydrologique, des essais de segmentations ont été effectués sur les séries de débits moyens de printemps, été, automne et hiver afin de tenter de connaître leur contribution aux déficits d'écoulement enregistrés depuis le début des années 80.

Le tableau 2 présente les résultats des segmentations des séries de débits d'hiver (décembre, janvier, février). 10 stations sur 16 dont 6 au niveau de signification 0,01 et 4 au niveau de signification 0,05 présentent une rupture de stationnarité en 1982 ou 1983 qui met en évidence un déficit sur les débits hivernaux de l'ordre de 50 % par rapport aux mêmes débits de la période précédente. Au niveau du régime hydrologique, ce serait donc l'écoulement de ces trois mois d'hiver qui est principalement responsable de la sécheresse hydrologique des rivières roumaines du centre du pays.

La figure 2 présente le résultat de la segmentation de la série complète des débits annuels du Danube à Orsova. Cette figure illustre l'importance de la phase de sécheresse hydrologique actuelle après presque 120 ans d'un régime hydrologique, certes fluctuant, mais non réellement perturbé. On remarquera cependant qu'une sécheresse de longueur comparable à l'actuelle a affecté cette série entre 1856 et 1867.

5 – COMMENTAIRES ET CONCLUSIONS

L'analyse effectuée sur les séries hydrométriques roumaines permet les commentaires suivants :

Pour la majorité des séries annuelles analysées, on observe une rupture de stationnarité importante qu'on peut faire commencer en 1982-1983, les différents bassins aux régimes hydrologiques plus ou moins influencés par la fonte des neiges réagissant plus ou moins rapidement – entre 1982 et 1987 – aux déficits pluviométriques ayant débutés en 1983. Depuis cette dernière date, c'est une véritable « phase hydrologique » sèche, importante par sa rigueur et sa durée, qui s'est installée dans une grande partie du centre de la Roumanie. Les débits hivernaux qui ont diminué de 53 % au cours de cette phase sèche expliqueraient, en majeure partie, les déficits enregistrés.

L'étude de la station d'Orsova sur le Danube met, d'autre part, en évidence l'extension géographique importante de cette sécheresse en Europe du Sud et

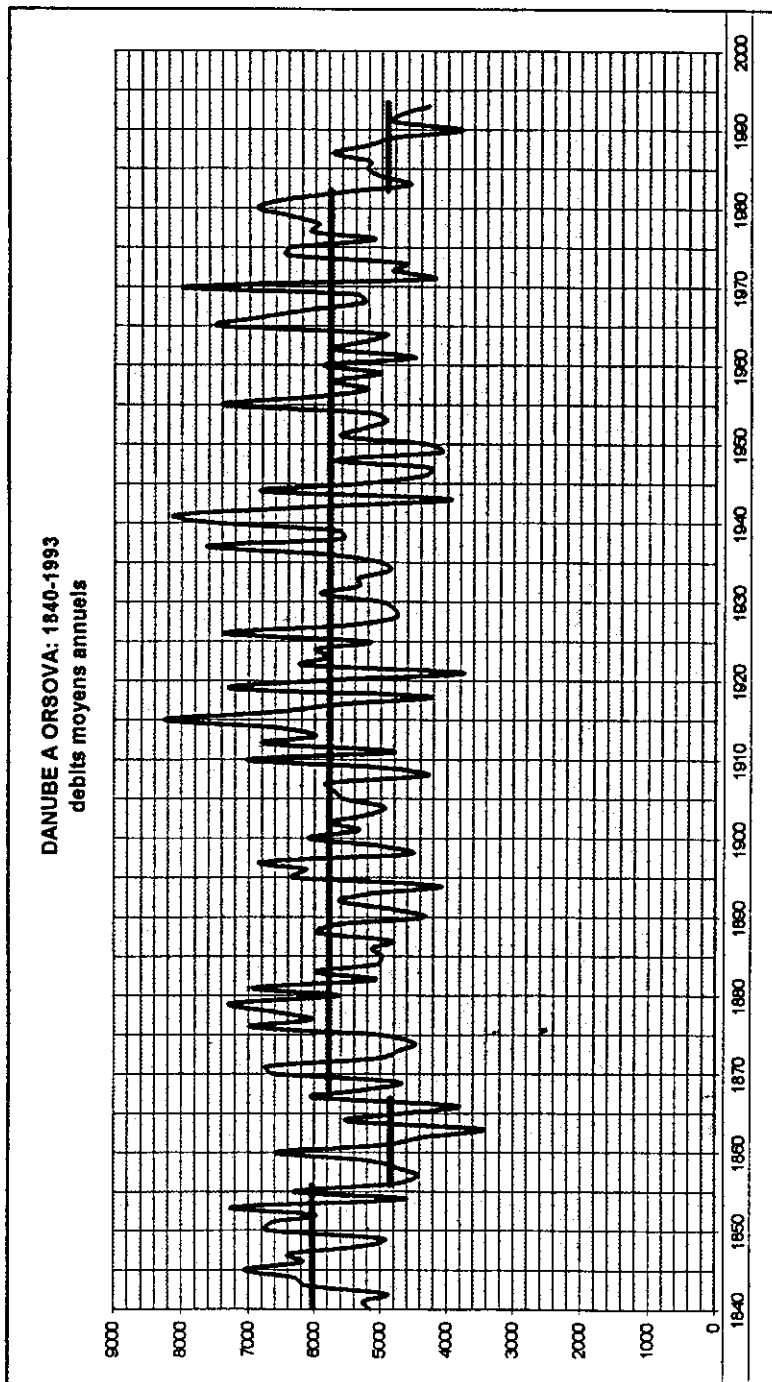


Figure 2 Variation des débits annuels du Danube à Orsova de 1840 à 1993 et segmentation de la série.
Annual discharge of the Danube River at Orsova from 1840 to 1993 and segmentation of the discharge serie.

Tableau 2 Segmentation de la série des débits hivernaux (déc, jan, fév) des rivières roumaines étudiées.
Table 2 Segmentation of the winter discharge series (Dec, Jan, Feb) for the studied Romanian rivers.

n°	Rivière/ station hydrologique	Q _{moy. hiv} [m ³ /s]	Q _{moy. hiv} / Q _{moy. an}	Niveau de signification 0,01		Niveau de signification 0,05	
				Rupture	Moyenne locale/ Moyenne locale précédente	Rupture	Moyenne locale/ Moyenne locale précédente
1	Motru/FATA MOTRULUI	13,8	0,96	1978	0,38	1980	0,43
2	Jiu/PODARI	81,6	0,92	1983	0,59	1971	0,46
3	Oltet/OTETELIS	5,26	0,95	1982	0,42	-	-
4	Olt/FAGARAS	37,9	0,63	*	1,00	1983	0,50
5	Olt/RM. VALCEA	79,1	0,61	1983	0,48	-	-
6	Olt/IZBICENI	120,3	0,70	1983	0,49	-	-
7	Vedea/ALEXANDRIA	9,40	1,17	1954	0,21	1971	0,34
8	Arges/MALU SPART	29,8	0,77	1982	0,43	-	-
9	Arges/BUDESTI	37,1	0,73	1971	0,37	-	-
10	Dambovitza/MALU CU FLORI	5,73	0,58	1983	0,49	-	-
11	Pratova/ADANCATA	19,8 *	0,76	1982	0,41	-	-
12	Ialomitza/COSERENI	33,2	0,78	1982	0,35	-	-
13	Buzau/NEHOIU	11,5	0,54	1983	0,55	-	-
14	Buzau/BANITA	18,2	0,63	1973	0,55	1985	0,53
15	Mures/ARAD	132,4	0,75	1983	0,39	-	-
16	Dunareea/ORSOVA	4 973	0,89	1 917	0,64	1983	0,64

Les années de rupture de stationnarité marquée d'un * ne présentent pas de rupture au niveau de signification 0,01.
 The years indicated with an asterisk (*) are stationary at a significance level of 0.01.

peut être Centrale. Une analyse des séries de débits du Danube en amont d'Orsova, à Budapest, Bratislava et Vienne en particulier, devrait permettre de connaître les zones contributrices principales au déficit observé.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BONACCI, O., BONACCI, T.R. (1996). Drought periods identification at Osijek Climatic Station (Croatia). *Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft*, XVIII Konferenz der Danauländer, Bd 19/1, p. C47-C52.
- CARBONNEL, J.P., HUBERT, P., CHAOUCHE, A. (1987). Sur l'évolution séquentielle de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest depuis le début du siècle. *C.R.Acad. Sc.*, Paris, 305, Sér. II : 625-628.
- CARBONNEL, J.P., HUBERT, P. (1994). Étude statistique de quelques séries pluviométriques roumaines et bulgares. Incidences sur l'évolution climatique récente. *Romanian Journ. of Hydrol. and Water Res.*, 1, 2 : 107-113.
- DIACONU, C., SERBAN, P. (1994). Sinteze si regionalizari hidrologice. *Edit. Technica*, Bucuresti, Romania, 387 p.
- HUBERT, P. (1987). Segmentation d'une série. *École des Mines de Paris*, Rapp. LHM/RD/87/23, 13 p.
- HUBERT, P., CARBONNEL, J.P. (1993). Segmentation des séries annuelles de débits de grands fleuves africains. *Bull. de liaison du CIEH*, Ouagadougou, n° 92, p. 3-10.
- HUBERT, P., CARBONNEL, J.P., CHAOUCHE, A. (1989). Segmentation des séries hydrométéorologiques. Application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'Ouest. *Journ. of Hydrol.*, 110 : 349-367.
- KOLEVA, Ek., KRISTEV, L., BORONEANT, C. (1996). Drought tendencies in the lower Danube Basin. *Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft*, XVIII Konferenz der Danauländer, Bd 19/1, p. A25-A29.
- LOBONOVA, H.L., LOBANOV, V.A (1996). Assessment of climate change and anthropogenic impacts in the upper Danube Basin. *Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft*, XVIII Konferenz der Danauländer, Bd 19/1, p. A247-A253.
- SCHEFFE, M. (1959). The analysis of Variance. *Wiley Edit.* N.Y, 477 p.
- SERBAN, P., PETRORIAN, R., DOBRE E., (1995). Contribution à l'évaluation des sécheresses météorologiques et hydrologiques en Roumanie. 3^e *Rencontres Hydrol. Franco-Roumaines*, Montpellier, sept. 1994, (à paraître).