

LES TRANSFORMATIONS CONTEMPORAINES DES LITS DES RIVIÈRES CARPATIQUES SOUS LA PRESSION ANTHROPIQUE

CONTEMPORARY TRANSFORMATIONS OF THE CARPATHIAN RIVER BEDS UNDER THE ANTHROPIC IMPACT

Kazimierz KRZEMIEN¹ – Elżbieta GORCZYCA – Mateusz SOBUCKI

Abstract:

There were observed considerable changes in the structure of river bed systems in the Polish Carpathians, due to the anthropogenic impact. Erosion is a process that is playing an increasingly important role. It causes in particular the channeling of the river system. Large beds rivers, such as Dunajec, Wisłoka, Raba have been deepened from 2 to 4 meters during the last thirty or forty years as a result of regressive erosion. The deepening of river beds also occurs in the lateral valleys. Such a situation leads to negative changes in the natural Valleys, which is linked to the excessive drying up of many areas.

Key words:

Contemporary transformations of river beds, anthropogenic processes, Carpathians

INTRODUCTION

Dans les Carpates et dans leurs avant-pays on observe une importante transformation des lits de rivière et de torrent. Dans la zone des Carpates, dans les vallées 1-5, d'ordre d'après Strahler, l'évolution des lits de rivière, pendant une longue période, se déroulait essentiellement grâce au modelage érosif et sous forme de découpage par étapes. La complexité de ces systèmes de lits de rivière était souvent due aux différents degrés de résistance du sol rocheux. Dans les vallées d'ordres supérieurs, les lits de rivière étaient découpés dans des graviers et se caractérisaient par de larges et grandes surfaces de bancs et d'îlots fluviaux. Au tournant du XIX et XX siècles, dans les vallées des Carpates ont été entamés de vastes travaux d'ingénierie visant à réguler les lits de rivière. Ces travaux avaient pour objectif de réduire les risques de crues et d'inondations pour les villes et villages situés dans cette zone. D'autre part cependant, de tels travaux avaient aussi pour but la stabilisation des lits et l'immobilisation des éboulis fournis dans les lits depuis les berges endommagées et provenant aussi des versants en raison de l'érosion linéaire et des mouvements de masses. Les éboulis ne devaient pas parvenir jusqu'aux réservoirs de barrage. Grâce aux travaux réalisés on a régulé à l'échelle locale ou sur des sections importantes de nombreux systèmes de lits de rivière dans le bassin versant de la haute Vistule (Fig. 1). L'objectif de la présente étude consiste à déterminer l'axe des transformations des lits de rivière dans les Carpates au début du XXI^e siècle. Il était

¹ Prof. dr hab. Kazimierz Krzemień, Institut de Géographie et Aménagement du Territoire, Université Jagellonne, 7, rue Gronostajowa, 30-387 Cracovie, Pologne, kazimierz.krzemien@uj.edu.pl

donc important d'entreprendre des recherches uniformes relatives à l'ensemble des systèmes de lits de rivière afin de connaître leur situation actuelle et d'anticiper sur les tendances d'évolution. Dans les différentes zones des Carpates, de telles études sont d'ailleurs menées déjà depuis longtemps (Krzemień 2003, Gorczyca, Krzemień 2010).

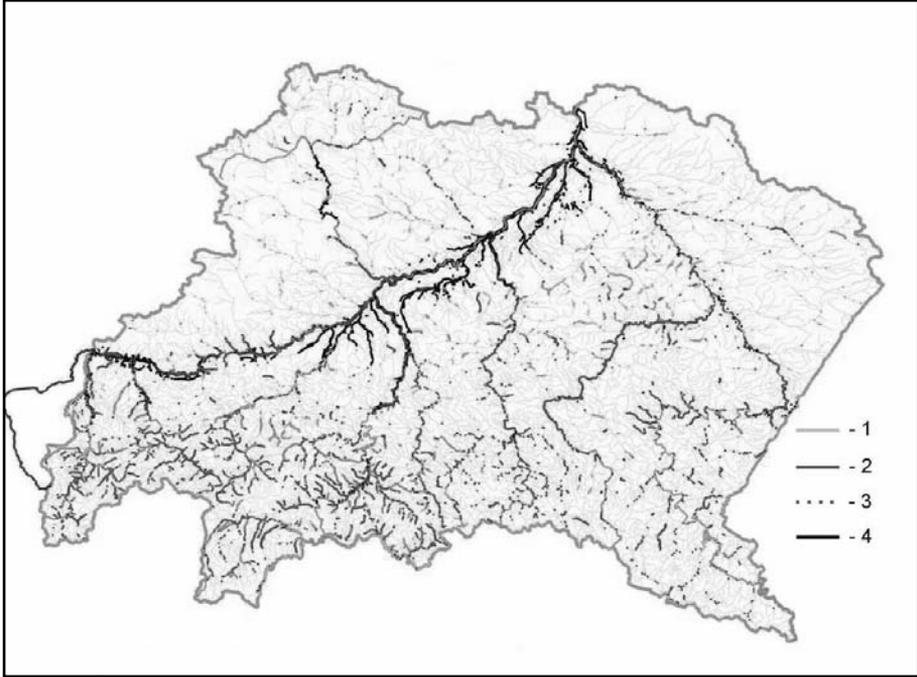


Fig. 1. Localisation des lits de rivière régulés dans le bassin-versant de la haute Vistule (carte établie par RZGW). 1- rivières, 2- régulations en profil longitudinal, 3- régulations en profil transversale, 4- construction de digues contre les inondations.

MÉTHODE DE RECHERCHES

Afin d'étudier la structure des lits de rivière on a utilisé un questionnaire spécial accompagné d'une instruction-mode d'emploi (Kamykowska et al., 1999, 2012). Cette méthode a été élaborée dans la Section de Géomorphologie à l'Institut de Géographie et d'Aménagement du Territoire de l'Université Jagellonne. L'instruction qui explique les modalités visant à établir les cartes, est destinée à présenter les multiples et diverses caractéristiques des systèmes des lits de rivière pendant les travaux de terrain. La caractéristique des lits de rivière permet de déterminer les régularités quant à la diversification spatiale de leur structure et aussi de déterminer leurs fonctions morphodynamiques. D'autre part, l'instruction permet de recueillir d'une manière uniforme un grand nombre de données quantitatives et qualitatives concernant le terrain étudié. Grâce à une liste de propositions de réponses portant sur les différents aspects, cette méthode de collecte des données est simple et rapide. Les études effectuées sur le terrain constituent la principale source d'information qui est ensuite complétée par l'analyse des cartes et photographies aériennes. Les principales

données sont recueillies en tenant compte des sections uniformes désignées sur les cartes et les photographies aériennes en fonction du tracé des lits sur le plan (Fig. 2).

Le formulaire (questionnaire) élaboré pour pouvoir établir les cartes des lits de rivières contient cinq catégories de données: 1) Informations préliminaires, 2) Caractéristique du lit de rivière (localisation, composition géologique, morphométrie, profil transversal, profil longitudinal, rives, formes du fond de rivière, sédiments, aménagement du lit de rivière, type de lit), 3) Caractéristique hydrodynamique du cours d'eau, 4) Caractéristique du bassin-versant, 5) Caractéristique morphologique du bassin-versant. A ce questionnaire est jointe une clé permettant de choisir l'information appropriée et de l'inscrire ensuite sous une forme abrégée et codée dans la rubrique adéquate du formulaire. Sur la base des caractéristiques recueillies du lit de rivière, en fonction du nombre et de la surface des formes, en fonction des traits caractéristiques des éboulis et de l'aménagement hydrotechnique, il est possible d'expliquer la structure et la dynamique du système fluvial étudié.

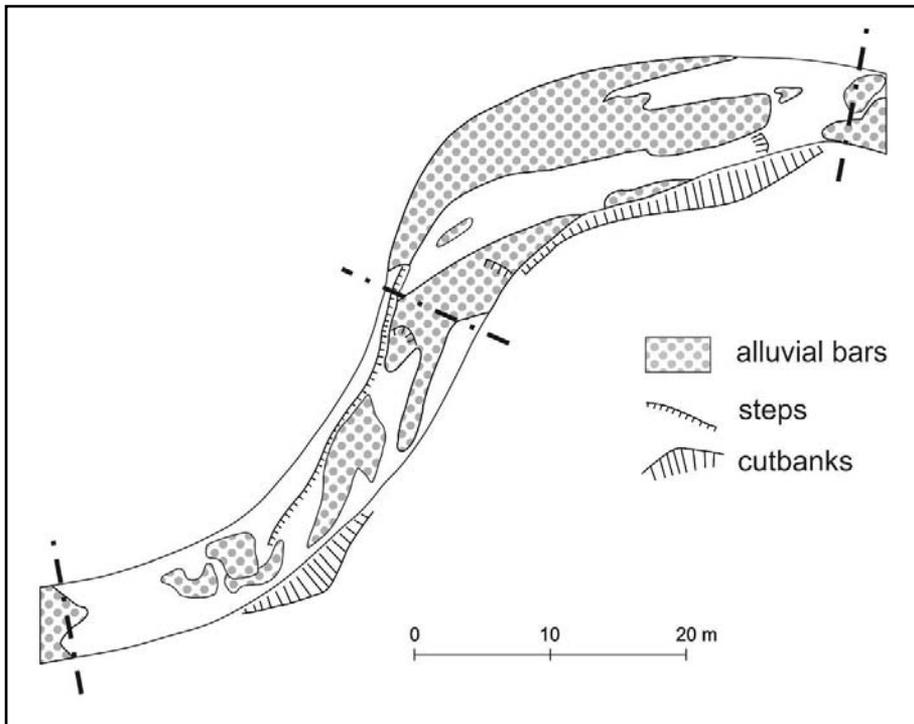


Fig. 2. Exemples de sections morphodynamiques dans le lit de la rivière Potok Biały (d'après L. Kaszowski 1973 - modifié).

Parallèlement aux études réalisées sur le terrain, on procède habituellement à l'analyse des documents cartographiques, des photographies aériennes et d'autres matériaux qui constituent une source de données relatives aux lits de rivières et aux bassins-versants. En fonction des besoins, le formulaire (questionnaire) peut être légèrement modifié. Cette méthode a été élaborée dans les Carpates polonaises et elle a été testée dans des zones choisies de Pologne, dans les Alpes, dans le Massif Central et en Ecosse (Krzemień 1981, 1999, 2004, Chelmiecki, Krzemień 1999).

ZONE FAISANT L'OBJET DE L'ÉTUDE

La zone étudiée englobe les lits de rivière des Carpates situés essentiellement dans les Carpates extérieures composées de flysch plissé allant de la période jurassique supérieure jusqu'au début du miocène (Oszczypko 1995, Fig. 3). Les séries de sédiments plissés de flysch ont formé des entités tectoniques superposées les unes sur les autres et sur l'avant-terrain appelées nappes de plisman. Le relief des Carpates fait largement appel à la lithologie et à la tectonique des massifs rocheux (Klimaszewski, Starkel 1972). Le volume des précipitations atmosphériques dans les Carpates dépend de l'exposition des versants et de l'altitude par rapport au niveau de la mer. Les précipitations atmosphériques diminuent en direction de l'Est. Le volume annuel des précipitations est en moyenne de plus de 1400 mm dans le Beskid Śląski (Beskides silésiennes) jusqu'à 1000-1300 mm dans les Bieszczady (Niedźwiedz, Obrębka-Starkłowa 1991). Dans les Carpates, on distingue deux macrorégions qui sont différentes du point de vue de l'ensemble des caractéristiques hydrologiques ; il s'agit des macrorégions occidentale et orientale (Dynowska 1995). Les crues se caractérisent par une forte diversification du degré d'augmentation du niveau du cours d'eau et n'englobent jamais tous les affluents carapatiques de la Vistule. Durant les trente cinq dernières années, dans les Carpates polonaises, on observe une évolution très nette en ce qui concerne le mode d'exploitation. On a constaté une diminution de la surface des terres arables au profit des champs, des pâturages et des forêts (Pietrzak 2008).

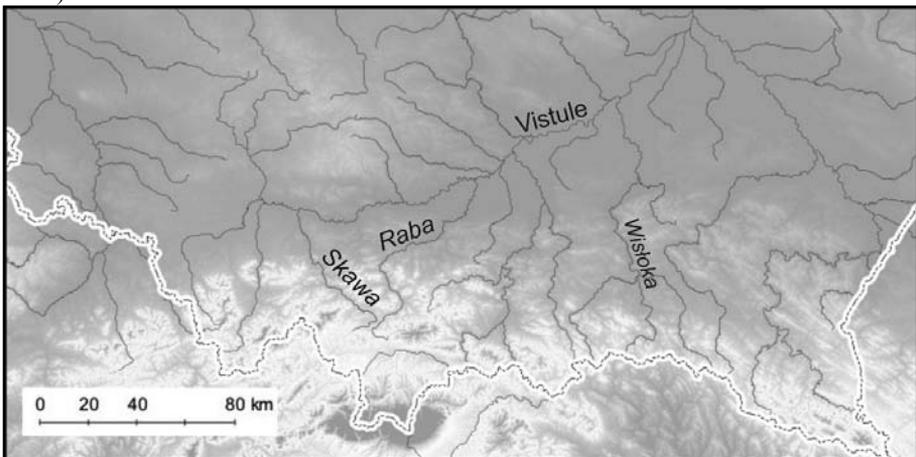


Fig. 3. Localisation du terrain de l'étude.

FORMATION ET FONCTIONNEMENT ACTUEL DES SYSTÈMES DE LITS DE RIVIÈRE DANS LES CARPATES POLONAISES

Grâce à l'établissement des cartes de terrain concernant les lits de rivière choisis des Carpates, il est possible de découvrir les régularités de formation de la structure des systèmes entiers de lits. Dans chaque bassin-versant on peut distinguer au moins deux systèmes principaux: le système des versants et le système fluvial (Fig.4). Chacun de ces systèmes se caractérise par une structure déterminée dont l'analyse permet de déterminer le degré de sa complexité et son état dynamique (Fig.4). Jusqu'à aujourd'hui, dans les Carpates polonaises on a étudié la structure de nombreux systèmes de lits de rivière (par exemple, Krzemień 2003, Izmailow et al., 2006, Gorczyca 2012, Korpak 2012). Cependant, l'état actuel des recherches n'est toujours pas satisfaisant. De même, à l'échelle internationale, malgré une abondante littérature fluviale, les régularités et les principes de formation et de modelage des systèmes fluviaux de montagne et de haute-montagne ne sont toujours pas suffisamment bien connus.

Dans le profil longitudinal du lit de rivière, on peut distinguer les sections morphostatiques ou morphodynamiques (Fig. 2). Elles constituent la structure du système du lit de rivière (Fig. 4). L'existence de ces sections est le résultat de l'évolution du lit de rivière dans un laps de temps relativement long. Ces sections forment une structure déterminée du système de lits. Les modifications introduites dans l'une des sections peuvent entraîner d'autres changements qui sont parfois difficiles à prévoir. La complexité des systèmes de lits de rivière découle souvent de la diversification du taux de résistance du sol rocheux. Cependant, il existe aussi des terrains se caractérisant par une faible diversification de la composition géologique où la diversification des lits de rivière est pourtant considérable. Comme principale cause d'une telle diversification de la structure des lits, on doit considérer l'histoire de l'évolution de la zone donnée. Les rivières et les torrents contemporains adaptent les profils logitudinaux aux nouvelles conditions hydrodynamiques et morphologiques. A de tels systèmes appartient notamment les lits de rivières situés dans des zones de forte pression anthropique.

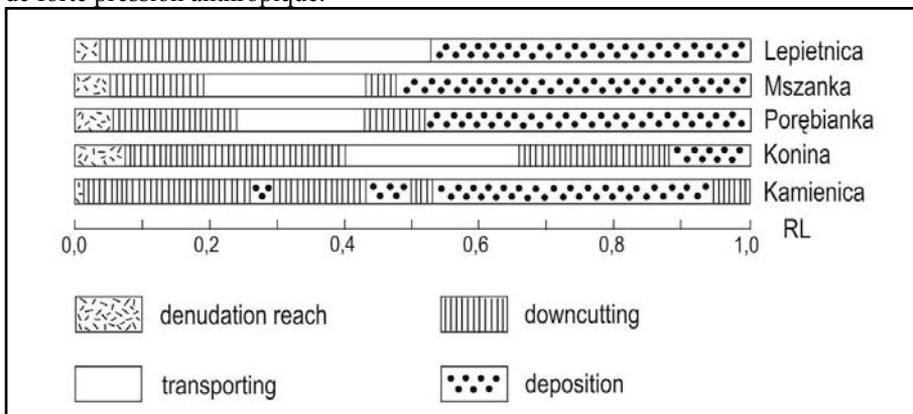


Fig. 4. Structure des lits des torrents dans les montagnes Gorce (établi d'après l'étude effectuée par K. Krzemień, 1984).

Les systèmes de lits de rivières subissent un modelage essentiellement lors des crues les plus intenses. Dans les zones qui se caractérisent par une forte pression anthropique on assiste à une adaptation rapide de la structure des systèmes de lits de rivière aux nouvelles conditions que l'on observe dans les vallées et sur les versants. Pendant les trente cinq dernières années, les plus importantes transformations de la structure des rivières de montagne sont intervenues grâce à la pression anthropique directement dans les lits des rivières.

L'IMPACT DE LA PRESSION ANTHROPIQUE SUR LES SYSTÈMES DE LITS DE RIVIÈRE DANS LES CARPATES

La diversification actuelle des lits de rivière dans les Carpates est le résultat d'un long processus. La structure naturelle des lits de rivière qui s'est créée grâce à la migration latérale du lit et à l'évacuation d'une faible quantité d'éboulis du lit de rivière, subissait des changements considérables en particulier à partir des années soixante-dix du XX siècle. Après 1989, on peut constater la superposition de l'érosion en profondeur qui intervient à la suite des transformations dans les lits eux-mêmes et de celles qui sont le résultat du changement du mode d'exploitation des terres. Pour cette raison, les rivières et les torrents adaptent les profils longitudinaux aux nouvelles conditions hydrodynamiques et morphologiques (Kaszowski et al., 1976, Kaszowski, Krzemień 1977, Froehlich et al., 1977). En raison de l'activité de l'homme susmentionnée, on observe des transformations plus lentes ou plus rapides des systèmes de lits de rivières. Les lits de rivière dans les Carpates deviennent ainsi plus profonds, plus droits et plus étroits.

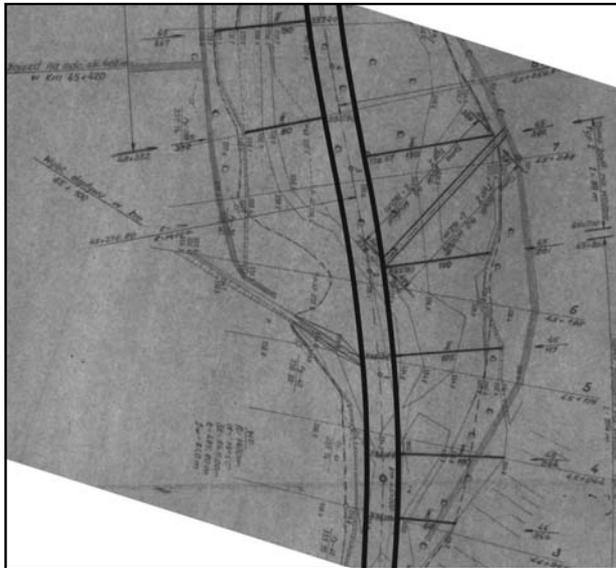


Fig. 5. Tracé du lit régulé de la rivière Skawa par rapport au lit anastomosé.

ENCAISSEMENT DES LITS DE RIVIÈRE

En raison des inondations qui touchaient de vastes terrains situés au fond des vallées dans le bassin-versant de la haute Vistule, depuis le XVIII^e siècle on a commencé à construire des digues de protection. On doit souligner que les crues, excessivement serrées entre les digues, provoquaient souvent l'apparition de fissures et ceci dans des endroits qu'il était impossible de prévoir (Trafas 1975). Comme l'indiquent les études effectuées par B. Strzelecka (1958) et L. Kaszowski et al., (1976) ainsi que par W. Froehlich et al., (1977), les lits dans les vallées des rivières dans les Carpates au XIX^e siècle, étaient très larges et avaient de nombreux lits anastomosés). De tels lits se caractérisaient par une forte érosion latérale. Cette situation a diamétralement changé à la fin des années quatre-vingt du XX^e siècle à la suite de l'accélération du rythme d'érosion en profondeur (Korpak et al. 2008).

RÉGULATION DES LITS DE RIVIÈRE

Au tournant des XIX^e et XX^e siècles, dans les lits des rivières des Carpates on a entamé de vastes travaux d'ingénierie visant à les réguler. A l'origine de ces travaux on retrouve les risques d'inondation auxquels étaient exposés les villes et villages situés dans ces zones. De tels travaux avaient aussi pour but la stabilisation des lits et l'immobilisation des éboulis fournis dans les lits depuis les berges endommagées et provenant aussi des versants, en raison de l'érosion linéaire et des mouvements de masses. La régulation des lits des rivières se faisait par étapes, à partir des sections situées plus bas, jusque dans les sections supérieures du cours d'eau. (Zawiejska 2006, Starkel, Łajczak 2008). Les tracés de régulation passaient généralement au milieu du socle de graviers (Fig.5). Ces travaux ont eu pour résultat : la rectification du tracé des lits de rivières, leur rétrécissement et approfondissement ainsi que la modification de leur profil longitudinal. Toutes ces interventions ont engendré une très forte érosion en profondeur (Photo 1, Kościelniak 2004, Zawiejska 2006, Korpak et al., 2008).

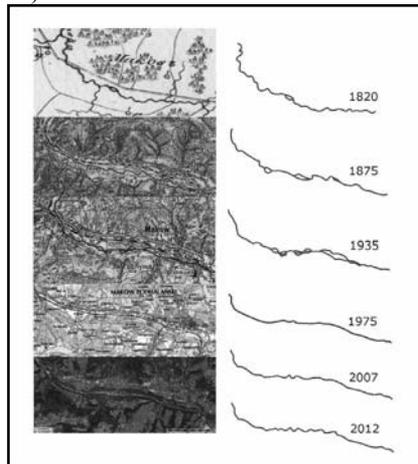


Fig.6. Modification de la forme du lit de la rivière Skawa entre Maków Podhalański et Sucha dans les années 1820-2012 (d'après les cartes russes, autrichiennes et polonaises).

La transformation d'un lit anastomosé typique pour les rivières des Carpates en un lit à un seul cours d'eau est la conséquence des travaux de régulation. Le trait le plus caractéristique en ce qui concerne la structure de nombreux lits de rivière dans leur cours de montagne est une importante uniformisation du lit et de ses fonctions morphodynamiques (Zawiejska, Krzemień 2004, Zawiejska 2006). Ceci est particulièrement bien perceptible si l'on prend l'exemple des lits des rivières telles que Dunajec, Mszanka, Porębianka (Zawiejska 2006, Kościelniak 2004). Dans ces lits, ajustés, raccourcis et amaïncis, on a constaté l'augmentation de l'inclinaison de la pente, il y a eu l'accélération de l'évacuation des eaux et, par conséquent, une importante évacuation d'éboulis ainsi que l'abaissement du niveau de leur fond.

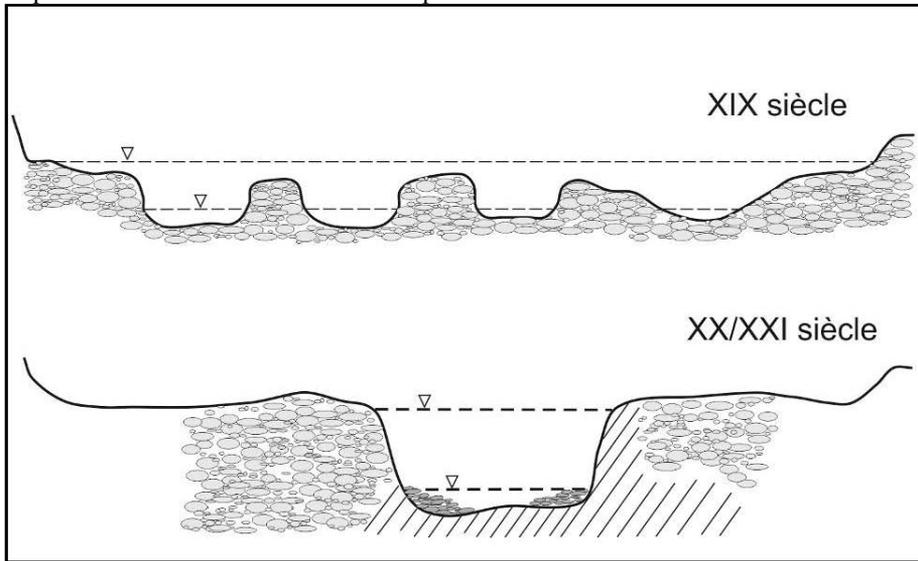


Fig. 7. Tendence d'évolution des lits des rivières dans les Carpates.

L'EXPLOITATION DES ÉBOULIS

Le processus d'approfondissement des lits s'est intensifié en particulier après la Deuxième Guerre Mondiale, ceci en raison de l'exploitation intensive des éboulis des rivières à des fins de construction. L'exploitation de ces matières s'effectuait à une échelle très importante (massive), avec utilisation d'excavateurs mais aussi sous forme de prélèvement de la fraction maximale (prélèvements individuels) pour la construction des maisons par les particuliers. (Photo 2). En raison de l'exploitation des éboulis, on observait l'élimination de la blindage du lit de rivière et son approfondissement dans le périmètre exploité. Ces modifications ont d'autre part influé sur les sections limitrophes grâce à l'érosion régressive. Une longue et massive exploitation d'éboulis a eu pour conséquence l'approfondissement rapide des lits, et, par la suite, le dégagement du socle rocheux. (Krzemień 2003, Kościelniak 2004, Zawiejska 2006). Ce procédé s'est manifesté de manière très visible dans les lits des rivières des Carpates notamment dans les années soixante-dix du siècle dernier (Klimek 1987, Wyzga 1991). A l'heure actuelle, une telle activité n'est plus autorisée

car elle est interdite par les dispositions légales en vigueur, mais malgré cela, ce procédé se poursuit toujours.

En raison de toutes ces différentes formes d'activité exercées par l'homme, on observe des transformations soit plus rapides soit plus lentes des systèmes de lits de rivière. Les lits de rivière dans les Carpates deviennent plus droits et plus étroits (Fig. 6,7). Les lits à plusieurs chenaux avec tendance à migration latérale ont été amincis et découpés jusqu'à même 4 mètres. Dans le cas de destruction des installations de régulations ou lorsqu'une très forte pression anthropique a été stoppée, on constate de nouveau une tendance à ce que le lit de rivière se forme librement. Toutefois, il n'est plus possible de rétablir la situation d'avant la régulation, car ces lits sont profondément découpés (Fig. 7). Leur développement se déroule dans un périmètre beaucoup plus réduit.

CONCLUSIONS

En raison de l'impact anthropogénique, interviennent de considérables modifications dans la structure des systèmes de lits de rivière, ce qui entraîne l'accroissement du rôle joué par l'érosion. Ceci engendre essentiellement la chenalisation du système fluvial. Les lits de grandes rivières telles que Dunajec, Wisłoka, Raba ont été approfondis, tout au long des trente ou quarante dernières années, de 2 à 4 mètres. A la suite de l'érosion régressive, l'approfondissement des lits se manifeste aussi dans les vallées latérales. Une telle situation provoque des changements négatifs dans le milieu naturel au fond des vallées, ce qui est lié à l'assèchement excessif de nombreuses zones.

LITTÉRATURE

- CHELMICKI W., KRZEMIEN K. (1999). Chanel typology for the River Feshie in the Cairngorm Mts, Scotland, *Prace Geograficzne, Instytut Geografii, Uniwersytet Jagielloński*, Vol. 104, pp 57-68.
- DYNOWSKA I. (1995). Wody, [In:] J. Warszńska (Ed.) *Karpaty Polskie, Przyroda, człowiek i jego działalność*, Uniwersytet Jagielloński, pp 49-67.
- FROELICH W., KASZOWSKI L., STARKEL L. (1977). Studies of present-day and past river activity in the Polish Carpathians [In:] K.J. Gregory (Ed.), *River Channel Changes*, John Wiley and Sons, Chichester-New York, pp 411-428.
- GORCZYCA E. (2012). Struktura i morfodynamika koryta Łososiny (Beskid Wyspowy). Przykład opracowania, *Struktura koryt rzek i potoków (studium metodyczne)*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński, Kraków, pp 79-88.
- GORCZYCA E., KRZEMIEN K. (2010). Chanel structure changes in Carpathian Rivers, [In:] A. Radecki-Pawlik, J. Hernik (Ed.), *Cultural landscape of river valleys*, Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, pp 185-198.
- IZMAIŁOW B., KAMYKOWSKA M., KRZEMIEN K. (2006). The geomorphological effects of flash floods in mountain river channels. The

- case of the River Wilsznia (Western Carpathian Mountains), [In:] R. S. Chalov, M. Kamykowska, K. Krzemiń (Ed.), Channel processes in the rivers of mountains, foothills and plains, *Prace Geograficzne, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński*, Vol. 116, pp 89-97.
- KAMYKOWSKA M., KASZOWSKI L., KRZEMIŃ K. (1999). River channel mapping instruction, Key to the river bed description, [In.] River channels, Pattern, structure and dynamics, K. Krzemiń (Ed.), *Prace Geograficzne, Instytut Geografii, Uniwersytet Jagielloński*, Vol. 104, pp 9-25.
- KAMYKOWSKA M., KASZOWSKI L., KRZEMIŃ K. (2012). Kartowanie koryt rzecznych. Struktura koryt rzek i potoków (studium metodyczne), *Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński, Kraków*, pp 15-35.
- KASZOWSKI L. (1973). Morphological activity of the mountain streams (with Biały Potok in the Tatra Mts. as example), *Zeszyty Naukowe, Uniwersytet Jagielloński, Prace Geograficzne*, Vol. 31.
- KASZOWSKI L., NIEMIROWSKI M., TRAFAS K. (1976). Problems of the dynamics of rivels channels in the Carpathian part of the Vistula basin, *Zeszyty Naukowe, Uniwersytet Jagielloński, Prace Geograficzne*, Vol. 43, pp 7-37.
- KASZOWSKI L., KRZEMIŃ K. (1977). Structure of mountain channel systems as exemplified by chosen Carpathians streams, *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica*, Vol. 11, pp 111-125.
- KASZOWSKI L., KRZEMIŃ K. (1999). Classification systems of mountain river channels. *Prace Geograficzne, Instytut Geografii, Uniwersytet Jagielloński*, Vol. 10, pp 27-40.
- KLIMEK K. (1987). Man's impact on fluvial processes in the Polish Western Carpathians, *Geografiska Annaler*, 69A, pp 221-226.
- KLIMASZEWSKI M., STARKEL L. (1972). Karpaty Polskie [In:] M. Klimaszewski (Ed.), *Geomorfologia Polski*, Vol. 1, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, pp 21-115.
- KORPAK J. (2012). Morfologia i funkcjonowanie uregulowanego koryta rzeki górskiej (na przykładzie Mszanki w Gorcach). Przykład opracowania, *Struktura koryt rzek i potoków (studium metodyczne), Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytet Jagielloński, Kraków*, pp 89-101.
- KORPAK J., KRZEMIŃ K., RADECKI-PAWLIK A. (2008). Wpływ czynników antropogenicznych na zmiany koryt cieków karpaccich, *Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich, Monografia nr 4, Polska Akademia Nauk, Kraków*, 1-88 p.
- KOŚCIELNIAK J. (2004). Influence of river training on functioning of the Biały Dunajec River channel system, *Geom. Slovaca*, Vol. 4, No.1, 2004, pp 62-67.
- KRZEMIŃ K. (1984). Współczesne zmiany modelowania koryt w Gorcach, *Zeszyty Naukowe Uniwersytet Jagielloński, Prace Geograficzne*, Vol. 59, pp 83-96.

- KRZEMIENÍ K. (1999). Structure and dynamics of the high-mountain channel of River Plima in the Ortler-Cevedale Massif (South Tirol), *Prace Geograficzne, Instytut Geografii, Uniwersytet Jagielloński*, Vol. 104, pp 41-55.
- KRZEMIENÍ K. (2003). The Czarny Dunajec River, Poland, as example of human-induced development tendencies in a mountain river channel, *Landform Analysis*, Vol. 4, pp 57-64.
- KRZEMIENÍ K. (Ed.) (2012). *Struktura koryt rzek i potoków (studium metodyczne)*. Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński, Kraków, 1-144 p.
- LACH J. (1999). Współczesne tempo erozji wgłębnej w dorzeczu górnej Wisłoki. *Interdyscyplinarność w badaniach dorzecza*, Instytut Geografii, Uniwersytet Jagielloński, Kraków, pp 219-229.
- NIEDŹWIEDŹ T., OBRĘBSKA-STARKŁOWA B. (1991). Klimat [In:] I. Dynowska, M. Maciejowski (Ed.), *Dorzecze górnej Wisły*, Vol. I, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa-Kraków: pp 68-84.
- OSZCZYPKO N. (1995). Budowa geologiczna, [In:] J. Warszńska (Ed.) *Karpaty Polskie, Przyroda, człowiek i jego działalność*, Uniwersytet Jagielloński, pp 15-22.
- PIETRZAK M. (2008). Szata roślinna i zmiany użytkowania ziemi w Karpatach, [In:] L. Starkel, Kostrzewski, A. Kotarba, K. Krzemień (Ed.), *Współczesne przemiany rzeźby Polski, Stowarzyszenie Geomorfologów Polskich*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytet Jagielloński, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania, Polska Akademia Nauk, Kraków, pp 65-69.
- STARKEL L., ŁAJCZAK A. (2008). Kształtowanie rzeźby den dolin w Karpatach (koryt i równin zalewowych) [In:] L. Starkel, A. Kostrzewski, A. Kotarba, K. Krzemień (Ed.), *Współczesne przemiany rzeźby Polski*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński, Kraków, pp 95-108.
- STRZELECKA B. (1958). Historyczna dokumentacja niektórych młodszych zmian hydrograficznych na brzegu Karpat, *Czasopismo Geograficzne* Vol. 29, 4.
- TRAFAS K. (1975). Zmiany biegu koryta Wisły na wschód od Krakowa w świetle map archiwalnych i fotointerpretacji, *Zeszyty Naukowe Uniwersytet Jagielloński, Prace Geograficzne*, Vol. 40, pp 1-85.
- WYŻGA B. (1991). Present-day downcutting of the Raba River channel (Western Carpathians, Poland) and its environmental effects, *Catena*, Vol. 18, pp 551-566.
- ZAWIEJSKA J. (2006). *Struktura i dynamika koryta Dunajca*, Rozprawa doktorska, Archiwum Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński, 1-179 p.
- ZAWIEJSKA J., KRZEMIENÍ K. (2004). Man-induced changes in the structure and dynamics of the Upper Dunajec River channel, *Geografický Časopis*, Vol. 56 (2), pp 111-124.