

IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR L'ÉCOULEMENT DES RIVIÈRES EN ROUMANIE

Liliana ZAHARIA¹, Gabriela IOANA-TOROIMAC¹, Gabriela Adina MOROSANU²

¹ Université de Bucarest, Faculté de Géographie, 1 Boulevard N. Bălcescu, 010041, Bucarest, Roumanie, zaharialili@hotmail.com ; gabriela.toroimac@geo.unibuc.ro

² Institut de Géographie de l'Académie Roumaine, 12 Str. Dimitrie Racoviță, 023993, Bucarest, Roumanie, gabriela.adina.m@gmail.com

Résumé : Ce travail présente une synthèse des résultats scientifiques les plus récents portant sur les changements observés dans la variabilité hydro-climatique en Roumanie, les dernières 5-6 décennies. Dans le contexte des changements climatiques (présentés brièvement dans la première partie du travail), des tendances générales à la baisse des débits moyens annuels ont été observées, surtout au sud du pays. Des modifications plus ou moins significatives ont été notées dans le régime annuel d'écoulement : des tendances à la hausse des débits en hiver (dues au réchauffement hivernal significatif et à l'augmentation des précipitations liquides au détriment de celles solides) et en automne (sur le fond des précipitations plus riches), ainsi que des tendances à la baisse en été (induites par le réchauffement et l'augmentation de l'évaporation).

Mots-Clés : changement climatique, débits, rivières, Roumanie

Introduction

Les dernières décennies, des variations et changements significatifs des paramètres climatiques ont été signalés à différentes échelles spatiales, qui ont perturbé les systèmes humains et naturels (IPCC, 2022). Les modifications des températures de l'air, de l'évapotranspiration et des précipitations liquides et solides impactent le comportement hydrologique des rivières et les ressources en eau, avec des conséquences négatives sociétales et environnementales. Dans ce contexte, ce travail présente un aperçu des résultats scientifiques les plus récents et pertinents portant sur les changements dans la variabilité des principaux paramètres climatiques contrôlant l'écoulement des rivières en Roumanie, ainsi que sur les modifications détectées dans la variation des débits des rivières. Le travail repose principalement sur la recherche bibliographique et la synthèse des informations portant sur des changements identifiés dans les séries de données hydro-climatiques observées les dernières décennies aux stations du réseau national de mesures météorologiques et hydrométriques.

1. Aperçu des tendances des principaux paramètres climatiques contrôlant l'écoulement des rivières en Roumanie

Située dans la partie centrale de l'Europe, le territoire de la Roumanie (avec une superficie d'environ 240000 km²) s'articule autour de l'Arc des Carpates, en s'étalant entre 0 m et 2544 m d'altitude. Le relief englobe dans une proportion à peu près égale des montagnes, collines et plateaux et des plaines (à l'extérieur des Carpates). Le Danube draine le sud et sud-est du pays sur une longueur de 1075 km (plus d'un tiers de sa longueur totale) avant de se jeter, à travers un delta, dans la Mer Noire qui borde le pays au sud-est (Fig. 1a).

Due à sa position géographique, la Roumanie a un climat tempéré de transition entre celui océanique et continental, avec des différences spatiales induites par l'orographie et les influences régionales (liées aux centres bariques majeurs de pression atmosphérique). La température moyenne multiannuelle en Roumanie varie en latitude (de 8°C au nord à 11°C au sud) et en altitude (de 11-12°C dans les plaines, à moins de 0°C aux sommets des Carpates). Les précipitations moyennes multiannuelles augmentent de moins de 400 mm/an (dans le sud-est du pays) à plus de 1200 mm/an dans les hautes Carpates. Les précipitations les plus riches tombent en été (notamment en juin et juillet) et au printemps, alors que les plus faibles quantités de pluie tombent en hiver (dans les régions montagneuses) et en automne (aux basses altitudes) (ANM, 2008).

Les dernières décennies, en Roumanie, comme dans le monde entier, il y a eu des événements et des tendances dans la variabilité des paramètres climatiques qui ont été attribués au changement climatique. Ces tendances ont été signalées par de nombreuses publications dédiées à l'étude de la variabilité climatique en Roumanie, sur la base des données mesurées aux stations météorologiques. Dans la suite nous allons présenter synthétiquement les résultats les plus récents à l'échelle du pays, afin de fournir un aperçu sur les changements observés des paramètres climatiques majeurs contrôlant l'écoulement des rivières en Roumanie, à savoir la température de l'air, les précipitations atmosphériques et l'enneigement.

La température de l'air. Ce paramètre climatique influence indirectement l'écoulement des rivières, par son rôle dans l'évaporation/l'évapotranspiration et le phénomène de gel qui affecte le sol et les cours d'eau. Sur l'ensemble du pays, entre 1901 – 2020, la température moyenne annuelle de l'air a augmenté de plus de 1°C (Bojariu et al., 2021). Un réchauffement plus fort a été signalé dans le sud et l'est du pays, alors que dans les Carpates, la variation thermique a été plus faible (ANM, 2014). L'analyse des données observées à plus de 100 stations météorologiques de la Roumanie entre 1961 – 2020 a montré des tendances au réchauffement statistiquement significatives pour toutes les stations analysées, en hiver et en été (avec des taux de 0,1-0,6 °C/décennie) et pour la plupart des stations, au printemps (avec 0,1-0,5 °C/décennie). En automne les tendances de réchauffement sont plus faibles (entre 0,001 et 0,3 °C/décennie) et pour environ un tiers des stations elles ne sont pas statistiquement significatives (Bojariu et al., 2021). Durant l'année, sur le territoire de la Roumanie (en considérant 150 stations météo), les plus fortes augmentations de la température moyenne mensuelle de l'air au cours de la période 1981-2013 par rapport à la période 1961-1990, ont été observées en janvier-février (1°C) et en juillet-août (1,2°C) (Mateescu, 2014 ; Fig. 1b).

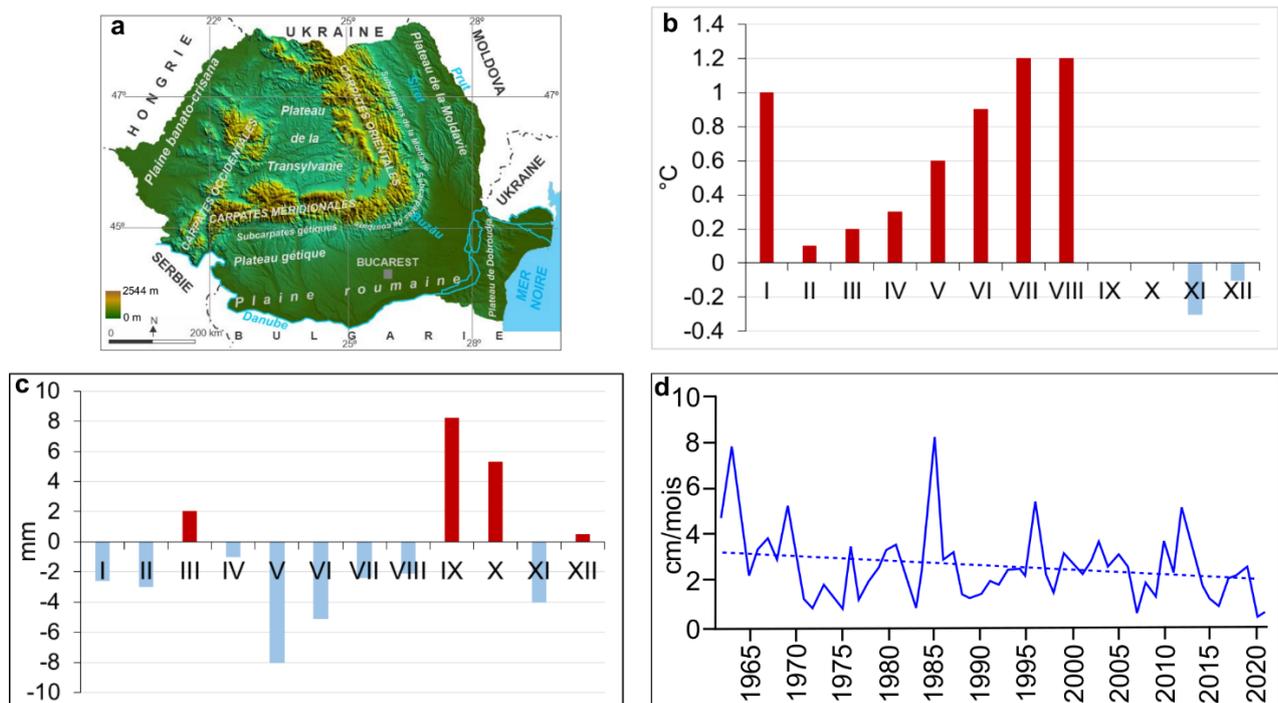


figure 1. a) La carte physique de la Roumanie; b - c) Différences observées dans les températures moyennes mensuelles de l'air (b) et les cumuls mensuels des précipitations (c) dans la période 1981 – 2013 par rapport à la période 1961 – 1990, en considérant 160 stations météo de Roumanie (source des données: Mateescu, 2014) ; d) Variation de l'épaisseur moyen de la couche de neige (cm/mois, en octobre-avril 1961 – 2021) et la tendance linéaire associée, en considérant 88 stations météo de Roumanie situées aux altitudes inférieures à 800 m (source: Bojariu et al., 2021).

Précipitations. La pluviométrie est le principal facteur naturel responsable de la variabilité de l'écoulement des rivières. Contrairement à la température de l'air, la variation à long terme (1901 – 2013) des cumuls annuels des précipitations sur l'ensemble de la Roumanie est relativement stable (Mateescu, 2014). A l'échelle saisonnière, entre 1961 et 2013, des tendances significatives à la hausse ont été identifiées pour plusieurs stations en automne (en particulier dans le centre et l'ouest du pays), tandis que pour les autres saisons, les précipitations n'ont pas connu de tendances significatives, à l'exception de quelques stations

isolées qui ont enregistré des tendances négatives (Dumitrescu et al., 2014 ; Bojariu et al., 2015). Dans le régime annuel des précipitations sur l'ensemble de la Roumanie (en considérant 160 stations météo), une baisse des précipitations mensuelles a été notée entre 1981-2013, par rapport à la période 1961-1990, en particulier au printemps et en été (de 5 à 8 mm/mois en mai et juin) et une augmentation dans la première partie de l'automne (de 8 mm en septembre et de 5 mm en octobre) (Mateescu, 2014 ; Fig. 1c).

Des tendances à la hausse ont été identifiées pour les précipitations maximales journalières, notamment en été et en automne (Dumitrescu et al., 2014 ; Bojariu et al., 2015), alors que le nombre moyen de jours avec des précipitations supérieures à 20 mm entre 1991-2020 a été plus élevé par rapport à la période 1961-1990 pour la plupart des stations de la Roumanie (Bojariu et al., 2021).

L'enneigement. Avec les précipitations liquides, la neige joue un rôle majeur dans l'alimentation des rivières et, par conséquent, dans la variabilité de leurs débits. Les paramètres relatifs à l'enneigement ont connu des changements importants en Roumanie les derniers 5-6 décennies. L'analyse des séries de données enregistrées à 104 stations météo dans la période 1961–2010 a montré des tendances à la baisse statistiquement significative du nombre de jours avec couche neige à 40 % des stations analysées et de son épaisseur moyenne à 20 % des stations. Le changement le plus fort concerne le nombre de jours de chutes de neige, qui tend à diminuer sur 82 % des stations. Les plus touchées par les modifications des paramètres liés à l'enneigement sont les régions intra-carpatiques, de l'ouest et nord-est du pays (Bîrsan et Dumitrescu, 2014). La variation de l'épaisseur moyenne de la couche de neige sur l'ensemble de la Roumanie (en considérant environ 100 stations météo) entre 1991 et 2021 (durant la période octobre-avril) a connu des différences spatiales entre les stations des régions montagneuses (situées à plus de 800 m d'altitude) et celles des régions plus basses. Ainsi, une tendance générale à la baisse a été identifiée pour l'ensemble des stations (88) situées à des altitudes inférieures à 800 m (Fig. 1d). La tendance négative a été statistiquement significative dans la période décembre-mars (0,5 cm/décennie), alors qu'en octobre-novembre il y a eu un faible accroissement (mais non significatif). Pour les stations situées aux altitudes plus élevées (13), la tendance a été d'accroissement pour tous les mois analysés (sauf février, avec une situation quasi-stationnaire), mais statistiquement significative en octobre et novembre uniquement (Bojariu et al, 2021).

2. Changements observés dans l'écoulement des rivières

Les rivières (sans compter le Danube) sont la principale ressource en eau utilisable pour les besoins socio-économiques en Roumanie. Le Danube, bien qu'il détienne le plus grand volume d'eau douce de la Roumanie, est moins utilisé comme source d'eau, à cause de sa position périphérique par rapport au territoire national.

La densité moyenne des rivières intérieures sur l'ensemble du pays est de 0,5 km/km², avec des valeurs plus élevées (0,6 – 1,0 km/km²) dans les régions montagneuses et moins faibles (0,2 – 0,3 km/km²) dans les régions de plaine (encore plus réduites dans le sud-est du pays) (Pătru et al., 2006). Le volume moyen annuel d'eau détenu par les rivières intérieures est estimé à 39920 *10⁶ m³ (pour la période 1950 – 2019). Par rapport à cela, entre 2015 – 2019, le volume moyenne annuel a diminué à 36605 *10⁶ m³ (environ 8%) (MEEF et ANPE, 2021). Cette diminution pourrait être une conséquence du changement climatique.

La réponse hydrologique des rivières à ce changement a été le sujet de recherche de plusieurs publications scientifiques en Roumanie qui ont investigué les tendances dans la variabilité de l'écoulement des rivières à de différentes échelles spatiales. Dans cette étude nous avons synthétisé les résultats les plus récentes, à l'échelle du pays et régionale, portant sur les tendances identifiées dans les séries des débits des rivières intérieures de la Roumanie mesurés aux stations du réseau hydrométrique national. Le Danube n'a pas été considéré dans ce travail, car la variabilité de son écoulement est dépendante du climat à une échelle spatiale beaucoup plus large. Une étude plus compréhensive, englobant des changements dans la variabilité de débits aussi observés que projetés dans le futur par des simulations, a été menée par Zaharia et al. (2020).

Le travail de Bîrsan (2017) portant sur la variabilité spatio-temporelle des débits moyens mensuels reconstitués de 156 stations hydrométriques de la Roumanie, dans la période 1956 – 2005, a montré des différences spatiales dans les tendances des débits moyens annuels. Ainsi, aux stations situées dans la moitié nord du pays, notamment dans la région montagneuse (carpatique), les débits ont connu des tendances à la hausse, alors que dans la moitié sud, avec des altitudes plus basses (collines, plateaux et plaine), les tendances des débits moyens annuelles ont été à la baisse (Fig. 2a). Ces différences pourraient être liées au fait que la

partie sud de la Roumanie est la plus touchée par le réchauffement, comme on l'a montré dans la section 1. Durant l'année, des tendances à la hausse des débits moyens mensuels ont été notées entre août et janvier, avec les fréquences les plus élevées en septembre – novembre (jusqu'à 50 – 60% du nombre total des stations, en septembre et octobre). En février, mai et juin, les débits moyens ont connu des tendances à la baisse (pour plus de 20% des stations en mai et juin), alors qu'en mars et juillet, il y a eu aussi des tendances positives, que négatives (avec des fréquences inférieures à 10% des stations analysées) (Bîrsan, 2017 ; Fig. 2b).

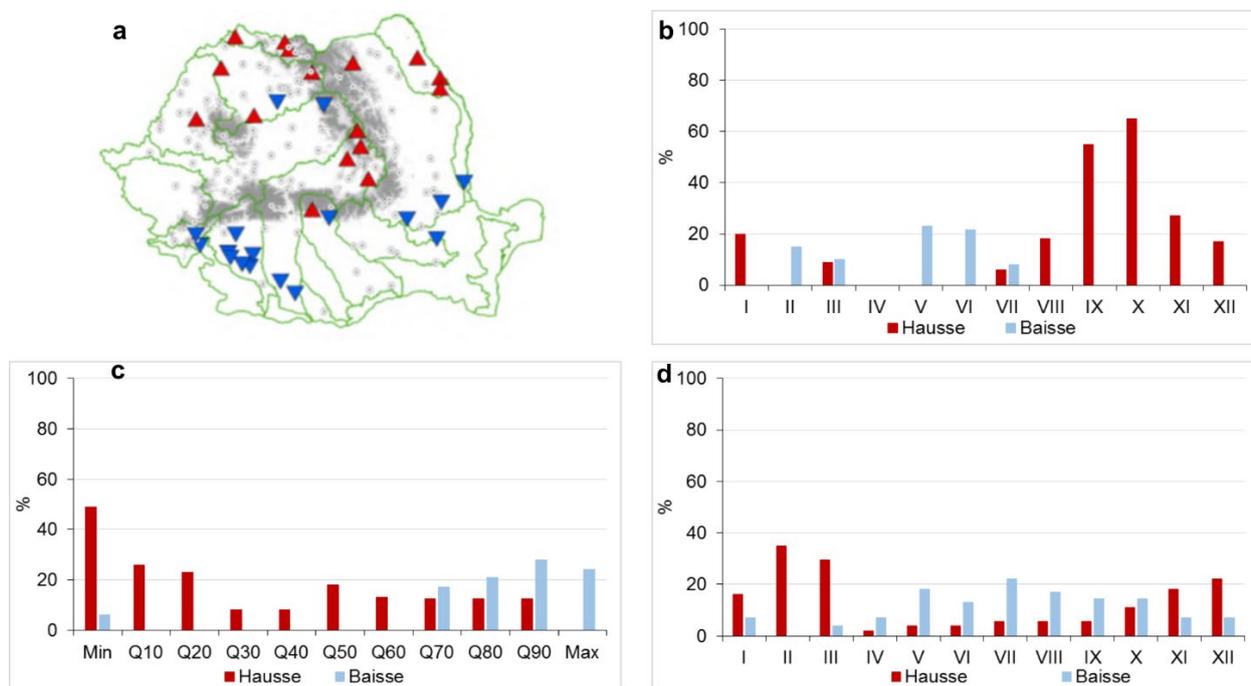


figure 2. a) Tendances dans les séries des débits moyens annuels (reconstitués) des rivières entre 1956 et 2005 (triangle rouge – tendance à la hausse ; triangle bleu – tendance à la baisse ; cercle – station sans tendance statistiquement significative) ; b-d) Fréquences relatives des stations avec tendances statistiquement significatives des : b) débits moyens mensuels (reconstitués) entre 1956 – 2005 (156 stations; les valeurs inférieures à 5% sont omises) ; c) quantiles des débits annuels (Q10...Q90) et des valeurs minimales et maximales (1961–2009 ; 25 stations) ; d) débits minimums mensuels (1980 – 2013 ; 54 stations). Sources : a) Bîrsan (2017) ; b) adapté selon Bîrsan et al. (2017) ; c) adapté selon Bîrsan (2014) ; d) adapté selon Tănase et Zaharia (2018).

Des changements relativement similaires ont été identifiés dans la variabilité des débits moyens pour une période plus longue (1935 – 2010), en considérant 46 stations hydrométriques de la Roumanie, à savoir : des tendances (généralement statistiquement significatives) à la hausse en hiver, au printemps, en automne et à l'échelle annuelle dans la partie nord-ouest du pays et des tendances significatives à la baisse au printemps dans la partie méridionale du pays (Mic et al., 2016).

L'analyse des séries des débits moyens mensuelles des 51 stations hydrométriques (avec un régime d'écoulement quasi-naturel), pour la période 1976-2005, a montré des changements notables dans la saisonnalité de l'écoulement : plus de la moitié des stations ont eu des tendances négatives du débit à la fin du printemps et au début de l'été (Bîrsan et al., 2012). Les changements les plus importants ont été notés en juin, où plus de 60 % des stations ont eu des tendances à la baisse. D'avril à juillet, les tendances ont été exclusivement négatives, tandis qu'en automne, les débits ont augmenté. En février et mars, les tendances sont mixtes, avec un faible pourcentage (moins de 20% des stations), alors qu'aucun changement n'a été identifié en août et décembre. Quant aux débits moyens annuels, des tendances à la baisse ont été statistiquement significatives durant la période 1976 – 2005 uniquement (Bîrsan et al., 2012). Entre 1961 et 2009, l'étude menée par Bîrsan et al. (2014), basée sur les débits moyens mensuels mesurés à 25 stations hydrométriques avec le régime d'écoulement non-perturbé anthropiquement, a montré des tendances générales à la hausse statistiquement significative pour les débits annuels faibles et moyens (correspondant au débit minimal et aux quantiles Q₁₀ - Q₆₀) et des tendances à la baisse pour les débits élevés (correspondant aux quantiles Q₇₀ – Q₉₀ et au débit maximal) (Fig. 2c). La même étude a montré des changements saisonniers

dans le régime d'écoulement, à savoir : des tendances dominantes (statistiquement significatives) à la hausse de débits en hiver et en automne et à la baisse en été. Au printemps, dans le nord-ouest du pays, les tendances ont été positives, alors que dans les Carpates et au sud du pays, les débits ont connu une tendance à la baisse. Pour une période plus courte (1975 – 2009), mais en considérant 44 stations hydrométriques, les tendances négatives en été ont eu une extension spatiale plus large, alors que les tendances positives en automne ont été moins répandues (pour plus de détails à voir Bîrsan et al., 2014).

Entre 1980 et 2013, les valeurs annuelles les plus basses des débits moyens quotidiens et mensuels enregistrés à 54 stations hydrométriques de la Roumanie (avec un régime d'écoulement quasi-naturel) ont connu des tendances généralement positives aux stations situées notamment dans la région montagneuse, tandis que dans les régions plus basses les tendances ont été négatives (Tănase et Zaharia, 2018). Les débits minimums mensuels (en considérant les débits moyens journaliers les plus petits de chaque mois entre 1980 et 2013) ont eu des tendances à la hausse durant la période froide (novembre - mars) pour la plupart des stations analysées, alors que dans la période chaude (avril – octobre) les tendances ont été généralement négatives (Tănase et Zaharia, 2018 ; Fig. 2d).

A l'échelle régionale, les tendances identifiées dans la variation de l'écoulement des rivières sont hétérogènes, due à l'influence des changements climatiques locaux (en l'absence des pressions anthropiques majeures). Ainsi, dans la partie est de la Roumanie (la province historique de Moldavie), les débits moyens annuels et saisonniers des rivières ont augmenté à la plupart des 17 stations analysées (pour les périodes 1950 – 2006 et 1960 – 2015). Le taux le plus élevé des tendances positives statistiquement significative a été enregistré en automne. Dans la partie sud de la Moldavie, des tendances négatives ont été également signalées, notamment en hiver et printemps (Croitoru et Minea, 2015 ; Minea, 2020). Dans la partie nord, les tendances des débits moyens annuels et saisonniers sont essentiellement positives (entre 1950 et 2017), mais, généralement statistiquement non-significatives (sauf deux stations parmi sept) (Minea et al. 2020). Dans le cas de la rivière Prut (qui forme la frontière orientale de la Roumanie avec la République de la Moldavie), l'analyse comparative des débits moyens annuels et saisonniers entre les périodes 1961 – 1990 et 1991 – 2017 a mis en évidence l'augmentation des débits en hiver et automne (jusqu'à 15%) durant la dernière période par rapport à la première et la diminution au printemps et en été. A l'échelle annuelle, une très faible diminution du débit a été trouvée (d'environ 2%) après 1991 (Corobov et al., 2021).

Dans le sud-ouest de la Roumanie (la région d'Olténie), entre 1961 et 2009, la diminution de l'écoulement moyen des rivières a été remarquée, comme résultat de l'augmentation du déficit climatique en eau. Des tendances négatives statistiquement significatives du débit ont été identifiées, en particulier au printemps (Prăvălie et al., 2016).

Conclusions

En raison de la forte dépendance de la variabilité hydrologique du climat, le changement climatique impacte d'une manière significative l'écoulement des rivières, affectant la ressource en eau pour les besoins des sociétés, ainsi que les écosystèmes aquatiques. En Roumanie, les changements climatiques les plus importants détectés dans les dernières 5-6 décennies, avec des impacts hydrologiques significatifs sont : le réchauffement général à l'échelle annuelle et saisonnière (hors l'automne) ; l'augmentation des précipitations en automne et du nombre moyen annuel de jours avec précipitations supérieures à 20 mm ; des tendances à la baisse des indices liés à l'enneigement (surtout à des altitudes inférieures à 800 m). Dans ce contexte, à l'échelle de la Roumanie, parmi les principaux changements identifiés dans l'écoulement des rivières sont à noter: des tendances générales à la baisse des débits moyens annuels, notamment au sud du pays, alors que dans la partie nord, les tendances sont surtout à la hausse ; des modifications dans la variabilité mensuelle et saisonnière des débits, à savoir des tendances à la hausse en hiver (liées à l'augmentation de la température de l'air et au passage des précipitations solide en forme liquide) et en automne (sur le fond de l'augmentation des précipitations) et des tendance à la baisse en été (induites par le réchauffement et comme suite, l'augmentation de l'évaporation).

Identifier les changements climatiques et leurs impacts hydrologiques présente un intérêt majeur à la fois scientifique et pratique, afin de mettre en place des stratégies adéquates d'adaptation à ces changements et de lutte contre leurs effets négatifs.

Bibliographie

- ANM (Administration Nationale de Météorologie), 2008 : *Clima României*. Académie Roumaine, 365 pages.
- ANM (Administration Nationale de Météorologie), 2014 : Adaptation measures in Romanian agriculture. SEE Project-OrientGate: a structured network for integration of climate knowledge into policy and territorial planning, 99 pages. https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/publications/climate-change-adaptation-measures-in-romanian-agriculture/wp4_pilot-study-2_report_web.pdf.
- Bîrsan M.V., Zaharia L., Chendeş V. et Brănescu E., 2012 : Recent trends in streamflow in Romania (1976–2005). *Romanian Reports in Physics*, **64(1)**, 275–280.
- Bîrsan M.V., Zaharia L., Chendeş V. et Brănescu E., 2014 : Seasonal trends in Romanian streamflow. *Hydrological Processes*, **28**, 4496–4505. DOI: 10.1002/hyp.9961.
- Bîrsan M.V. et Dumitrescu A., 2014 : Snow variability in Romania in connection to large-scale atmospheric circulation. *International Journal of Climatology*, **34(1)**, 134–144. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.3671>.
- Bîrsan M.V., 2017 : *Variabilitatea regimului natural al scurgerii râurilor din România*. Ars Docendi, 100 pages.
- Bojariu R., Bîrsan M.V., Cică R., Velea L., Burcea S., Dumitrescu A., Dascălu S.I., Gothard M., Dobrinescu A., Cărbunaru F. et Marin L., 2015 : *Schimbările climatice – de la bazele fizice la riscuri și adaptare*. Printech, 100 pages.
- Bojariu R., Chițu Z., Dascălu S.I., Gothard M., Velea L.F. Burcea R., Dumitrescu A., Burcea S., Apostol L., Amihaesei V., Marin L., Crăciunescu V.S., Irimescu A., Mătreață M., Niță A. et Bîrsan M.V., 2021 : *Schimbările climatice – de la bazele fizice la riscuri și adaptare*. Édition révisée et ajoutée, Printech, 222 pages.
- Corobov R., Ene A., Trombitsky I. et Zubcov E., 2021 : The Prut River under Climate Change and Hydropower Impact. *Sustainability*, **13**, 1-17. DOI: <https://dx.doi.org/10.3390/su13010066>.
- Croitoru A.E. et Minea I., 2015 : The impact of climate changes on rivers discharge in Eastern Romania. *Theoretical and Applied Climatology*, **120**, 563–573. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00704-014-1194-z>.
- Dumitrescu A., Bojariu R., Bîrsan M.V., Marin L., Manea A., 2014 : Recent climatic changes in Romania from observational data (1961-2013). *Theoretical and Applied Climatology*, **122(1-2)**, 111–119.
- IPCC, 2022: Summary for Policymakers [Pörtner H.O. et al. (eds.)]. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*, 35 pages, https://report.ipcc.ch/ar6wg2/pdf/IPCC_AR6_WGII_SummaryForPolicymakers.pdf.
- Mateescu E., 2014 : *ADER 1.1.1. Sistem de indicatori geo-referențiali la diferite scări spațiale și temporale pentru evaluarea vulnerabilității și măsurile de adaptare ale agroecosistemelor față de schimbările globale*, 45 pages. <https://www.madr.ro/attachments/article/139/ANM-ADER-111.pdf>.
- Mic R.P., Mareș C., Corbuș C., Mătreață M., Chendeș V., Radu E., Stănescu G., Chelcea S., Teodor S., Mătreață S., Adler M.J., Mareș I., Achim D., Preda A., Borcan M., Retegan M., Apostu A.D. et Brănescu E., 2016 : *Climate change impact on hydrology, CLIMHYDEX – Changes in climate extremes and associated impact in hydrological events in Romania. Final Report*, 86 pages.
- Minea I., 2020 : The Vulnerability of Water Resources from Eastern Romania to Anthropogenic Impact and Climate Change. In Negm A., Romanescu G., Zeleňáková M. (eds) *Water Resources Management in Romania*. Springer Water. Springer, 229-250. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22320-5_7.
- Minea I., Boicu D., Iosub M., Chelariu O.E., Solomon B., 2020 : Long-term trends in rivers flow from north-eastern part of Romania. *20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020*, 225-231.
- Ministère de l'Environnement, des Eaux et des Forêts (MEEF) et Agence Nationale pour la Protection de l'Environnement (ANPE), 2021: Rapport annuel privind starea mediului în România, anul 2020, 691 pages, [http://www-old.anpm.ro/upload/217086_RSM%202020.pdf](http://www.old.anpm.ro/upload/217086_RSM%202020.pdf).
- Pătru I., Zaharia L. Oprea R., 2006: Geografia fizică a României. *Climă, ape, vegetație, soluri*. Universitară, 175 pages.

Prăvălie R., Zaharia L., Bandoc G., Petrișor A., Ionuș A. et Mitof I., 2016 : Hydroclimatic dynamics in southwestern Romania drylands over the past 50 years. *Journal of Earth System Science*, **125(6)**, 1255–1271. DOI: 10.1007/s12040-016-0730-x.

Tănase I. et Zaharia L., 2018 : Recent trends in the low-flow variability in Romania. *Risks and Catastrophes Journal*, **23(2)**, 27 – 35. DOI: 10.24193/RMJ2018_13.

Zaharia L., Ioana-Toroimac G., Perju E.R, 2020 : Hydrological Impacts of Climate Changes in Romania. In Negm A., Romanescu G., Zeleňáková M. (eds) *Water Resources Management in Romania*. Springer Water. Springer, Cham, 309 - 351. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22320-5_10.