

LA VARIABILITÉ DES PRÉCIPITATIONS ET DES CRUES DANS LE BASSIN VERSANT DE LA ȘUȘIȚA (ROUMANIE)

CIOBOTARU N. ^(1, 2), DEAK G. ⁽²⁾

(1) Université de Bucarest, Faculté de Géographie, département de Météorologie et Hydrologie, Bd. Nicolae Bălcescu No. 1, cod postale 010041, Sector 1, Bucarest, ROUMANIE [nicu.ciobotaru@drd.unibuc.ro],

(2) L'Institut National de Recherche et Développement pour la Protection de l'Environnement, Splaiul Independenței no. 294, code postale 060031, Sector 6, Bucarest, ROUMANIE [dkcontrol@yahoo.com],

Résumé – Ce travail analyse la variabilité des précipitations et des crues, ainsi que les relations entre ces paramètres hydro-climatiques dans le bassin versant de la Șușița (environ 400 km², étalé entre 1310 m et 69 m d'altitude) situé à l'est des Carpates orientales. Même si la quantité des précipitations est réduite (675 mm/an), avec une variabilité interannuelle faible ($C_v = 0,22$), dans certaines années (comme 1972, 1991, 2005, 2010), les précipitations annuelles ont été supérieures à 800-1000 mm. Dans ces années les plus fortes crues (en termes de débits) ont eu lieu, engendrées par des évènements pluvieux qui ont dépassé 70 mm/jour, voire 100 mm/jour. Les analyses n'ont pas identifié des tendances significatives dans la variabilité de précipitations et des débits des crues. Il apparaît, quant même une cyclicité, avec une augmentation après l'année 2000, de la pluviométrie (quantités annuelles, nombre de jours avec précipitations supérieures à 20 mm, pluies maximales journalières) et des débits des crues.

Mots-clés : précipitations, crue, tendance, bassin versant de la Șușița.

Abstract – *The variation of precipitations and floods in the catchment area of Șușița river (Romania).* This paper analyses the variability of precipitations and floods, as well as the relationship between these hydroclimatic parameters in the drainage basin of the Șușița river (approx. 400 km², disposed between 1310 m and 69 m) east of Eastern Carpathians. Although the annual quantity of precipitations is low (675 mm), with a small interannual variability ($C_v = 0,22$), in some years (such as 1972, 1991, 2005, 2010) annual precipitations have exceeded 800 – 1000 mm. In these years the largest floods have been produced as well (in discharge terms), storm events being generated which exceeded 70 mm/day, to over 100 mm/day. The analyses have not identify significant trends in the variability of precipitations and maximum discharges of floods. But it can be noticed a certain cyclicity, and rainfalls (annual quantity, number of days with precipitations over 20 mm, daily maximum annual precipitations) and maximum discharges of floods having a growth period after the year 2000.

Keywords: precipitations, floods, tendencies, Șușița river basin.

Introduction

Ce travail a comme but principal l'analyse de variation des précipitations et des crues, ainsi que les relations entre ces paramètres hydro-climatiques, dans le bassin versant de la Șușița, situé dans le sud-est de la Roumanie avec une superficie de 394 km² (Fig. 1 a). Ce bassin, qui s'étend de l'ouest vers l'est, entre 1310 m et 69 m d'altitude (Fig.1b), est traversé par la rivière de Șușița qui a une longueur de 70 km, tributaire du Siret la plus grande rivière de la Roumanie. Son débit module est de 1,44 m³/s, mais il peut dépasser 500 m³/s pendant les crues exceptionnelles (cas des années 1991 et 2005).

Dans la zone d'étude, les précipitations abondantes, génératrices de crues, tombent particulièrement au printemps et en été suite à des perturbations associées aux dépressions méditerranéennes qui arrivent au-dessus de la Mer Noire et suivent un mouvement rétrograde vers le sud-est de la Roumanie (Diaconu et Șerban, 1994 ; Gogu, G.S., 2007). Ces précipitations (qui peuvent dépasser 100 mm en 24 heures) ont comme effet des crues avec conséquences négatives importantes sur la société et sur l'environnement du bassin versant de la Șușița. Dans la dernière décennie, une augmentation de la fréquence de ce type d'évènements a été observée (2002, 2004, 2005 et 2010), ce qui semble confirmer la tendance d'intensification des épisodes de fortes précipitations mentionnées dans le 5^e rapport de GIEC (IPCC, 2013).

1. Données et méthodes

1.1. Données

Le travail est basé principalement sur les données climatiques et hydrologiques de la période 1970-2010. Les données pluviométriques journalières proviennent de la base de données ROCADA (Bârsan *et al.*, 2014), reconstituée par l'interpolation de valeurs enregistrées dans les stations météorologiques situées à proximité du bassin versant et corrigées en fonction de l'altitude, avec une résolution spatiale de $0,1^\circ$. Les données hydrologiques incluent les débits maximums mensuels et annuels et les débits horaires enregistrés durant les crues, à la station hydrométrique (s.h.) de Ciuruc, située sur la rivière de Şuşiţa, (à 38 km en amont de la confluence avec le Siret), station qui contrôle 57,6 % de la surface du bassin versant.

Les caractéristiques morphométriques du bassin ont été déterminées par le MNT avec une résolution de 30m (USGS, 2014).

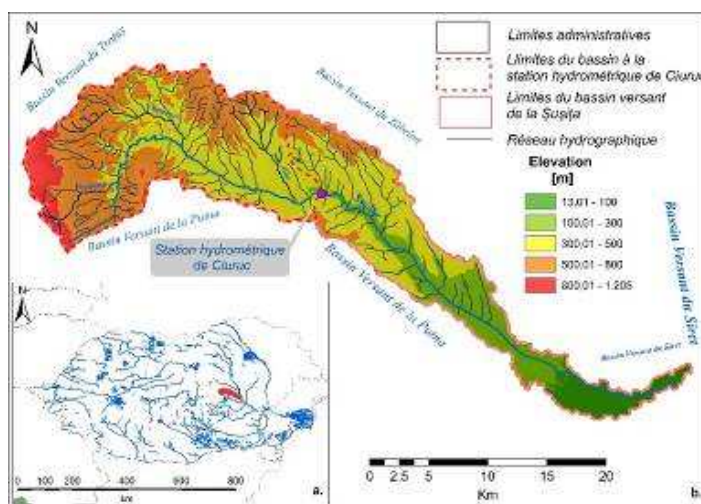


Figure 1. Localisation de bassin de la Şuşiţa en Roumanie, **a.**
L'altimétrie du bassin versant de la Şuşiţa **b.**

1.2. Méthodes

L'étude est basée, essentiellement, sur les analyses statistiques et corrélatives des paramètres hydro-climatiques pris en compte. Pour identifier les tendances, les régressions linéaire et polynomiale appliquées aux séries chronologiques des données ont été utilisées.

Pour l'analyse de crue, 71 hydrogrammes ont été réalisés, sur la base desquels des paramètres caractéristiques ont été déterminés : débit de pointe, durée, temps de montée des eaux, temps d'abaissement, volume, coefficient de forme.

2. Résultats

2.1. Variabilité des précipitations

Les précipitations moyennes annuelles, pour l'ensemble du bassin versant de la Şuşiţa sont de l'ordre de 675 mm, avec une faible variabilité interannuelle : (coefficient de variation $C_v = 0,22$). Entre 1970 et 2010, les quantités annuelles de précipitations ont oscillé entre un minimum de 386 mm (en 1990) et un maximum de 1056 mm (en 2005), résultant d'une circulation cyclonique accentuée durant toute l'année qui a engendré un excédent de précipitations de 56 % par rapport à la moyenne annuelle (Fig. 2).

La variabilité interannuelle des précipitations montre une alternance des périodes humides (1970-1981 et 2005-2010), où dans la majorité des cas, les précipitations ont été supérieures à la moyenne, et d'une période sèche (1985-1996), avec des précipitations au-dessous la moyenne (Fig. 2). Les années très humides correspondent aux années avec les plus grandes crues en termes de débit (par exemple : 1971, 1972, 1991, 2005 et 2010) (Fig. 2).

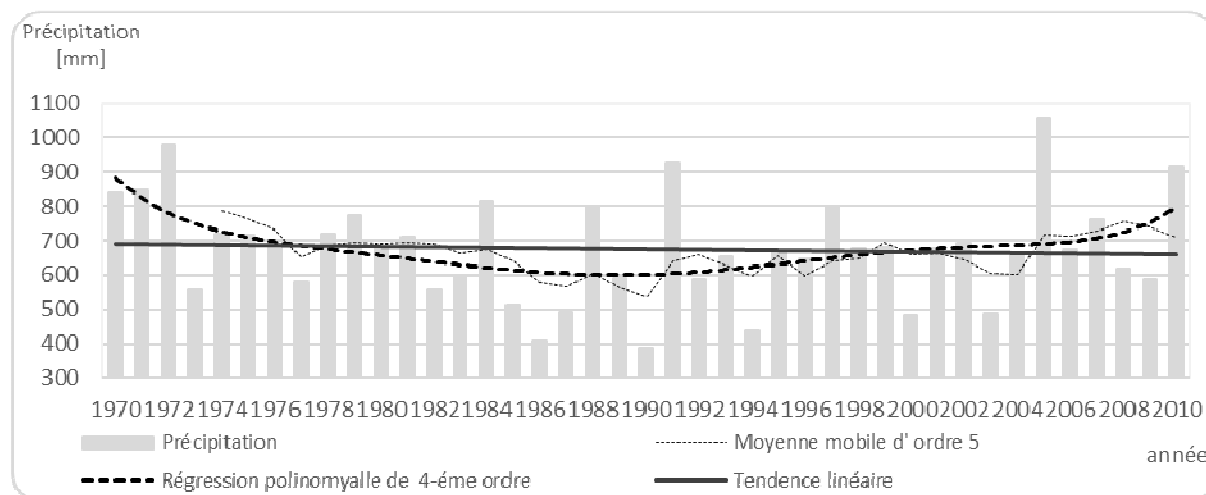


Figure 2. La variation des précipitations annuelles dans le bassin versant de la Șușița (1970-2010)

Les plus importantes précipitations (environ 41 % de la quantité annuelle) tombent pendant l'été, suivi du printemps (27 %). L'automne et l'hiver représentent respectivement 20 % et 12 % du cumul annuel. Cette répartition des précipitations explique la genèse des crues, principalement en été et au printemps.

Tableau 1. La fréquence des précipitations journalières dans le b.v. de la Șușița (1970 -2010)

[mm]	Fréquence relative [%]
0,1 - 9,9	90.56
10 - 19,9	6.83
20 -29,9	1.55
30 - 39,9	0.65
40 - 49,9	0.28
50 - 59,9	0.08
60 - 69,9	0.01
>70	0.04

Tableau 2. Les premières 10 événements des crues et précipitations dans le b.v. de la Șușița (1970 - 2010)

No	Date	Pp [mm]	Date	Q max [m ³ /s]
1	12-Jul-05	112.26	12-Jul-05	540.0
2	2-Jul-71	72.08	3-Jul-91	513.0
3	3-Jul-91	70.90	18-Jul-72	440.9
4	25-Aug-77	69.93	25-Aug-77	359.0
5	13-Jul-05	59.36	26-Aug-04	275.0
6	23-Jun-99	57.68	24-Jul-10	237.0
7	6-Sep-89	56.81	10-Jun-02	226.0
8	12-Jul-07	54.41	27-Apr-76	222.0
9	28-Jul-04	50.47	28-Jul-04	220.0
10	27-Apr-76	50.18	2-Jul-71	190.0

Le tableau 1 nous montre que dans 97,4 % des cas, les précipitations journalières sont inférieures à 20 mm, et seulement dans 2,6 % des cas, cette valeur a été dépassée (Tableau 1). Alors que celles supérieures à 20 mm sont potentiellement génératrices de crues, la variation du nombre annuel de ces jours a été analysée (Fig. 3).

Le résultat indique une certaine cyclicité du nombre de jours recevant des précipitations supérieures à 20 mm. On peut distinguer, ainsi, les périodes 1970-1974 (avec un maximum de 13 jours, en 1972), 1988-1992 (avec un maximum de 10 jours en 1991) et 2002-2010

(avec un maximum de 12 jours en 2005), durant lesquelles se sont produites les plus fortes crues. Aucune tendance n'est décelée pendant la période d'étude (Fig. 3).

La fréquence relative cumulée des premiers 10 jours avec les plus fortes précipitations, est de 0,13 % de la totalité des jours avec précipitations. Ces précipitations sont comprises entre 50 mm et 112 mm (Tableau 2). Même si elles ont eu une fréquence réduite, elles ont joué un rôle majeur dans la genèse de crues principales dans le bassin versant de la Șușița. Les premiers 10 évènements pluvieux, ont engendré sept des plus fortes crues jamais produites sur la Șușița.

Le calcul des périodes de retour des précipitations journalières maximales, au cours de 41 années, selon la distribution théorique de Pearson 3 a montré que le maximum de 112,3 mm, enregistré le 12 juillet 2005, à une période de retour de 275 mm ; les précipitations pour un temps de retour de 100 ans est de 97 mm.

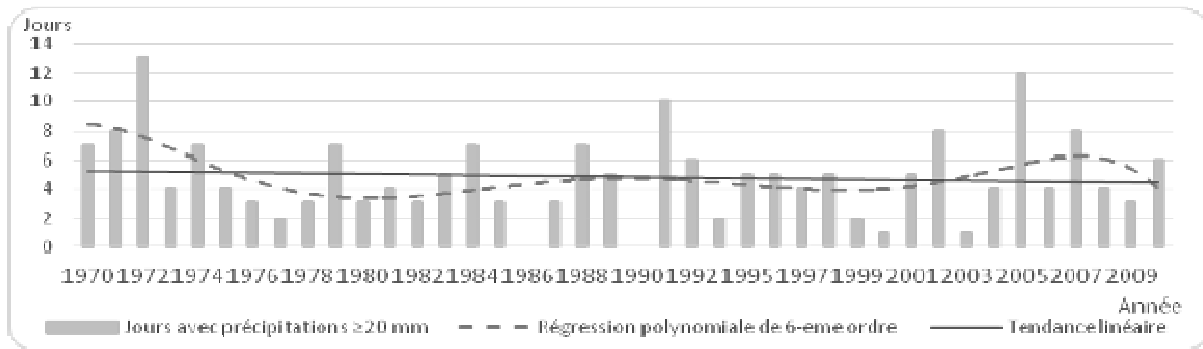


Figure 3. Nombre de jours avec précipitations supérieures à 20 mm dans le bassin versant de la Șușița (1970 -2010)

Les précipitations annuelles maximales journalières ont varié entre 112 mm (en 2005) et 17,6 mm (en 1985). Dans ce cas aussi ressortent les années 1970, 1991, 2005 dans lesquelles les plus grandes crues se sont produites. Ce paramètre ne présente aucune tendance à la hausse ou à la baisse. Après l'année 2004, une période avec des précipitations journalières plus fortes peut être remarquée (Fig. 4).

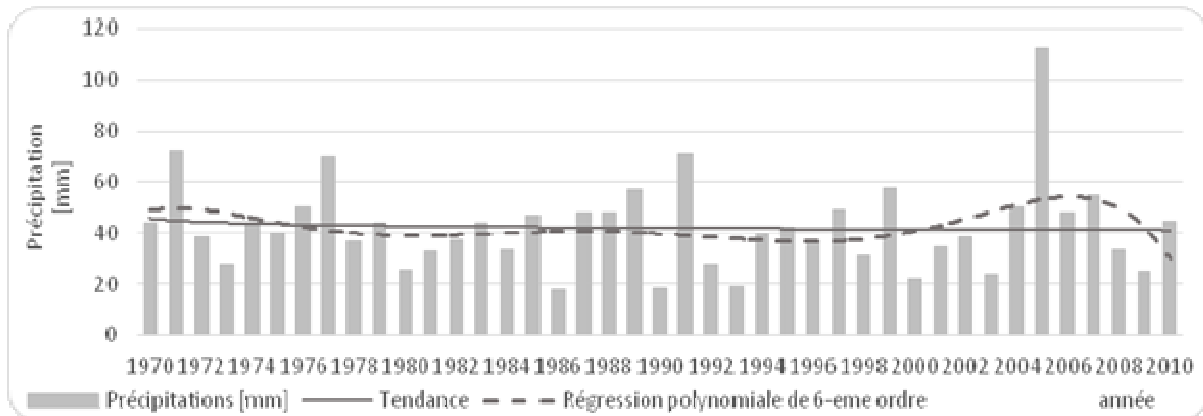


Figure 4. Variation des précipitations journalières maximales annuelles dans le bassin versant de la Șușița (1970-2010)

2.2. La relation entre précipitations et crues

Dans le bassin versant analysé, les premières plus grandes crues se sont produites dans les années 2005, 1991, 1972, 1977, 2004 et 2010 (dans l'ordre de grandeur des débits de pointe), années où, comme on l'a vu précédemment, se sont enregistrées les plus grandes quantités de précipitations annuelles et journalières (Fig. 5). Comme cela a déjà été mentionné, sept parmi

les 10 précipitations maximales journalières les plus importantes, ont produit aussi les plus grands débits de Şuşiţa, compris entre 175 m³/s et 540 m³/s (Tableau 2).

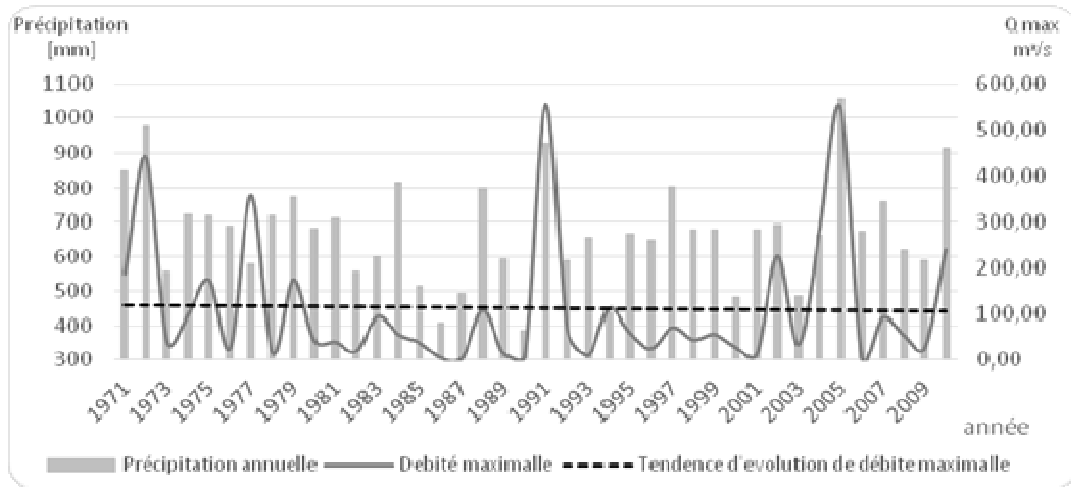


Figure 5. Variation des précipitations annuelles et des débits de pointe des crues annuelles dans le bassin versant de la Şuşiţa

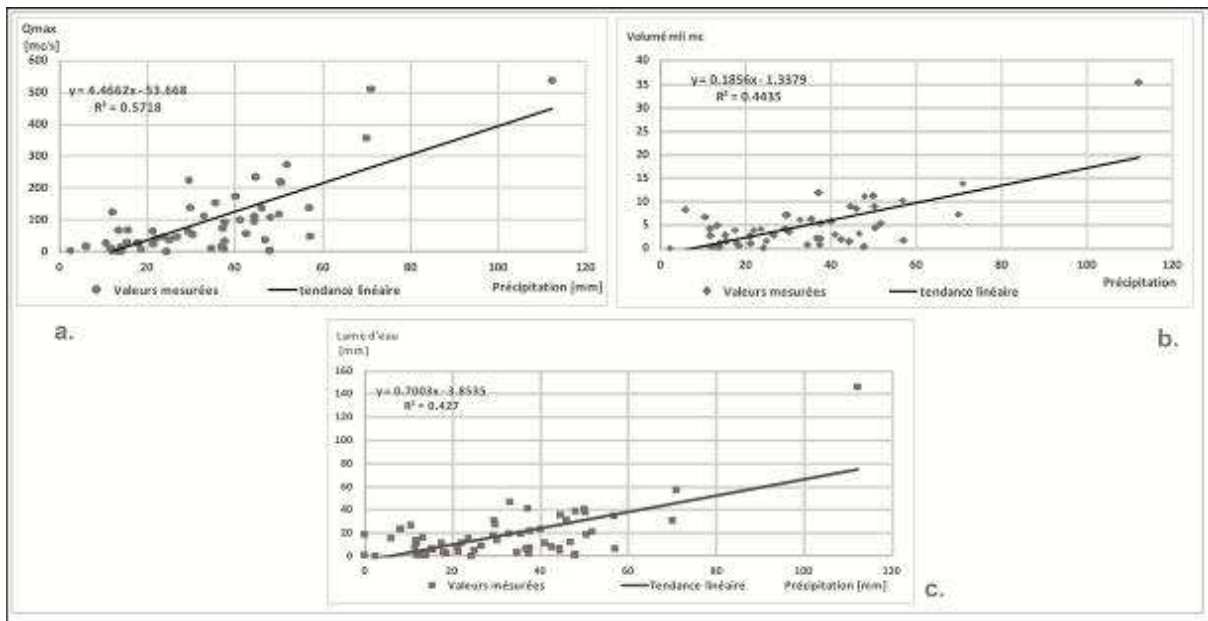


Figure 6. a. Relation précipitations journalières - débits de pointe pour 55 crues ; b. Relation précipitations – volumes d'eau durant la crue ; c. Relation précipitations – lames d'eau durant la crue, dans le bassin versant de Şuşiţa.

La fréquence maximale des crues a eu lieu durant la période avril-août où 75 % des évènements étudiés ont été enregistrés et qui sont étroitement lié avec la fréquence et magnitude de précipitations pendant cette période. Les crues produites dans le bassin versant de la Şuşiţa à la s.h. Ciuruc, ont un temps moyen de montée des eaux de 25 heures et un temps moyen total de 79 heures. Leur débit de pointe moyen est de 87 m³/s (d'environ 60 fois plus grand par rapport au débit module) et le volume total moyen annuel est de 4,9 millions m³ (valeurs déterminées sur la base de l'analyse de 71 crues entre 1970-2010).

L'analyse de la relation entre précipitations, le temps de montées des eaux et les débits de pointe des 55 crues (16 crues ont été éliminées parce qu'elles se sont produites suite à la fonte de la neige ou dans des conditions antécédentes d'humidité très élevées), a montré une corrélation relativement étroite entre les précipitations et les débits ($R^2 = 0,57$), notamment

au-dessous de 60 mm de précipitations (Fig. 6.a.). Des corrélations moins fortes ont été identifiées entre les précipitations journalières et le volume total de la crue (Fig. 6.b.) et la lame d'eau (Fig.6.c.), avec $R^2=0,45$.

Conclusion

Le bassin versant de la Șușița est caractérisé par des précipitations annuelles relativement faibles (675 mm) pour l'altitude où le bassin est situé, en raison du phénomène de foehn, qui affectent cette région (Bordei-Ion, 2008). Même si la variabilité interannuelle des précipitations est réduite ($C_v = 0,22$), des valeurs annuelles supérieures à 800 et même 1000 mm sont possibles. Ces années correspondent aux crues les plus importantes en magnitude (par exemple 1972, 1991, 2005, 2010). Pour l'ensemble de la période analysée (1970-2010), tant la variabilité des précipitations que celle des débits des crues ne présentent aucune tendance significative. On remarque toutefois une certaine cyclicité, avec une période d'augmentation de la pluviométrie après l'année 2000 (quantité annuelle, nombre des jours avec précipitations au-dessus de 20 mm, précipitations annuelles journalières maximales) et des débits de pointes des crues. Les analyses montrent le rôle important des précipitations dans la genèse des crues, relevé par la corrélation relativement étroite ($R^2=0,57$) entre précipitations et débits de pointe des crues, tandis que les corrélations des précipitations avec d'autres paramètres des crues (la lame d'eau écoulée et le volume d'eau) reflètent des relations un peu plus faibles. Les relations entre pluies et débits constituent la base pour les modèles et les prévisions hydrologiques. Mais dans la modélisation d'écoulement, il ne faut pas négliger le rôle d'autres facteurs de contrôle de l'écoulement.

Remerciements

Nous remercions Madame le Professeur Liliana ZAHARIA pour ses conseils précieux.

Références bibliographiques

- Birsan M.V., Dumitrescu A., 2014 : ROCADA: *Romanian daily gridded climatic dataset (1961-2013) V1.0*. Administratia Nationala de Meteorologie, Bucuresti, Romania, doi:10.1594/PANGAEA.833627
- Bordei-Ion N., 2008 : *Fenomene meteorologice induse de configurația Carpaților în Câmpia Română*, Edit. Academiei, București, 175 p (223 p.).
- Diaconu C., Șerban P., 1994 : Sinteze și regionalizări hidrologice, *Editura tehnică*, București, p.
- Gogu, G.S., 2007 : Influența ciclonilor mediteraneeni cu traectorie transbalcanice asupra vremii și climei pe teritoriul României, Universitatea din București – Facultatea de Geografie, București
- IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*, <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- USGS, 2004 : Shuttle Radar Topography Mission, 1 Arc Second scene SRTM_35_n045e020, Global Land Cover Facility, University of Maryland, College Park, Maryland, Janvier 2001.