

L'ÉVÉNEMENT PLUVIAL DE SEPTEMBRE 2014 DANS LE DÉFILÉ DU DANUBE (ROUMANIE) – ALÉAS ET RISQUES EXCEPTIONNELS

GRECU F.⁽¹⁾, IOANA-TOROIMAC G.⁽¹⁾, CONSTANTIN (OPREA) D. M.⁽¹⁾, CARABLAISĂ S.⁽²⁾, ZAHARIA L.⁽¹⁾, COSTACHE R.⁽¹⁾, MUNTEANU A.⁽¹⁾

(1) Université de Bucarest, Faculté de Géographie, 1 Boulevard N. Bălcescu, 010041, Sector 1, Bucarest, Roumanie, [grecu@geo.unibuc.ro, gabriela.toroimac@geo.unibuc.ro, oprea.constantin@geo.unibuc.ro, zaharialili@hotmail.com, romuluscostache2000@yahoo.com, munteanca@yahoo.com]

(2) Université de Bucarest, Faculté de Géographie, Station Géographique Orșova, 2 Rue Panfil □eicaru, 25200, Orșova, jud. Mehedinți, Roumanie [cgsorin@yahoo.com]

Résumé – En septembre 2014, la partie sud-ouest de la Roumanie a été touchée par des fortes pluies avec des conséquences socio-économiques et environnementales significatives. L'événement pluvial a été généré par une goutte froide d'altitude et sans correspondant au niveau du sol, riche en vapeurs d'eau au-dessus de la Méditerranée, apparemment peu développée, mais avec une évolution en altitude et une alimentation quadruple en vapeurs d'eau. Du 14 au 16 septembre 2014, les précipitations enregistrées à la station de Drobeta Turnu Severin ont totalisé 170,4 mm, représentant environ ¼ du cumul annuel pour cette station. L'événement pluvial a été à l'origine des processus hydrogéomorphologiques dommageables pour la région, notamment pour la ville d'Orșova et le village d'Eșelnița.

Mots-clés : précipitations, aléas météorologique, aléas hydrogéomorphologique, défilé du Danube.

Abstract – *Pluvial event of September 2014 in Danube Defile (Romania) – exceptional hazards and risks.* In September 2014, the south-western part of Romania was affected by heavy rains with significant socio-economic and environmental consequences. The pluvial event was generated by a Mediterranean depression, slightly formed on the surface, but with an altitudinal development and a quadruple water supply. From 14th to 16th September 2014, the amount of precipitations reached 170.4 mm at Drobeta Turnu Severin, representing about ¼ of the annual amount at this meteorological station. The pluvial event determined damaging hydrogeomorphological processes in the region, especially in the city of Orșova and Eșelnița village.

Keywords: precipitations, meteorological hazard, hydrogeomorphological hazard, Danube defile.

Introduction

Les fortes précipitations sont un des aléas météorologiques qui soit directement, soit indirectement, par le biais d'autres processus qu'ils engendrent, peuvent avoir des conséquences négatives significatives pour la société et l'environnement. Ce travail a comme but d'analyser l'événement pluvial du 14-16 septembre 2014 qui a touché le sud-ouest de la Roumanie, plus précisément le défilé du Danube. Les fortes précipitations ont été à l'origine d'autres aléas naturels (hydrologiques, géomorphologiques, pédologiques) qui se sont associés en causant des dommages très importants pour la région. Le travail est une approche interdisciplinaire qui analyse l'aléa météorologique en relation avec les aléas hydrologiques et géomorphologiques associés.

1. Région d'étude et données utilisées

L'étude porte sur la région du défilé du Danube (côté roumain), connu sous le nom de « Portes de Fer ». Il s'étend sur environ 140 km de longueur, entre Baziaș (à l'ouest) et la ville de Drobeta Turnu Severin (à l'est). Le Danube y forme la frontière naturelle entre la Roumanie (rive gauche) et la Serbie (rive droite) (Fig. 1). Depuis 1972, le barrage réservoir des Portes de Fer I a été aménagé dans le défilé.

De point de vue météorologique, le défilé du Danube, comme l'ensemble de la Roumanie, est soumis à l'action de l'anticyclone des Açores, des dépressions Méditerranéennes, de l'anticyclone Est-européen, de l'anticyclone Scandinave et de la dépression Islandaise. À l'échelle régionale, le défilé subit des influences climatiques méditerranéennes. À l'échelle locale, due à l'orientation du défilé, la circulation dominante des masses d'air est de l'ouest à l'est.

Afin de caractériser l'événement météorologique du 14-16 septembre 2014 qui a fortement touché le défilé du Danube, on a utilisé les séries de précipitations mensuelles (cumul et maximum en 24 heures), mesurées à la station météorologique de Drobeta Turnu Severin, de 1961 à 2014 (provenant du Centre Météorologique Régional Oltenia); ces données ont été intégrées aussi dans le calcul de l'indice d'érosivité pluviale et de l'épaisseur de la lame d'eau. Afin de caractériser la situation synoptique, on a analysé les cartes des champs de pression en surface et du géopotential 500 hPa de la même période (provenant du Service Régional de Prévision Météorologique de Craiova).



Figure 1. Position géographique de la région analysée

L'impact hydrologique et hydrogéomorphologique des fortes précipitations a été mis en évidence à partir des observations et des relevés de terrain effectués dans la période suivante à l'épisode pluvieux dans le périmètre des localités Orșova et Eșelnița.

2. Résultats et discussions

2.1. Le caractère pluviométrique exceptionnel de l'événement du 14-16 septembre 2014

Le régime pluviométrique à Drobeta Turnu Severin se caractérise par deux maxima (en mai – juin et novembre – décembre ; 69-70 mm/mois) et deux minima (en janvier – mars et août – septembre ; 43-48 mm/mois) (Fig. 2). Le mois de septembre est parmi les moins arrosés de l'année, suite à une fréquence élevée du régime anticyclonique. Le cumul moyen de précipitations est de 50,6 mm (environ 7% du cumul annuel de la période 1961-2014). Durant la période d'analyse, les cumuls de précipitations en septembre ont eu des valeurs entre 0,8 mm (en 1985) et 230,6 mm (en 2014).

En ce qui concerne les pluies maximales en 24 heures tombées à Drobeta Turnu Severin, les plus hautes valeurs ont été mesurées en 1999 (224 mm), 1969 (171 mm) et 2014 (102 mm). La valeur de 2014 est la plus élevée de toutes les valeurs maximum en 24 heures enregistrées en septembre à cette station météorologique durant la période de l'analyse (Fig. 2).

Du 14 au 16 septembre 2014, à Drobeta Turnu Severin, ont tombé 170,4 mm de précipitations : 102 mm le 14 septembre, 54,6 mm le 15 septembre et 13,8 mm le 16 septembre. Cette valeur représente environ le quart du cumul moyen annuel et elle est trois fois plus élevée que le cumul mensuel du mois de septembre.

Le caractère exceptionnel de l'événement du 14-16 septembre 2014 est donné par la quantité très élevée de précipitations tombées dans un intervalle de temps relativement court pour la région et surtout pour la période de l'année.

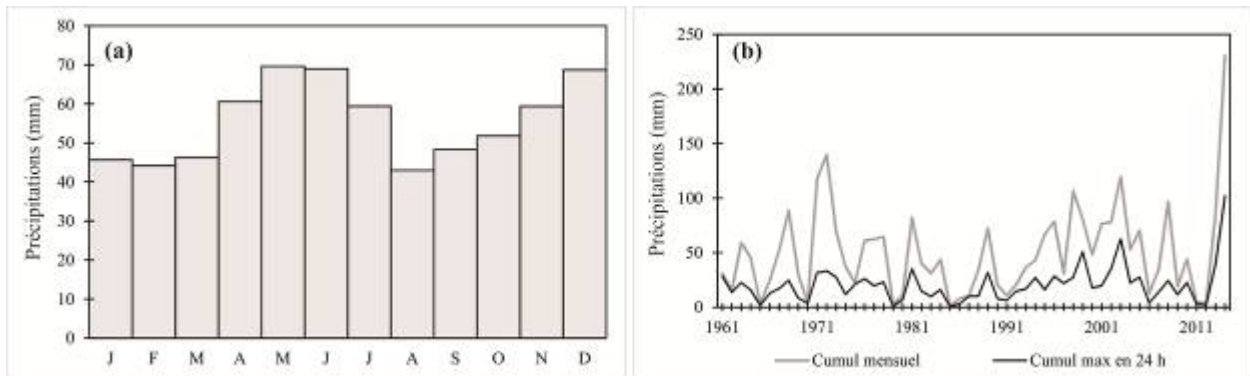


Figure 2. Variations des précipitations à Drobeta Turnu Severin : (a) régime annuel ; (b) cumuls mensuels et maximum en 24 h en septembre (période 1961-2014)

2.2. Le contexte synoptique de l'événement du 14-16 septembre 2014

Du 14 au 16 septembre 2014, au niveau du sol, les centres de pression sur l'Europe avaient la configuration suivante. L'anticyclone des Açores (1025 hPa) se situait au nord de l'Atlantique, séparé de l'anticyclone Scandinave (1030 hPa) par un talweg dépressionnaire qui se situait à l'ouest de l'Islande, sur la côte sud-ouest de la Groenland, et descendait jusqu'à l'ouest de la péninsule Ibérique ; une autre dépression se situait à l'est de l'archipel de Svalbard (990 hPa). Sur l'Asie mineure, une basse pression thermique, quasi-stationnaire durant la saison chaude de l'année, avait environ 1010 hPa. Sur la Méditerranée, un champ de basse pression était quasiment uniforme, avec des valeurs inférieures à 1015 hPa (Fig. 3).

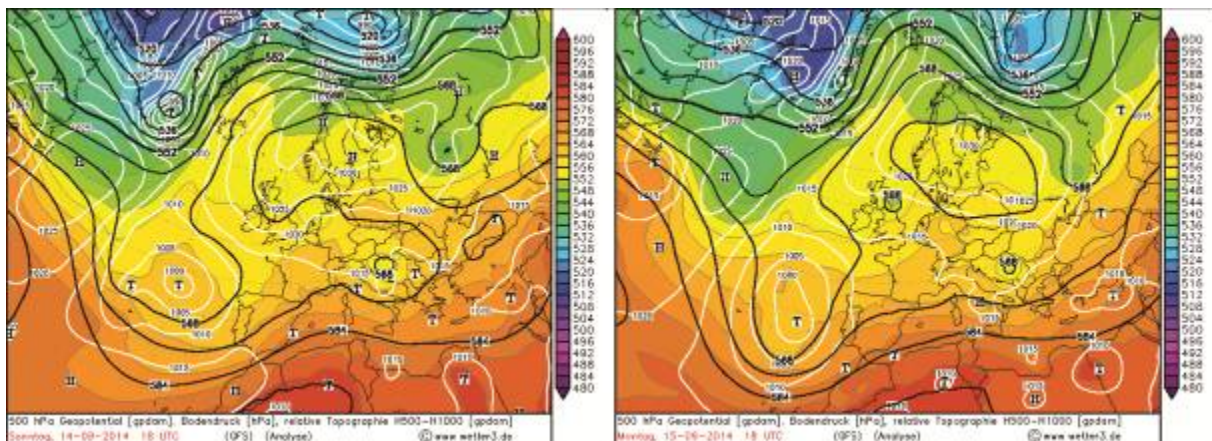


Figure 3. Situation synoptique au sol et au géopotential de 500 hPa, superposée à la topographie relative TA 500/1000 de 14/09/2014 (à gauche) et 15/09/2014 (à droite), à 18 UTC. Source : <http://www.wetter3.de/Archiv/>

Dans la troposphère inférieure (à moins de 500 hPa), au sud de la Roumanie, la circulation des masses d'air était typiquement du nord-est, sous forme d'advection à la périphérie de l'anticyclone Scandinave, apportant de l'air maritime et continental polaire, enrichi en vapeur d'eau sur la mer du Nord et sur la mer Noire. Au niveau du géopotential 500 hPa, au sud de la Roumanie, la circulation était du sud-ouest, ce qui alimentait la dépression Méditerranéenne d'altitude en air chaud et humide. Par conséquent, la dépression Méditerranéenne, apparemment peu développée en surface, et une goutte froide en altitude avaient une alimentation quadruple en vapeurs d'eau. Les systèmes nuageux ont été fortement développés et ont généré des précipitations sur des régions continentales étendues (Fig. 4). Les pluies ont eu un caractère torrentiel, sur une durée de 24-36 heures, au sud-ouest de la Roumanie et donc dans le défilé du Danube.

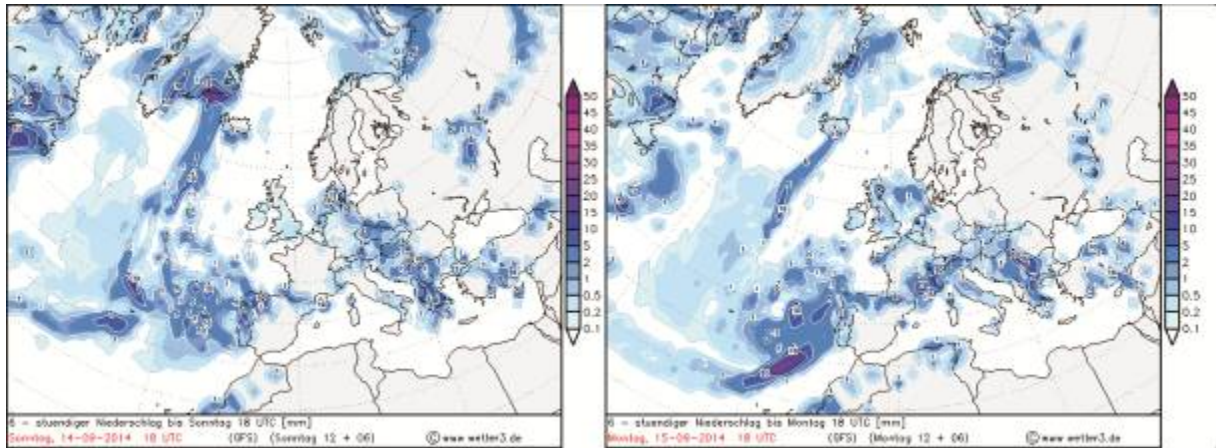


Figure 4. Pluies tombées le 14/09/2014 (à gauche) et le 15/09/2014 (à droite), à 18 UTC, sur l'Europe. Source : <http://www.wetter3.de/Archiv/>

La succession des événements a été la suivante. Le 14-15 septembre 2014, le cumul de précipitations a été de 102 mm à Drobeta Turnu Severin, le périmètre le plus affecté étant entre Drobeta Turnu Severin, Orșova et Eșelnița. La situation a évolué lentement les deux jours suivants sous l'action d'une goutte froide à trajectoire transbalkanique, sur le sud de la Roumanie. Le 15-16 septembre 2014, les précipitations ont continué dans le sud-ouest de la Roumanie, sous forme d'averse et localement avec des orages ; le cumul de précipitations a atteint à Drobeta Turnu Severin 54,6 mm. Le 16-17 septembre 2014, les précipitations mesurées à Drobeta Turnu Severin ont baissé jusqu'à 13,8 mm. Après 3 AM (heure locale), les pluies se sont arrêtées et la goutte froide est devenue occlus. La masse des nuages formés s'est déplacée vers le sud de la Grèce, où les précipitations ont continué dans les 12 heures suivantes.

En tant que situation synoptique, l'événement du 14-16 septembre 2014 a été relativement habituel ; le défilé du Danube est souvent soumis à l'activité frontale développée sur la Méditerranée, qui se déplace vers l'Europe central-est, la péninsule Balkanique ou le bassin Pannonien, et qui laisse des quantités de précipitations plus abondantes sur la région que dans le reste du pays (Dragotă, 2006).

2.3. Impacts hydrogéomorphologique et risques associés

Les fortes précipitations du 14-16 septembre 2014 ont eu des impacts hydrogéomorphologiques importants. Elles ont été à l'origine de forts écoulements torrentiels et à la surface des versants, qui ont favorisé l'érosion, les processus de versant et la genèse des crues torrentielles et sur les rivières de la région, avec des effets morphogènes.

Un des impacts des fortes précipitations – l'érosion – a été quantifié grâce à l'indice d'érosivité pluviale EI_{30} (Wischmeier et Smith, 1958, équation 1), adapté pour les pluies tombées en 24 heures. L'indice d'érosivité EI_{30} du 14 septembre 2014 a atteint $1.1 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ à Drobeta Turnu Severin (Fig. 5). Pourtant cette valeur est inférieure à celle de 1.36 proposée par Băloi et Ionescu (1986) en tant que seuil pris en compte dans les actions de protection du sol contre l'érosion.

$$EI_{30} = e_r v_r I_{30} \quad (\text{équation 1}),$$

$$e_r = 0,29[1 - 0,72 \exp(-0,05 i_r)],$$

où: e_r - énergie cinétique de la pluie ($\text{MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$); v_r – quantité de précipitations (mm); i_r - intensité de la pluie dans 1 heure (mm h^{-1}); I_{30} – intensité de la pluie en 30 minutes (mm^{-1}).

Un indicateur significatif pour la magnitude de l'événement pluvial et son potentiel érosif et de crue est l'épaisseur de la lame d'eau, qui résulte des pluies tombées. Elle a été calculée par la méthode *SCS-CN* sous SIG (Ponce et Hawkins, 1996 ; équation 2). La méthode reflète le potentiel de rétention de l'eau de la superficie terrestre, eau qui provient d'une certaine quantité de précipitations. La rétention potentielle résulte de l'attribution d'un indice *Curve Number* à la superficie terrestre, en fonction de l'utilisation des sols et de leur groupe hydrologique (Ponce et Hawkins, 1996). La valeur de l'indice *Curve Number* a été ajusté avec la pente (Huang *et al.*, 2006).

$$Q = \frac{(P - 0.2 * S)^2}{P + 0.8 * S} \quad (\text{équation 2}),$$

où Q – l'épaisseur de la lame d'eau (mm) ; P – la quantité de précipitations (mm) ; S – potentiel maximum de rétention de l'eau (mm), déterminé grâce à l'indice *Curve Number* (CN).

L'épaisseur de la lame d'eau générée par les précipitations du 14-15 septembre (un cumul de 156,6 mm) a été de 17-128 mm dans le périmètre de la ville d'Orșova et du bassin-versant d'Eșelnița (Fig. 6), avec une moyenne pondérée de 75 mm. Des valeurs plus basses se sont enregistrées sur les versants du bassin supérieur d'Eselnița, couverts de forêts, constitués de roches résistantes à l'érosion (surtout schistes cristallins et roches magmatiques), à forte pente. Sur environ la moitié du périmètre analysé, essentiellement dans le bassin-versant moyen et inférieur de l'Eșelnița, la lame d'eau a atteint 74-100 mm. Les valeurs les plus élevées (plus de 100 mm) ont été constatées dans les espaces bâtis des localités Orșova et Eșelnița.

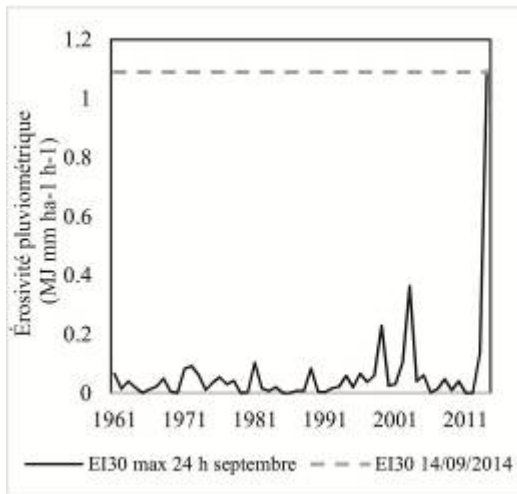


Figure 5. Variations de l'indice d'érosivité pluviale EI₃₀, calculé à partir des cumuls maximum en 24 h en septembre 1961-2014

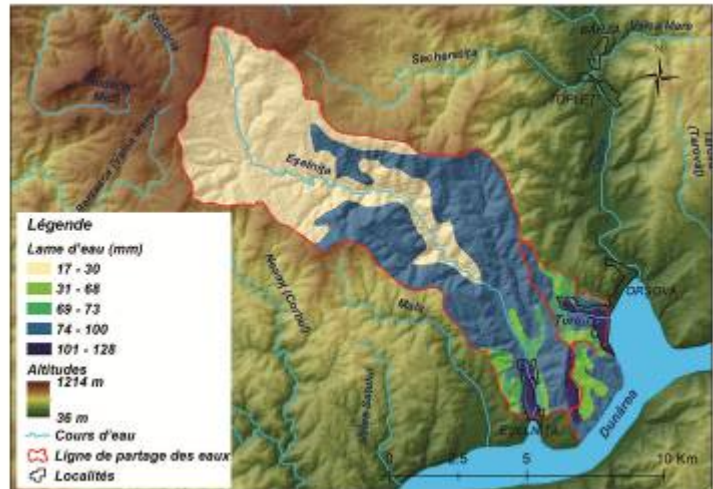


Figure 6. Lame d'eau générée par les précipitations du 14-15 septembre 2014 dans le périmètre de la ville d'Orșova et le bassin-versant d'Eșelnița

Les fortes précipitations, en tant qu'action érosive et cumul d'eau, ont eu des impacts morphologiques significatifs. Les roches moins résistantes à l'érosion (sables faiblement consolidés, marnes, argiles et graviers) ont favorisé l'érosion et autres processus de versants (*e.g.*, glissements de terrain, écroulements). Les lits des rivières (parmi lesquelles Eselnița) et des torrents ont subi des modifications importantes. Les berges du Danube ont subi des modifications morphologiques comme conséquence des processus de versant et de l'action abrasive de l'eau du réservoir de Portes de Fer. Les rues des localités Orșova et Eșelnița

(surtout celle longeant le cours d'eau homonyme) ont fonctionné en tant que lits de rivières en roche dures (dû au pavage), étant couvertes d'une couche épaisse d'alluvions (Fig. 7). Les processus d'érosion et accumulation ont affecté aussi les constructions, les terrains agricoles et l'infrastructure de transport (DN57, E70, longeant le Danube).



Figure 7. Impacts des fortes précipitations de 14-16 septembre 2014 à Eșelnița (gauche), à Orșova (centre) et sur les rives du Danube (droite)

Conclusions

L'événement pluvial du 14-16 septembre 2014 du défilé du Danube, par la quantité d'eau tombée et les effets très dommageables engendrés par les processus hydrogéomorphologiques associés, pourrait être considéré comme exceptionnel pour la région. Pourtant, des événements similaires ont déterminé auparavant de dégâts importants dans le défilé du Danube (Grecu *et al.*, 2012). Cela met en évidence, d'une part, la liaison systémique, causale, entre les précipitations et les phénomènes hydrologiques/hydrogéomorphologiques et, d'autre part, la nécessité d'une vision intégrée dans la gestion des risques dans la région du défilé du Danube.

Références bibliographiques

- Băloi V., Ionescu V., 1986 : *Apărarea terenurilor agricole împotriva eroziunii, alunecărilor și inundațiilor*. Editura CERES, București, 312 p.
- Dragotă C.S., 2006 : *Precipitațiile excendentare în România*. Editura Academiei, București, 176 p.
- Grecu F., Carablașă S., Zaharia L., Ioana-Toroimac G., 2012 : Les précipitations – facteur de la dynamique des versants dans défilé du Danube (Roumanie). *Actes du 25ème Colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, 349-354.
- Huang M., Gallichand J., Wang Z., Goulet M., 2006 : A modification to the Soil Conservation Service curve number method for steep slopes in the Loess Plateau of China. *Hydrological processes*, **20**, 3, 579-589.
- Ponce, V.M., Hawkins, R.H., 1996 : Runoff curve number: Has it reached maturity? *Journal of hydrologic engineering*, **1**, 1, 11-19.
- Wetterzentrale, 2014 : <http://www.wetter3.de/Archiv/>
- Wischmeier W.H., Smith D.D., 1958 : Rainfall energy and its relationship to soil loss. *Trans. Am. Geophys. Union*, **39**, 285-291.