



Institutional Repository - Research Portal

Dépôt Institutionnel - Portail de la Recherche

researchportal.unamur.be

RESEARCH OUTPUTS / RÉSULTATS DE RECHERCHE

Evaluation de la qualité physique de la rivière coutea (bassin de jiu) par la méthode téléos

Moroanu, Gabriela; Verniers, Gisele; Zaharia, Liliana

Published in:

Romanian Journal of Geography

Publication date:

2019

Document Version

le PDF de l'éditeur

[Link to publication](#)

Citation for pulished version (HARVARD):

Moroanu, G, Verniers, G & Zaharia, L 2019, 'Evaluation de la qualité physique de la rivière coutea (bassin de jiu) par la méthode téléos', *Romanian Journal of Geography*, VOL. 63, Numéro 1, p. 83-104.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

EVALUATION DE LA QUALITÉ PHYSIQUE DE LA RIVIÈRE COȘUȘTEA (BASSIN DE JIU) PAR LA MÉTHODE TÉLÉOS

GABRIELA MOROȘANU*, GISELE VERNIERS**, LILIANA ZAHARIA***

Mots clés: habitat aquatique; la rivière Coșuștea, qualité physique de la rivière, méthode Téléos.

Assessing the physical quality of the Coșuștea River (Jiu River Basin) by the Téléos method. The assessment of the rivers' physical quality is one of the Water Framework Directive (WFD CE/ 60/2000) requirements and, as a result, there have been a number of methods developed by member-states that are tested and continually improved. Téléos (developed in 1998–1999 under the LIFE Environment WALPHY Project) is one of these methods targeted for analyzing the physical state of rivers in order to meet the demands of hosting and preserving the fish habitat and other biological components. In our study, three sectors of the Coșuștea River (SW Romania, 77 km long) were used to apply the Téléos method, in order to identify the river reaches characterized by a poor ecological and geomorphological condition that could be later restored. Descriptive elements of the Coșuștea River's morphological state, as required by WFD, make up the four Téléos indicators of aquatic habitat: heterogeneity, attractiveness, connectivity and bed stability (Téléos, 2010). The scores calculated for each sector of the Coșuștea River, as well as the general physical quality grade (QP), allowed for their inclusion in one of the five functionality classes (ranging from a good to a bad state). Two of the sectors fell into the C class (medium-quality), while in one of the sectors, the final score was D (poor quality). The analysis showed that, within the studied reaches, the Coșuștea River was found to be rather unattractive to fish, because of low heterogeneity and limited lateral and longitudinal connectivity. These weaknesses counterbalance the good overall geomorphological condition, with riverbanks seldom affected by mismanagement after morphogenetic flood events. According to the summarized results, we can conclude that the Téléos method brought a new perspective on the physical environment of the Coșuștea River. It can nevertheless represent an important phase in evaluating the physical quality of a river, in terms of its capacity to accommodate a diverse flora and fauna. Consequently, the Téléos method can serve as a decision-making tool for the management and restoration of rivers projects.

1. INTRODUCTION

L'intérêt pour l'évaluation de l'état géomorphologique des rivières a reçu une attention croissante lors des dernières années (Zaharia *et al.*, 2018). Cet objectif des gestionnaires des ressources en eau est lié à la nécessité de préserver les rivières, principalement pour rendre leurs caractéristiques aussi proches que possible de l'état naturel d'accueil d'une flore et d'une faune diverses, mais aussi pour maintenir un équilibre hydro-morphologique et assurer l'efficacité des mesures structurelles contre les inondations et en bonne relation avec les objectifs de restauration des rivières (Ovidio *et al.*, 2007; Peeters *et al.*, 2012).

À la lumière de ce contexte, l'objectif de notre travail est d'évaluer la qualité physique de la rivière Coșuștea, par la méthode Téléos (Téléos, 2010; Peeters & Verniers, 2009), utilisée notamment dans le cadre du projet LIFE Environnement WALPHY (Verniers & Peeters, 2013). L'objectif de la méthode Téléos est de répondre aux objectifs d'analyse de l'environnement physique en tant que support pour les populations de poissons, en tenant compte des différents paramètres liés à la rivière et à ses écosystèmes (Degiorgi *et al.*, 1997–1998; Peeters & Verniers, 2009; Téléos, 2004a). Le principe

* Institut de Géographie de l'Académie Roumaine, Bucarest, Roumanie, Faculté de Géographie, Université de Bucarest, Bd. Nicolae Bălcescu No.1, Bucarest, Roumanie, Université Grenoble Alpes, CNRS, IRD, Grenoble INP, IGE, F-38000 Grenoble, France, gabriela.adina.m@gmail.com.

** Université de Namur, *Unité de Recherche en Biologie Environnementale et Evolutive*, rue de Bruxelles 61, 5000 Namur, Belgique, gisele.verniers@unamur.be.

*** Faculté de Géographie, Université de Bucarest, Bd. Nicolae Bălcescu No.1, Bucarest, Roumanie, zaharialili@hotmail.com.

de la méthode est que l'évaluation de l'état de la qualité physique des rivières se fait en mesurant le degré de leur changement par rapport à un état de référence (Téléos, 2004a, 2004b, 2010). Les bénéficiaires de cette méthode sont principalement les populations de poissons des écosystèmes aquatiques développés dans les conditions hydromorphologiques des rivières suivies.

La méthode Téléos est apparue en 1999, quelques années après l'adoption par l'Agence de l'Eau Rhin – Meuse de la méthode française Qualphy (Verniers & Peeters, 2013) comme un élément essentiel dans la réalisation de l'évaluation de la qualité des cours d'eau, requise par l'Annexe 5 de la Directive-Cadre sur l'Eau (DCE 2000/60/CE). Similaire à la méthode Qualphy, mais beaucoup plus détaillée, elle conduit au calcul d'indices beaucoup plus élaborés pour l'ensemble de l'environnement physique de la rivière (sans distinguer le lit mineur, les berges et le lit majeur). Le problème résolu par l'application de cette méthode est la restauration des cours d'eau, conformément aux objectifs de la directive-cadre de l'UE sur l'eau (DCE). Ainsi, le projet pilote LIFE + WALPHY, conçu pour l'analyse morphologique des cours d'eau de la région wallonne de la Belgique, a été en mesure de déterminer la qualité de l'habitat de plusieurs cours d'eau wallons (Peeters *et al.*, 2012; Verniers & Peeters, 2013). De plus, par les 4 niveaux d'analyse qu'on va détailler plus tard, cette approche est capable de fournir des états d'art sur le caractère hétérogène et de l'attractivité biogène d'un cours d'eau à l'échelle de la station hydrométrique. Jusqu'à présent, des nombreuses rivières de la Belgique, aussi que de la France, ont fait l'objet de ce type d'évaluation du fonctionnement hydro-systémique pour les populations de poissons: l'Eau Blanche, l'Orain, la Valbois, le Merlue, ou la Loue (Téléos, 2002, 2006; Périat, 2007, Peeters *et al.*, 2013; Eaux Continentales, 2010). Par une combinaison de paramètres hydrologiques, géomorphologiques et biologiques pour l'évaluation des trois composants principales de l'habitat aquatique (la hauteur d'eau, la vitesse, et le couple substrat/support), la méthode Téléos a ainsi contribué au suivi écologique des rivières et au diagnostic de l'habitat piscicole (Peeters *et al.*, 2012; Téléos, 2004a, 2004b). Lors de son application, la méthode Téléos a orienté les projets de restauration expérimentale de plusieurs rivières de taille moyenne du bassin de la Meuse en Wallonie (Téléos, 2006; Ovidio *et al.*, 2007; Peeters *et al.*, 2012; Verniers & Peeters, 2013). La restauration hydro-morphologique et la création de conditions favorables aux habitats aquatiques ont suivi deux axes: a) réhabilitation de la continuité transversale (reconnexion des tronçons fonctionnels d'une rivière, reconstruction des méandres, diversité des habitats); et b) assurance de la continuité longitudinale (permettant une libre circulation à travers les échelles à poissons).

En Roumanie, avec l'entrée dans l'Union européenne, les méthodes d'évaluation hydro-morphologique ont commencé à susciter l'intérêt de la part des hydrologues et des gestionnaires des ressources en eau. Au cours de la dernière décennie, on reconnaît un élan institutionnel pour comprendre la nécessité de diagnostiquer la qualité physique, chimique et biologique des rivières, compte tenu de la prise de conscience accrue pour la protection des espèces de poissons et pour le maintien de leurs habitats fonctionnels. L'application des méthodes déjà existantes d'évaluation des composantes fluviales, mais aussi le progrès dans la création de nouvelles méthodologies adaptées aux caractéristiques hydrologiques et aux besoins de conservation locales ont été pris en charge en Roumanie par l'Administration Nationale de la Gestion de l'Eau (ANAR) et par l'Institut d'Hydrologie et de la Gestion de l'Eau (INHGA). Jusqu'à présent, il y a déjà un nombre de méthodologies nouvellement conçues pour l'évaluation hydro-morphologique, issues au cours des deux cycles des plans de gestion des districts hydrographiques (11 au total en Roumanie, gérées par les administrations territoriales de la gestion de l'eau, subordonnées à ANAR).

La première phase de la conception de la méthodologie d'évaluation hydromorphologique roumaine (ou HYMO_RO) a été présentée dans le premier plan de gestion du bassin hydrographique roumain (RBMPS I), sans tenir compte des exigences spécifiques de la DCE concernant l'évaluation des éléments hydromorphologiques énumérés dans l'annexe V. Dans la deuxième phase d'élaboration du plan de gestion des bassins hydrographiques roumains (RBMPS II), la version actuelle du HYMO_RO a évolué en tenant compte des données de surveillance existantes des paramètres hydromorphologiques des masses d'eau fluviales, tout en prenant compte des pressions hydromorphologiques identifiées dans le

RBMP I (Moldoveanu *et al.*, 2015; Gălie *et al.*, 2017; Zaharia *et al.*, 2018). En parallèle, sur la base d'indicateurs pertinents pour les trois groupes de caractéristiques (pressions anthropiques, changements de chenaux et fonctionnalité fluviale), un indice de priorité de restauration hydromorphologique (HRPI) a été conçu (Ioana – Toroimac *et al.*, 2017). En ce qui concerne la qualité physique de la rivière Coșuștea, elle a été évaluée simultanément par les méthode Téléos et Qualphy, cette dernière développée par l'Agence de Gestion des Eaux du Rhin-Meuse en 1992 (Moroșanu *et al.*, 2017).

Par rapport à d'autres pays ayant une longue et diversifiée tradition dans l'activité de surveillance hydro-morphologique, comme la France, la Belgique, l'Italie ou l'Allemagne, les méthodologies roumaines permettent d'obtenir une image complète de l'habitat des rivières, en particulier aux interventions faites par l'homme (Gălie *et al.*, 2014; Gălie *et al.*, 2017; Ioana – Toroimac *et al.*, 2015; Ioana – Toroimac *et al.*, 2017). Cependant pour l'instant, outre les différences évidentes concernant les paramètres utilisés, les données et l'échelle d'analyse qui devraient être spécifiques à chaque pays, peu de critères ont été consacrés à l'évaluation directe des cours d'eau pour les populations de poissons (Zaharia *et al.*, 2018). C'est la raison pour laquelle nous considérons que l'application d'une telle méthode comme Téléos, orientée vers la diagnose de l'habitat des poissons, est une nouveauté en Roumanie et elle devrait être transférée à d'autres rivières que Coșuștea, comme c'est le cas des cours d'eau touchés par une forte intervention humaine, les aménagements contre les crues ou bien les ouvrages hydrauliques.

2. MÉTHODOLOGIE

2.1. Base de données utilisées

La mise en œuvre du protocole Téléos a comporté quatre étapes: **a)** l'encadrement de la rivière ou d'un secteur de la rivière dans une typologie; **b)** la sectorisation de la rivière; **c)** l'effectuation des observations et des mesurages sur le terrain; et **d)** le calcul d'un indice synthétique de la qualité physique de la rivière.

Afin de choisir les secteurs d'analyse, une évaluation préalable des caractéristiques géologiques, géomorphologiques, pédologiques et des catégories d'utilisation des terres le long de la rivière Coșuștea a été faite. Les photographies aériennes, les cartes et les sources bibliographiques utilisées sont présentées dans le Tableau 1.

Tableau 1

Le fond de données utilisées

| Matériaux cartographiques ou Raster | Matériaux bibliographiques | Données numériques ou vectoriel |
|--|--|---|
| La carte topographique de la Roumanie à l'échelle 1:25.000 (Service Militaire Roumain, 1982) | Thèses doctorat et rapports de stage | Séries de données de précipitation (l'Administration Nationale de Météorologie) |
| La carte géologique de la Roumanie à l'échelle 1:200.000, format vectoriel (www.geo-spatial.org) | | |
| La carte du réseau hydrographique de la Roumanie, en format vecteur, corrigée au linéaire actuel des rivières à l'aide des images aériennes 2012 | Monographies hydrologiques | Séries de débit (Administration du Bassin de la rivière Jiu et les annuaires d'hydrologie) |
| La carte des sols de Roumanie à l'échelle 1:100.000, format vectoriel (www.geo-spatial.org) | Articles de spécialité, traités | |
| Plans topographiques, planches Corcova, Șișești, Nadanova (source: ANCP) à échelle 1: 5000 | Rapports de suivi de la méthode appliquée aux rivières de Wallonie | Modèle numérique du terrain (EU-DEM – 25 m) |
| Images aériennes de la zone d'étude (Google Earth), années 2005, 2012 et 2014 | | Les couches vectorielles sur la couverture et l'utilisation du terrain (<i>Corine Land Cover</i> , 2012) |

La base de données cartographiques (cartes en format Raster) a eu un double rôle: 1) avant d'appliquer la méthode Téléos, pour le découpage des secteurs d'analyse et 2) lors de la mise en œuvre de la méthode, afin d'évaluer *in situ* les différentes caractéristiques qualitatives de l'environnement physique de la rivière Coşuştea.

A partir des données numériques (i.e. le modèle d'élévation du terrain), conjointement avec les cartes et plans topographiques utilisés pour la numérisation des courbes de niveau, il a été possible de calculer une série de paramètres morphométriques et de délimiter l'axe fluviale des trois secteurs analysés.

Finalement, des informations contenues dans les cartes et les esquisses illustrant la morphologie et la végétation actuelles ont été aussi extraites des bases de données de type vecteur thématiques, rassemblées à travers la vectorisation manuelle des cartes topographiques, hydrologiques, géologiques, des sols, l'utilisation des terres, ou des unités de relief (la ligne de partage des eaux, le réseau hydrographique, la limite des bassins versants avoisinants, la distribution des unités de relief au sein du bassin etc.).

2.2. Considérations générales sur les méthodes employées

Le choix de méthodes de recherche dans la présente étude a varié selon chaque phase d'implémentation de la méthode. La méthode Téléos, par son caractère de frontière entre la géomorphologie fluviale et l'écologie, voir l'ichtyologie, se décompose en différentes étapes de travail, chacune avec ses méthodes adéquates: l'*étape de bureau*, l'*étape de terrain*, l'*étape de laboratoire* (ou, dans le cas de la présente étude, l'*étape géo-spatiale*). Ainsi, comme on va voir, le travail sur le terrain et ensuite les analyses cartographiques ont fait appel aux méthodes issues surtout de la géomorphologie fluviale, regardée par des nombreux auteurs comme une discipline de synthèse, avec des racines dans la géologie, la géographie, l'hydrologie, l'hydraulique, l'écologie, la biologie et la chimie (Goudie, 1990; Smith, 1993).

L'étape de terrain a été le cœur de l'étude du point de vue des méthodes particulières employées, dont on rappelle quelques-unes:

- (i) *les méthodes pré-terrain* ("Pre-field methods") (Kondolf & Piegay, 2003), qui ont compris les opérations par lesquelles on détermine l'itinéraire, on réalise l'inventaire des instruments de mesure, on fait le découpage des secteurs d'analyse et prépare les cartes d'orientation pour ensuite établir les tronçons d'observation et mesurage, on calcule le temps à consacrer pour chaque activité pratique;
- (ii) *les méthodes de terrain* incluent toute approche pratique pour mesurer, interpréter et observer les éléments de géomorphologie fluviale et d'écologie de la rivière vissée. Ces méthodes ont été appliquées en mai 2015. Dans ces secteurs, nous avons employé toute une série d'instruments de terrain: roulette pour mesurer les distances, la longueur, la largeur et la profondeur, des cartes pour s'orienter et pour marquer les points de repère dans les secteurs analysés, des flotteurs pour déterminer la vitesse du courant d'eau, la camera pour photographier les éléments de végétation, la conformation des berges et d'autres caractéristiques du lit de la rivière (modalités d'aménagement et phénomènes fluviaux etc.), les fiches de terrain Téléos, l'agenda. Nous précisons le fait que nous n'avons pas prélevé des échantillons *in situ*.
- (iii) *les méthodes après le terrain* ("Post-field methods") (Kondolf & Piegay, 2003), qui comprennent le traitement, la création d'une hiérarchie, la définition des priorités et l'analyse des données et des informations identifiées suite aux mesurages et aux observations de terrain.

En dehors de la recherche de terrain, l'étude bibliographique et le traitement proprement-dit des informations rassemblées dans les étapes pratiques ont nécessité une approche fondée sur les théories et des techniques d'analyse hydro-morphologique, afin de souligner les meilleures connexions entre les concepts des deux disciplines principales employés (i.e. l'intégration de la notion du faciès d'écoulement dans le double contexte géomorphologique avec des implications écologiques).

Il va de soi qu'une investigation holistique de la qualité physique d'une rivière implique une perspective multidisciplinaire et certainement des interactions avec d'autres sciences parce que, dans son histoire, la géomorphologie fluviale a apporté elle-même un nombre assez réduit de nouvelles théories et hypothèses (Goudie, 1990; Smith, 1993). Si unes des approches sont spécifiques à l'hydro-morphologie (celles visant strictement les techniques d'analyse du lit et des processus fluviaux), la majorité des méthodes ont été empruntées d'autres disciplines connexes. Par exemple, la statistique et les opérations algébriques utilisées pour calculer les valeurs des différents paramètres dans les fiches de terrain sont du ressort de la mathématique, les méthodes d'identification des types de végétation de la rivière concernent plutôt la biologie et l'écologie, tandis que l'observation, la synthèse et la comparaison sont des méthodes utilisées fréquemment dans toutes les sciences (Dackombe & Gardiner, 1983; Kondolf & Piegay, 2003).

2.3. Choix des secteurs d'analyse

Lors de l'application de la méthode Téléos, une étape cruciale consiste à définir l'échelle spatiale à utiliser. La méthode Téléos privilégie les échelles représentatives du tronçon fonctionnel, de la station hydrométrique et du faciès, en sanctionnant les variations de différentes caractéristiques géologiques, hydrauliques, géomorphologiques et d'utilisation des sols, dont la qualité détermine les capacités biogènes de la rivière (Agence de l'eau Rhin Meuse, 2000). La méthode Téléos requiert également une analyse complexe des paramètres morphologiques des rivières pour déterminer la qualité de leurs habitats (caches, frayères et supports de pont, source de nourriture, etc.). Pour y arriver, il est nécessaire qu'une structure intégrative soit appliquée en plusieurs étapes afin d'évaluer l'état de la qualité physique des cours d'eau en mesurant leur degré d'altération par rapport à un état de référence (Verniers & Peeters, 2013).

A priori, pour le choix des secteurs et des échelles d'analyse, les caractéristiques géographiques de la zone d'étude démêlent l'importance de tout l'ensemble de facteurs naturels et anthropiques qui pourraient exercer des pressions sur l'habitat aquatique ou, par contre, le rendre plus attractive. La rivière Coșuștea draine, sur une longueur de 77 km, un bassin versant d'environ 450 km² dans le sud-ouest de la Roumanie, dans une région prédominante vallonnée et de montagnes de moyennes altitudes (Fig. 1).

Les caractéristiques hydrologiques de la station hydrométrique principale du secteur aval, Corcova, sont les suivantes: un débit moyen de 2,62 m³·s⁻¹ et une concentration moyenne de sédiments en suspension de 1,7 kg s⁻¹ (Moroșanu, 2016). Par rapport au fleuve Danube, le bassin versant de la rivière Coșuștea est considéré comme l'affluent occidental majeur de la rivière Motru, qui est à son tour un affluent du deuxième ordre du Danube, à travers le système de la rivière Jiu (Savin, 2008). Le relief et, par conséquent, la typologie des cours d'eau correspond aux caractéristiques imposées par les deux unités morphologiques sur lesquelles s'étend le bassin de la rivière Coșuștea. Dans les deux tiers du bassin en aval, c'est le domaine des Collines de Coșuștea, sous-unité occidentale du Piedmont Gétique, creusée dans les roches sédimentaires. Dans ce secteur, la rivière Coșuștea a subi ici et là des interventions anthropiques face à des phénomènes hydrologiques extrêmes, assez habituels dans cette partie du bassin (Moroșanu, 2015a; Șchiopoiu, 1982). Le tiers amont du bassin de la rivière Coșuștea est dominé par le Plateau et les Montagnes de Mehedinți, des unités karstiques des Carpates, avec des altitudes qui dépassent parfois 1000 m (Badea & Niculescu, 2001; Badea & Sandu, 2010; Moroșanu,

2015a). Dans cette unité prennent leurs sources la rivière Coşuştea et ses affluents nés des exurgences karstiques, formant des vallées qui ont conservé leur conformation naturelle et, par conséquent, présentent un risque plus faible pour les inondations (Moroşanu, 2015b).

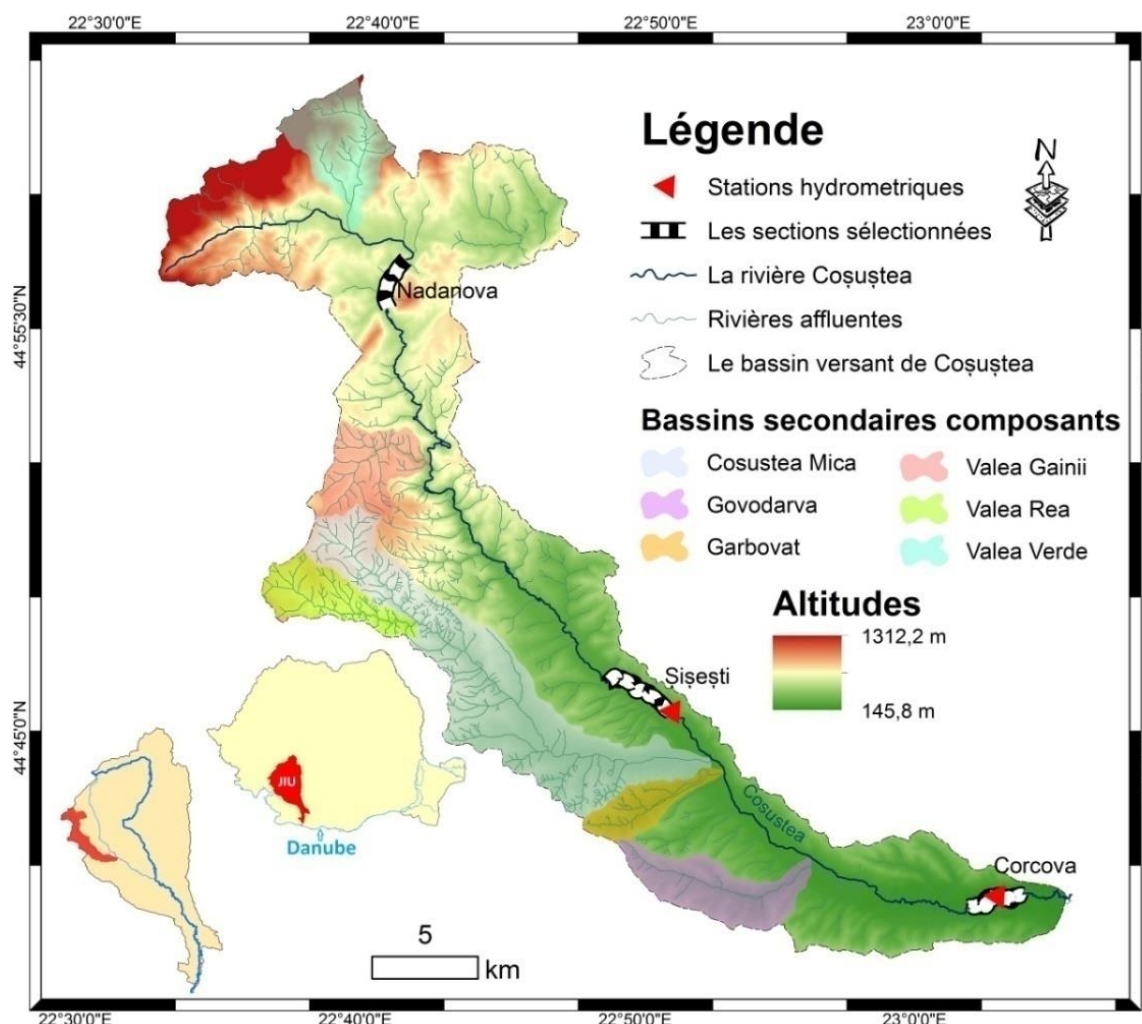


Fig. 1 – La carte du bassin de la rivière Coşuştea et la localisation des trois secteurs analysés.

Tout en gardant à l'esprit ces caractéristiques générales du bassin de la rivière Coşuştea, le choix des secteurs d'analyse s'est appuyé sur deux sources d'information. La première est issue de la compilation d'études scientifiques dans la problématique de l'évaluation hydro-morphologique et biogénique des rivières et du retour d'expérience acquis (Peeters *et al.*, 2012; Agence de l'eau Rhin Meuse, 2000; TELEOS, 2004b; Périat, 2007). Selon Verniers et Peters (2013), le choix des secteurs d'évaluation de la qualité physique d'une rivière est une opération délicate, car ils doivent être représentatifs du bassin et homogènes. Par homogénéité, Verniers *et al.* (2009) comprennent la classification de ce secteur ou d'un segment dans une typologie de classe du point de vue du régime hydrologique, de la géologie qui joue sur la quantité et l'origine des sédiments transités, de la morphologie du lit, des types de sols et de l'utilisation des terrains, ainsi que du fonctionnement du cours d'eau naturellement ou en régime aménagé.

Au carrefour des différentes caractéristiques locales spécifiques au secteur de rivière en cause, on constate que la deuxième source d'information (e.g. les cartes topographiques et les photographies aériennes) devient de plus en plus intéressante. Par suite, l'encadrement dans la typologie est intervenu à deux niveaux: la phase de segmentation des secteurs et celle de détermination du poids occupé par les variables utilisées pour le calcul des indices de qualité des rivières pour des tronçons représentatifs.

Ainsi, le choix des trois secteurs d'analyse a été réalisé en suivant l'approche standard précédant la mise en œuvre des méthodes Téléos et Qualphy, comme décrite par Peeters *et al.* (2013). L'implémentation de la méthode Téléos commence par l'établissement des secteurs de référence qui seront ensuite visités sur le terrain et évalués.

La longueur des secteurs a été suffisamment grande pour inclure toute l'hétérogénéité spatiale (par exemple des secteurs de quelques km), ou variable et réduite en fonction de l'extension des éléments d'intérêt (plusieurs centaines de mètres).

Dans notre étude, la rivière Coșuștea a été analysée dans trois secteurs d'observation de 2 à 4 km, pour effectivement mesurer ensuite dans le cadre de chacun les paramètres écologiques et hydro-morphologiques sur trois petits tronçons de 100–300 m de longueur.

- a. Secteur aval, station hydrométrique de référence **Corcova**: 3,8 km longueur, 2 km distance de la confluence avec l'émissaire, la rivière Motru;
- b. Secteur moyen, station hydrométrique **Șișești**: 4 km longueur, environ 17,5 km distance du premier secteur (Corcova);
- c. Secteur amont, station de monitoring de la qualité de l'eau à **Nadanova**: 2,7 km longueur, environ 21,6 km distance du secteur intermédiaire (Șișești).

Dans l'analyse physico-géographique des trois secteurs retenus, la délimitation des composantes alluviales (talweg, plaine alluviale) a joué un rôle primordial pour les observations et les mesurages de la morphologie fluviale (longueur axiale, largeur et profondeur du lit, etc.), comme on va voir plus en détail dans le sous-chapitre suivant. Ainsi, il a été nécessaire de délimiter sur les plans topographiques 1: 5000 (ANCPI – Agence Nationale du Cadastre et Publicité Immobilière) le lit mineur et la limite de la plaine alluviale des trois secteurs analysés (Fig. 2a – Corcova; b – Șișești et c – Nadanova), à partir de l'axe alluvial, définie comme la ligne d'égale distance dans tous ses points entre les limites de la plaine alluviale ou de la prairie (Rabotin, 2005). Selon la technique décrite par Rabotin, on a procédé à la numérisation de l'axe alluvial en milieu SIG (avec l'aide du logiciel ArcGIS), en réalisant les actions présentées ci-dessous dans la Figure 2, et on prend l'exemple du secteur Șișești pour illustrer les étapes d'analyse.

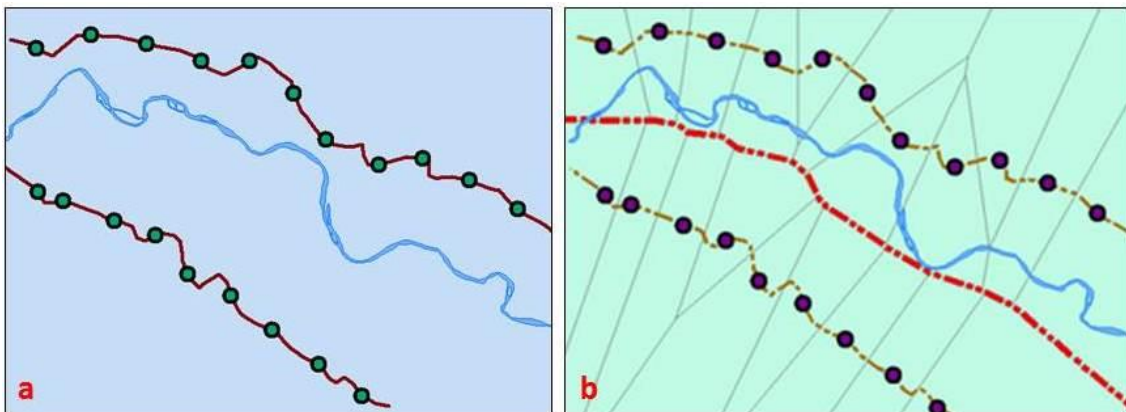


Fig. 2 – Les étapes suivies pour la délimitation de l'axe fluvial dans l'environnement SIG. Exemple du secteur Șișești:
a. – la création des polygones de la plaine alluviale; b. – la délimitation de l'axe de l'écoulement suivant l'intersection des polygones Thiessen.

Premièrement, deux polygones en bordure de la prairie sont créés dans l'environnement SIG (Fig. 2a). Ceux-ci sont fusionnés pour créer un réseau de points équidistants (20 segments de même longueur). Ensuite, les polygones de Thiessen, et, dans une dernière étape, nous procédons à la numérisation de l'axe alluvial qui va créer une nouvelle classe d'entités poly-lignes et sera vectorisé dans une nouvelle session d'édition d'axes alluviaux, suivant la succession de segments (polygones de Thiessen) situés au milieu du lit majeur (Fig. 2b).

En définitif, l'axe alluvial s'avérera important dans le calcul de l'indice Téléos, à côté des autres caractéristiques physico-géographiques des trois secteurs.

Dans le domaine de la couverture du terrain, les sols sont un élément assez important qu'on peut discuter du point de vue de son impact sur l'environnement aquatique. Les particularités pédologiques des secteurs sélectionnés sont un élément de soutien incontournable pour l'environnement de support des populations de poissons. Pour mentionner, les gleysols et les fluvisols peuvent être trouvés sur différentes longueurs dans tous les trois secteurs sélectionnés (en particulier sur des bandes plus larges le long du secteur Corcova). Ceux-ci présentent une texture variée, ce qui peut se constituer en facteur de diversification des conditions de l'habitat pour la population des poissons.

Les luvisols (facilement à éroder) sont également présents dans les trois secteurs, mais surtout sur la rive droite du secteur Şişeşti et dans la partie nord-est du secteur Nadanova. Les cambisols accompagnent presque entièrement la rive droite du secteur Şişeşti. Dans le secteur Nadanova, les sols appartiennent principalement au type cambisol rougeâtre (en raison de l'influence pédoclimatique méditerranéenne). Dans cet endroit, la texture est argileuse et limoneuse et la présence du lithosol est expliquée par l'altitude et la variété de la zone géologique dans les contreforts du Plateau karstique de Mehedinţi. Vers le sud, le long du secteur de Corcova, la texture est légèrement celle du sol limoneux – sableux, étant capable d'offrir un potentiel d'accueil des insectes et de la faune aquatique pendant la période de ponte, grâce à la propriété de porosité du sol.

La cartographie géologique, géomorphologique et pédologique des trois secteurs (Fig. 3) a ensuite servi de référentiel pour leur découpage en tronçons d'application de la méthodologie Téléos sur le terrain.

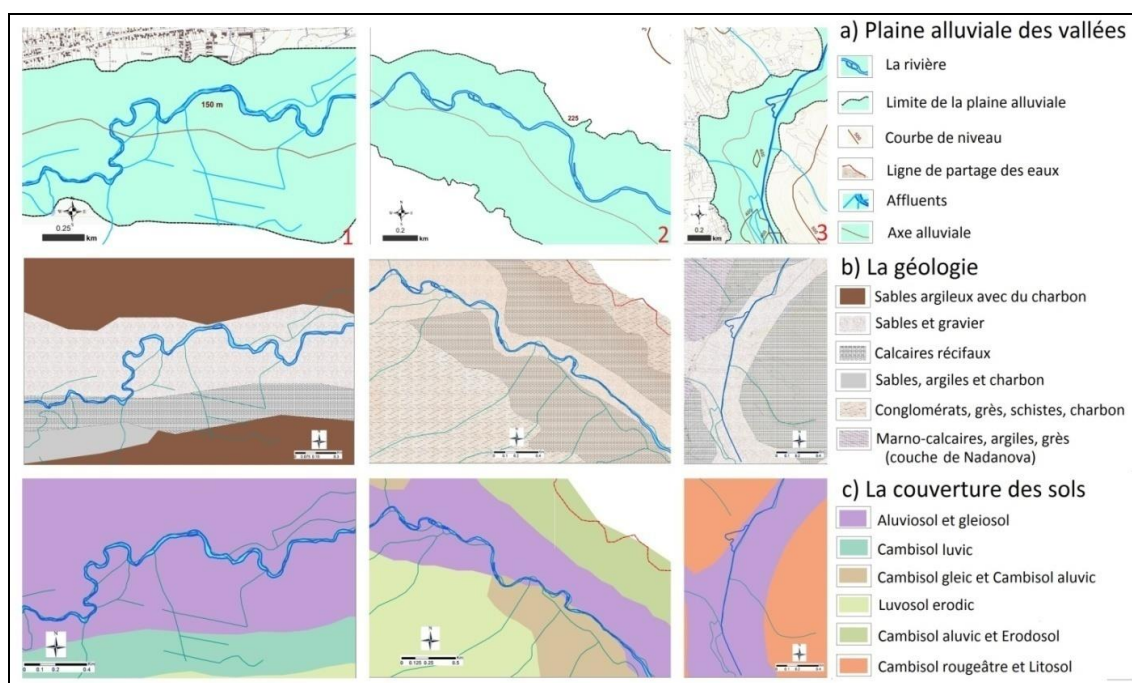


Fig. 3 – Caractéristiques physico-géographiques des secteurs choisis: a) la plaine alluviale (morphométrie des vallées); b) la géologie; c) la couverture des sols. Noms des secteurs: 1 – Corcova; 2 – Sisesti; 3 – Nadanova.

Le découpage du linéaire des secteurs de la rivière en tronçons a été fait conformément à la position des stations hydrologiques (Corcova et Șișești) et des sections de monitoring de la qualité de l'eau (Nadanova), mais aussi selon les critères d'homogénéité géomorphologique et anthropique (Peeters & Verniers, 2009). Les tronçons sont localisés dans les secteurs inférieur, moyen et supérieur de la rivière Coșuștea: a) *Nadanova* (270 m de longueur, localisé à 42 km en amont de l'embouchure avec la rivière Motru); b) *Șișești* (210 m de longueur, situé à 19,5 km en amont); et c) *Corcova* (170,7 m de longueur, situé à 2 km en amont). Le tableau ci-dessus montre les principales caractéristiques des trois secteurs d'analyse.

Tableau 2

Les tronçons de rivière dans les 3 tronçons avec leurs principales caractéristiques morphométriques

| <i>Nom du tronçon</i> | Corcova | Șișești | Nadanova |
|---|--|---|---|
| <i>Altitude moyenne (m)</i> | 154 | 204,2 | 401 |
| <i>Longueur (m)</i> | 170 | 210 | 270 |
| <i>Largeur du lit pendant les eaux moyennes (m)</i> | 19,2 | 12,4 | 6,6 |
| <i>Largeur du lit pendant les crues (m)</i> | 25,3 | 25 | 10,7 |
| Nature du lit | | | |
| <i>Type de granulométrie</i> | Dominant – sable Secondaire – gravier et limon | Dominant – gravier Secondaire – galets et sable | Dominant – sable Secondaire – gravier et limon |

Il est important de noter que le lit du secteur aval de la rivière Coșuștea (Corcova), formé sur un substrat couche limoneux – argileux, est fréquemment soumis à des processus mixtes d'accumulation, d'érosion, ainsi qu'à la formation des coudes de rivière et méandres, tandis que dans la partie amont (le long de la rivière Coșuștea est de ses affluents provenant du Plateau Mehedinți et du Massif Domogled), le calcaire est responsable du phénomène d'infiltration souterraine de l'eau à travers les submergées et les fissures karstiques (Badea & Niculescu, 2001; Savin, 2008; Badea & Sandu, 2010).

Les caractéristiques morphométriques des trois tronçons sont en sorte différentes. En ce qui concerne la déclivité (Fig. 3), il est évident que les secteurs diffèrent, mais leurs déclivités sont caractéristiques de la morphométrie des trois parties du bassin hydrographique.

Les pentes varient de 0 à 10 degrés (district de Corcova) de 7 à 20 degrés (Șișești), atteignant à Nadanova une valeur de plus de 20 degrés, et même 30 degrés près de la prairie.

2.4. Précisions générales sur le milieu physique d'une rivière dans la perspective de la méthode Téléos

Beaucoup plus étendue en termes d'informations interdisciplinaires que d'autres méthodes de caractérisation du milieu aquatique en vue de la restauration pour la population piscicole, la méthode Téléos englobe dans l'environnement physique d'une rivière une somme de facteurs locaux: morphologiques, hydrologiques et hydrauliques, dont l'interaction conduit à la délimitation des meilleurs tronçons le long d'une rivière pour soutenir la végétation et la faune aquatique (Fig. 4 – haut). La préférence de la méthode Téléos pour l'analyse de l'environnement physique des rivières en tant que support des écosystèmes piscicoles est conçue comme un outil d'aide à la décision pour la gestion de l'eau et la restauration des cours d'eau.

Similaire dans ce cas-ci à la méthode Qualphy, le degré d'altération des écosystèmes fluviaux peut être mesuré par les indicateurs de Téléos en utilisant le principe des secteurs de référence des rivières. Les mesures et les observations effectuées sont à la fois quantitatives et qualitatives. Les niveaux intermédiaires semi-quantitatifs sont repérés sur des échelles empiriques. Le principe sous-

tendant la méthodologie Téléos est de fixer une section homogène pour établir ensuite une séquence des faciès (Verniers *et al.*, 2009), définie comme une partie le long d'un secteur caractérisé par les vitesses de courant, les profondeurs et les largeurs d'eau encadrées à l'intérieur de certains intervalles de référence. En l'occurrence, le calcul des indicateurs et des sous-indicateurs Téléos est essentiellement composé des paramètres quantitatifs dont la variation spatiale sur la longueur des secteurs et des tronçons d'analyse résulte des mesurages sur le terrain pour la plupart du temps. Ainsi, pour caractériser la capacité biogène de chacun de ces tronçons, la grille de notation a été conçue par des techniciens pour évaluer quatre types de descripteurs de la qualité physique des rivières (Fig. 4 – bas): hétérogénéité, attractivité, connectivité, stabilité (Verniers, 2014), qu'on verra détaillés dans la partie de résultats et discussions. Enfin, tous les éléments favorables et défavorables de ces quatre composantes fondamentales de l'environnement physique sont quantifiés et présentés à travers des scores synthétiques et ensuite intégrés dans le score final de la qualité physique de la rivière Coşuştea.

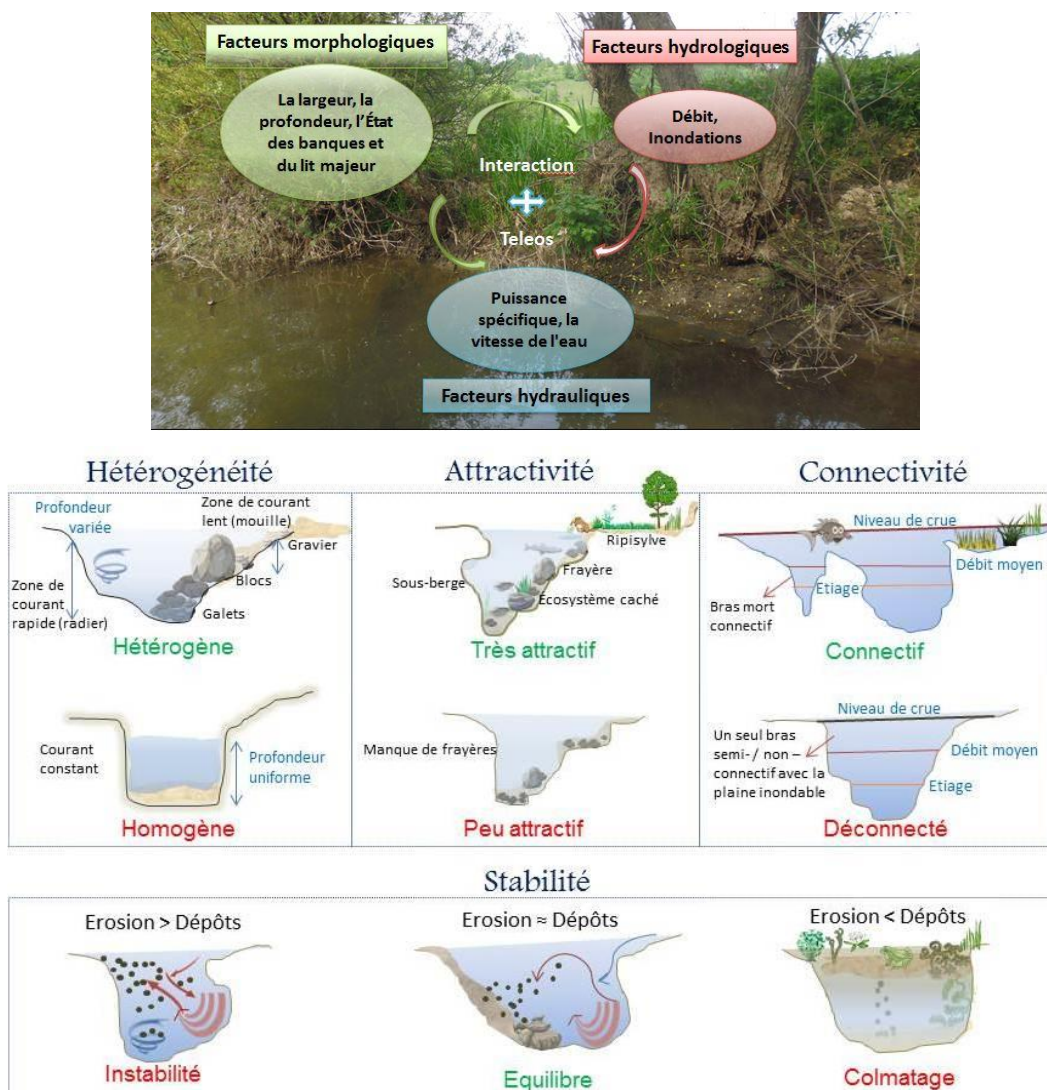


Fig. 4 – La représentation du concept de « l'environnement physique des rivières » (4 – haut) et les 4 sous-indicateurs TELEOS (4 – bas). Adaptation selon Téléos (2006) et Verniers (2014).

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le diagnostic de l'habitat aquatique a été réalisé en suivant l'approche standard mise au point par la DR 5 du CSP, puis finalisée par TELEOS en 1999. Dans le chapitre §2.3, on a justifié la représentativité des trois compartiments du bassin de la rivière Coșuștea: le secteur supérieur (Nadanova), le secteur moyen (Șișești) et le secteur inférieur (Corcova). Bien que pour certains éléments du protocole Téléos, la formulation d'une réponse basée sur les caractéristiques générales des secteurs soit suffisante, pour la grande majorité des étapes d'évaluation de la qualité physique, on a dû adapter la segmentation à l'échelle d'une section homogène du point de vue morphologique. Par conséquent, l'évaluation de la qualité physique de la rivière Coșuștea a été réalisée en intégrant les analyses à l'échelle des secteurs et des tronçons.

L'évaluation de l'état physique des trois sections s'appuie à la fois sur le suivi hydromorphologique, sur l'analyse des caractéristiques du sol et de l'utilisation des terres, acquises lors de l'étape de sectorisation, et sur les mesurages et les observations *in situ*, conformément au protocole Téléos, que nous allons détailler en ce qui suit. Pour une juste appréciation de l'état physique de la rivière, l'indicateur de qualité final Téléos est composé de 4 sous-indicateurs permettant d'évaluer la qualité d'un environnement fluvial en termes de son potentiel pour fournir un bon habitat pour les plantes et les animaux aquatiques: hétérogénéité, attractivité, connectivité, stabilité (Téléos, 2010). Ceux-ci seront définis et expliqués dans le contexte des trois tronçons au fur et à mesure que nous avancerons dans l'analyse des métriques et des descripteurs inclus dans la fiche d'observation Téléos. Afin de surprendre la phase de développement de la végétation herbacée du bord de la rivière et pour éviter les hautes eaux de début juin, ou les conséquences hydrologiques des pluies torrentielles alternant avec des périodes de sécheresse en juillet – août, les mesurages et les observations *in situ* ont été faites en mai, durant l'écoulement à régime moyen (Degiorgi *et al.*, 2002).

La première partie du protocole Téléos, ou la “*Carte Microhabitat*”, porte sur la géométrie du lit, la nature du substrat en termes de granulométrie et de sa lithologie, ainsi que sur les types de faciès hydraulique. La connaissance de la géométrie du lit est cruciale pour estimer l'espace disponible pour les différents processus biologiques et hydromorphologiques. Cela concerne en particulier la longueur du linéaire et les paramètres de forme du lit qui déterminent la variation de la vitesse de l'eau (longueur, largeur, profondeur). La nature du substrat joue également un rôle déterminant en permettant des activités biologiques spécifiques à l'accouplement, à la reproduction et à l'alimentation des espèces de poissons et d'invertébrés (Agence de l'Eau Rhin Meuse, 2000). La mesure de la vitesse d'eau s'est faite à l'aide des flotteurs en bois sur des distances de 100 m, les mesurages métriques en long et en travers des tronçons de la rivière ont été effectués en utilisant une roulette de 50 m de long et les observations du substrat lithologique ont été obtenues par l'analyse *in situ* des granulats. Ainsi, le Tableau 3 et la Figure 5 illustrent les caractéristiques de forme de de substrat des tronçons.

Tableau 3

Les tronçons de rivière dans les 3 secteurs avec leurs principales caractéristiques morphométriques

| Longueur axiale (m) des tronçons | | Largeur du lit mouillé (m) | | Largeur du lit mineur (m) | | Profondeur (cm) | | Vitesse (m/s) | | Nature du substrat | |
|----------------------------------|-----|----------------------------|------|---------------------------|------|-----------------|-----|---------------|------|--------------------|------------|
| | | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Dominant | Secondaire |
| Corcova | 158 | 11,4 | 24,7 | 15 | 47 | 10,7 | 47 | 0,06 | 0,60 | SAB | GRA |
| Șișești | 207 | 12,4 | 17,5 | 25 | 30 | 20 | 73 | 0 | 0,59 | GRA | GAL |
| Nadanova | 264 | 5 | 6,8 | 10,9 | 12,5 | 18 | 77 | 0,17 | 0,45 | SAB | GRA |

*Code des substrats (Téléos, 2002): SAB – sableux (diamètre des grains de de 0,2 à 2 mm); GRA – graviers mobiles, non-colmatés (taille du caillou de 0,2 à 2 cm, anfractuosités d'ordre millimétrique); GAL – galets mobiles, non-pavés (taille de 2 à 20 cm, anfractuosités d'ordre centimétrique).



Fig. 5 – Les types de substrat: a) Tronçon de Corcova, avec un substrat prédominant sableux; b) Tronçon de Şişeşti, avec un substrat prédominant de graviers; c) Tronçon de Nădănova, substrat mixte sableux et de graviers.

Parmi l'ensemble des paramètres inclus dans la première partie de la fiche Téléos, le plus complexe, englobant des différents descriptifs de l'écoulement, est le faciès de l'écoulement, qui se traduirait comme une séquence constituée de deux ou plusieurs types de comportements hydrauliques, définis par la vitesse du courant en fonction de la profondeur et largeur du lit qui lui correspondent (Peeters et Verniers, 2009). Dans les trois tronçons, des différents faciès ont été identifiés, voire davantage dans un seul tronçon, permettant à la rivière de s'écouler à des vitesses différentes et de former des cordons sableux qui rendent possible la diversification de la végétation et de l'habitat pour les espèces aquatiques. Les faciès d'écoulement qui ont été trouvés synthétisent ainsi la variation des quatre descripteurs hydrauliques pouvant être obtenus à partir des mesurages susmentionnés (indicateurs de forme et du substrat): la pente, le débit, la largeur et la rugosité du lit (Malavoi et Souchon, 2002). Le dernier est dicté par la nature du substrat, mais il peut aussi changer au long de la même séquence lithologique en présence des obstacles d'écoulement, des incisions du lit ou lorsqu'une partie du tronçon a été artificialisée (Peeters et Verniers, 2013). Au long des trois tronçons d'étude, trois types de faciès ont été identifiés, également utilisés dans l'approche Qualphy (Moroşanu *et al.*, 2017): chenal lotique (LOT), radier (RAD) et zone lenticule avec des mouilles (MOU). La succession des faciès est illustrée sur la Fig. 6.



Fig. 6 – La succession des faciès sur les trois tronçons. Les images proviennent de Google Earth (2017) et ne correspondent plus à la situation au moment de l'enquête de terrain (2015).

A la base des types et du nombre de séquences de faciès (dominant et secondaire), un score de diversité des faciès est calculé (dont le maximum peut aller jusqu'à 1), en tenant compte aussi de la longueur du linéaire des tronçons sur laquelle l'alternance des faciès se produit (Tableau 4).

Tableau 4

La diversité de faciès

| | Séquence de faciès | Nombre de faciès | Proportion des faciès | Diversité des faciès |
|-----------------|--------------------|------------------|--------------------------------|----------------------|
| Corcova | 1 | 2 | MOU (<20 %) LOT (>50 %) | 0,51 |
| Șișești | 2 | 3 | RAD (>50 %) LOT (10 – 50 %) | 0,77 |
| Nadanova | 2 | 2 | RAD (10 – 50 %) LOT (>50 %) | 0,51 |

**Descriptif des faciès trouvés (Verniers, 2014; Malavoi et Souchon, 2002): Zone lotique (150 à 100 >v_{max}>20 à 10 cm/s) avec deux types de faciès bien présents dans les tronçons étudiés, le chenal lotique (LOT), le radier (RAD) et la Zone lenticule (20 à 10 cm/s >v_{max}), représentée dans le secteur de Corcova par le type de faciès mouillée (MOU). Pour le référentiel complet des variations des vitesses du courant en fonction des profondeurs, voir le Protocole Tronçons Téléos.*

Il convient de noter que l'appréciation de la proportion de chaque type de faciès repose sur le degré de connaissance de terrain et sur les consultations ultérieures des photos des sites et non sur une mesure efficace de la taille de chaque séquence, qui aurait été plus difficile à réaliser *in situ* dans le cas des sous-sections des faciès géomorphologiquement instables. Ceci a été particulièrement le cas du tronçon Șișești, qui était le plus complexe à cet égard, présentant l'un des deux faciès (chenal lotique) qui se répète, autour d'un faciès de type radier, et tout ça en même temps avec une bande étroite vers le bord droit de la rivière, développée entre le chenal lotique amont et le radier, où la vitesse était plus élevée. Dans cette situation, cependant, on a considéré qu'il ne s'agissait pas d'une branche secondaire à faciès distinct, mais d'une bande du lit plus profonde et plus rapide, formée temporairement après la dernière crue morphogène de juillet 2014.

Le découpage dans des tronçons morphologiquement et géologiquement homogènes doit également s'accompagner d'une stabilité des conditions biologiques qui renforcent l'attractivité de la rivière pour les différentes espèces. Pour cette raison, la deuxième partie de la fiche d'évaluation Téléos, "Carte Terrain", décrit la végétation sur les berges et entre le rivage et le miroir d'eau, ainsi que la végétation et les abris submergés, et identifie, le cas échéant, les obstacles éventuels au fond des rivières pouvant influencer la migration des poissons. Le tableau 5 répertorie les informations les plus importants accompagnants le rôle de la végétation dans la qualité de la rivière Coșuștea.

Tableau 5

Description de la deuxième partie de la fiche Téléos, "Carte Terrain", sur la caractérisation de la végétation et des microformes au fond de la rivière pouvant favoriser ou entraver les activités des biontes

| | | Corcova | Șișești | Nadanova |
|----------------------------------|------------------------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| Végétation sur berge (%) | Ripisylve | <5 | 60 | 85 |
| | Ripisylve en contact avec l'eau | 0 | 5 | 70 |
| | Frange herbacée | 100 | 70 | 30 |
| | Frange herbacée en contact | 0 | 0 | 10 |
| | Ombrage de l'eau par la végétation | 10 | 5 | 80 |
| Le substrat de la frayère | | GRA | GAL | GRA |
| Autres | Hauteur des berges (m) | 1.15 | 2.05 | 1.3 |
| | Zone de dissipation de crue (m) | 468 | 252 | 275 |
| | Fonctionnalité du lit moyen | Semi fonctionnel | Non fonctionnel | Fonctionnel |

L'intérêt d'un tronçon de rivière pour l'accueil des espèces migratrices est mis en évidence à la fois par l'abondance et la diversité de la végétation et par la présence de sites de fraie, comme par exemple les galets stables le fond du lit offrant des caches ou les perches (Peeters *et al.*, 2013). La végétation arbustive, en fonction de sa densité sur les deux rives, offre de l'ombre ou expose à la lumière du soleil le site, et agit comme un fixateur des alluvions récemment déposés sur le rivage par l'action de son réseau racinaire. La franchissabilité est un autre aspect essentiel de la qualité physique d'une section d'une rivière, car certains obstacles à la migration des poissons (seuils naturels du lit sous forme des blocs dégagés par l'érosion suite à une grande crue, aménagements anthropiques pour l'hydroénergie, incisions dans le lit ou dans les berges, radiers ou chutes à des fortes pentes en long vers l'amont) peuvent constituer des facteurs réduisant l'attractivité de l'habitat pour les espèces aquatiques. Enfin et surtout, la forme et la hauteur des berges ont une grande influence sur la qualité du milieu aquatique lorsqu'elles ne permettent pas la connectivité latérale d'une rivière entre son lit mineur et sa plaine inondable (Téléos, 2006).

L'état de la végétation dans la section de Coşuştea est caractérisé par la présence du rideau forestier en amont (Fig. 7a), car en aval dans le secteur d'étude même, ce rideau est presque inexistant. En absence des arbres, les berges ne sont couvertes que par une couche herbacée récente. Le manque de la ripisylve entraîne donc une illumination intense de l'eau pendant la journée, ce qui peut stimuler la croissance des espèces herbacées héliophiles, mais peut également empêcher certaines espèces animales à la recherche d'un abri ombragé pour se cacher. Pour la section de Şişeşti, seuls quelques arbres améliorent la situation (Fig. 7b / 7c), mais là les rives sont moins stabilisées par la végétation herbacée en raison du phénomène d'érosion latérale qui a entraîné les alluvions anciennes, fixés avec les racines des plantes. Dans la Figure 7d on observe les conséquences du manque de végétation, en l'absence de laquelle la rive a franchi une distance de plusieurs dizaines de mètres. La rivière semble avoir baissé son niveau de base, érodant la rive devenue désormais instable en l'absence de la végétation. La section de Nadanova a été la moins touchée par une intervention anthropique avoir remplacé dans les deux autres secteurs en aval le rideau arborescent de la plaine inondable avec des terres agricoles sans fonctionnalité hydraulique et biologique. À Nadanova, la ripisylve accompagne les deux rives et parfois les racines des arbres fixent les alluvions récentes, créant ainsi un véritable environnement de repos, nourriture et nidification pour les vivants (Fig. 7e / 7f).

En ce qui concerne les cachettes et les abris pour les poissons, c'est toujours le tronçon de Nadanova qui se remarque par une variété de frayères en raison de la présence de racines des arbres et des sous-berges, par rapport aux deux autres tronçons aval (Şişeşti et Corcova), où seuls les amas de graviers déposés lors des grandes crues pourraient avoir temporairement de telles fonctions pour les biontes (Fig. 8).

La hauteur des berges, la largeur de la zone de dissipation des crues (étendue de la plaine inondable disponible pour drainer naturellement les grandes eaux sans compter des diverses utilisations du terrain) et la forme de la vallée contribuent à la bonne connexion entre le lit mineur et le lit majeur (Kondolf et Piégay, 2003). A Corcova, sur la rive droite de la rivière, on trouve des terres agricoles non irriguées et, plus loin, vers la première terrasse, des plantations forestières de feuillus (Fig. 9a). La connectivité latérale est très restreinte et le lit peut être caractérisé comme semi-fonctionnel. L'enfoncement général du lit vers la rive gauche est mis en évidence par le cordon sableux de dépôt de l'autre côté, processus d'accumulation et d'érosion ne comprenant que le lit mineur. L'inondabilité est diminuée ou anthropiquement modifiée (réduite avec au moins 50%) du fait des digues et de l'utilisation agricole des champs. A Şişeşti (Fig. 9b / 9c), la connexion du lit mineur avec la plaine inondable est empêchée ou rendue plus difficile par les berges abruptes à droite, ou élevées et stabilisées par les fascines et les digues de terre. Le lit sera alors non-fonctionnel, surtout à cause du sapement de la haute berge affectée par l'érosion verticale (Téléos, 2006), conduisant à l'apparition d'une bordure du lit, de largeur inférieure à la moitié de la largeur totale du lit mineur dans le tronçon. Enfin, à Nadanova (Fig. 9d / 9e), on note une bonne fonctionnalité du lit moyen, qui facilite la communication

entre la rivière et sa plaine inondable, caractérisée par des pâturages et ripisylve autochtone. La pente des berges de la rivière étant très petite, elle peut doucement déborder sur la plaine inondable.

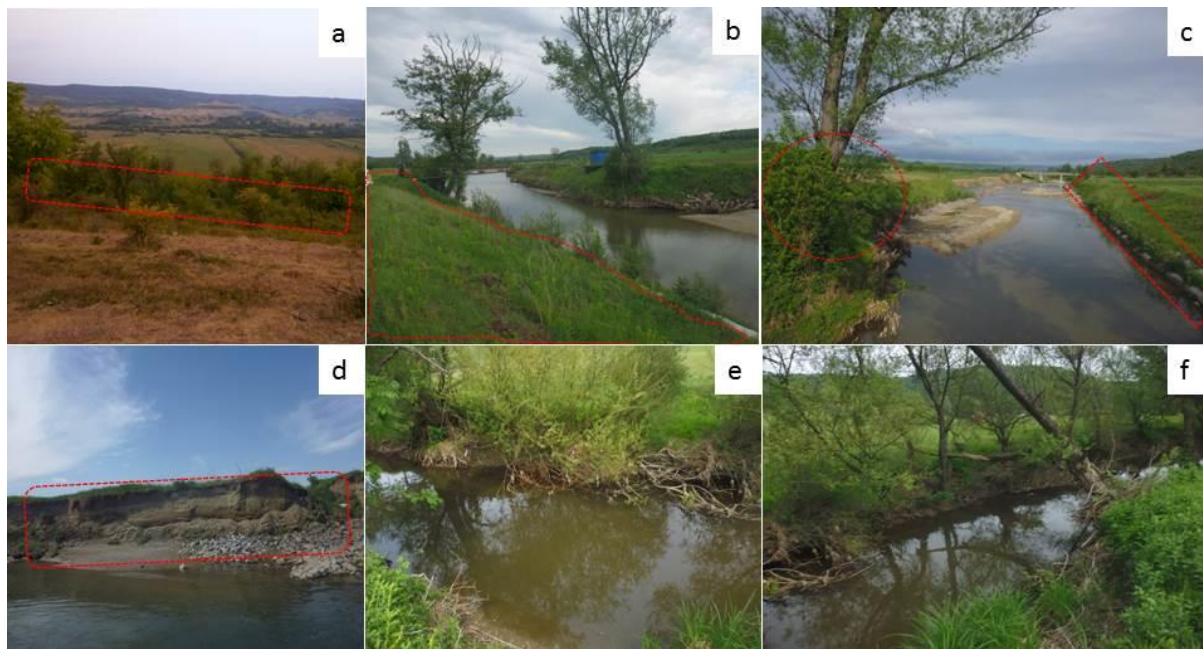


Fig. 7 – Types de végétation. a) – ripisylve amont du tronçon Coșuștea (sur les rives du tronçon lui-même les plantes herbacées dominant); b) et c) – végétation mixte limitée à des portions restreintes du linéaire du tronçon Șișești, mettant en cause l’instabilité des berges, nécessitant le renforcement avec des sacs de sable (fig. c – coté droit); d) – situation d’érosion avancée de la berge droite du tronçon Șișești, à cause du manque de végétation arbustive; e) et f) – Tronçon de Nadanova, bénéficiant d’une végétation saine et abondante, formant des systèmes de racines qui supportent le rivage



Fig. 8 – Exemples de zones de frayères: a) Gravières stables (au moins temporairement entre deux crues morphogènes) jouant le rôle de cachettes pour les poissons et les larves; b), c), d) – Végétation immergée et racines des arbres qui soutiennent la stabilité des berges et offrent des abris aux espèces aquatiques pour l’accouplement et la fraie à Nadanova.

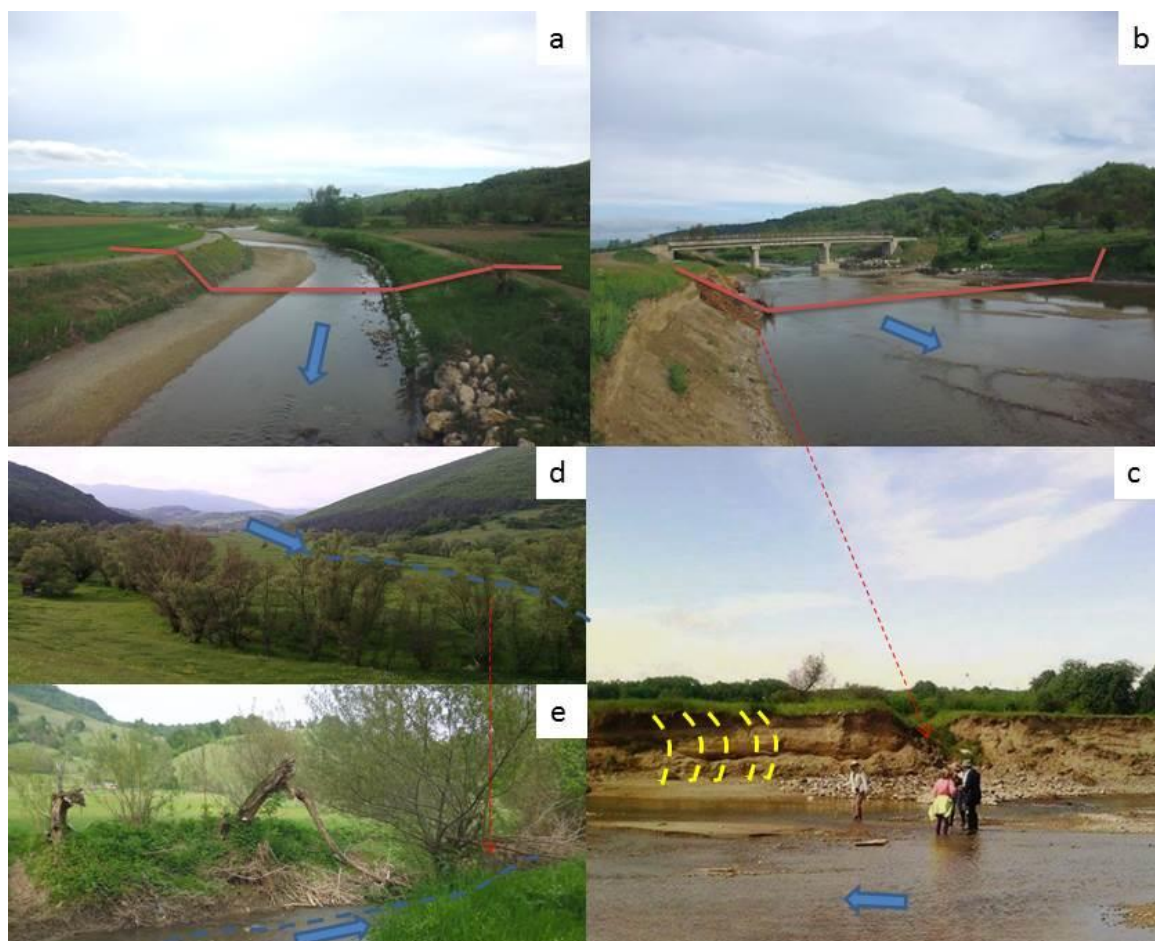


Fig. 9 – Etat des berges et fonctionnalité du lit moyen: a) Lit semi-fonctionnel à Corcova, permettant la formation des frayères seulement sur une partie de la plaine inondable; b) et c) – Lit non-fonctionnel à Şişeşti, avec des berges hautes et vides de végétation en partie, déterminant une connectivité latérale très limitée; d) et e) Lit fonctionnel à Nadanova, des petites rives permettant une transition progressive vers la plaine inondable formée par de fines accumulations sur la vallée encaissée en karst.

Une fois complétés les deux parties de la fiche Téléos sur les valeurs des paramètres hydrauliques, la nature des substrats en tant que supports pour l'ichtyofaune, la succession des faciès d'écoulement et l'abri de la végétation, l'information numérique, ou sous forme de codes standardisés, a été ensuite hiérarchisée à partir du degré d'attractivité de l'environnement pour l'ichtyofaune. Cette hospitalité différentielle est prise en compte pour l'ensemble des exigences écologiques (nutrition, reproduction, circulation) à des différents écostades. Suivant cette optique, c'est surtout la taille des anfractuosités des graviers, la complexité des faciès et la nature de la végétation (hydrophytes, branches, herbes) favorisant dans certains cas l'apparition des caches et des frayères qui déterminent un intérêt accru pour l'installation et la prolifération des différentes espèces (Téléos, 2006).

La Figure 10 montre la proportion dans laquelle les quatre sous-indicateurs (hétérogénéité, attractivité, connectivité et stabilité) ont émergé des calculs basés sur le poids des éléments d'analyse de la qualité physique des trois tronçons de la rivière Coşuştea. Comme première remarque, aucune composante de la qualité physique de l'environnement aquatique n'a atteint les niveaux bon et très bon, mais il y a une amélioration notable dans la section Nadanova et une situation encourageante pour le sous-indicateur de la connectivité.

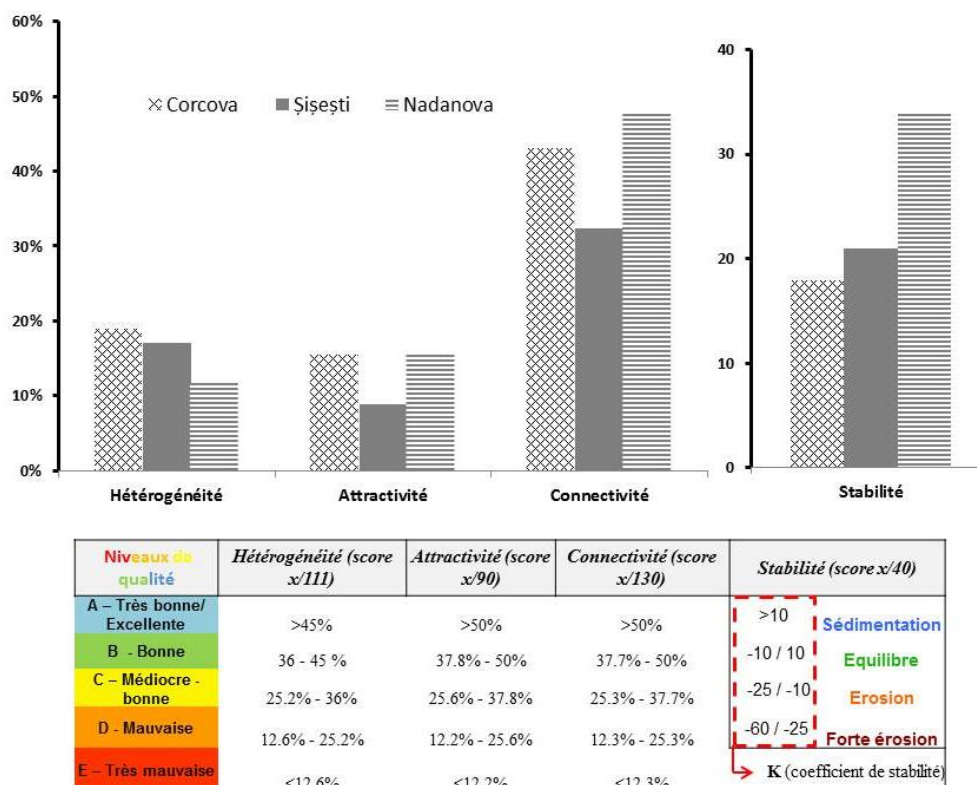


Fig. 10 – Les scores des 4 sous-indicateurs par rapport aux niveaux de qualité Téléos.

Il convient de noter que les classes de qualité dans lesquelles les scores sont affichés sont indiquées au bas du graphique en pourcentage, pour un aperçu équivalent entre les sous-indicateurs, le nombre maximal de points pouvant être attribués n'étant pas le même. L'exception dans la distribution des intervalles de notation appartient au sous-indicateur de stabilité, qui peut prendre des valeurs positives et négatives, en fonction du processus dominant (érosion ou sédimentation). Dans ce cas, un score de 0 ne signifie pas que la section est instable, mais, au contraire, qu'elle peut être très stable, car aucun des processus n'est plus important, c'est-à-dire que le tronçon est en équilibre géomorphologique.

Le tronçon Corcova montre une qualité physique assez faible dans la perspective du protocole Téléos. Ce tronçon avec un environnement plutôt homogène souffre de l'absence des substrats diversifiés en raison de son caractère aussi naturel qu'anthropique (aménagement des digues de terre, champs agricoles sur la plaine inondable), ce qui confère une faible hétérogénéité au fond du lit et aux berges en termes du substrat et de la succession des faciès. Cet aspect d'hétérogénéité limitée est également complété par une attractivité réduite. L'attractivité sur ce tronçon est mauvaise à cause du nettoyage permanent du fond du lit, rendant difficile le maintien des caches et des abris pour les poissons. Sur le plan morphodynamique, la situation s'améliore, la section présentant le score de connectivité le plus élevé, en dépit du lit moyen semi-fonctionnel. Cela peut s'expliquer par une intervention anthropique dans la régulation de l'écoulement dans cette section, qui a conduit à la réduction de la plupart des phénomènes d'érosion et à la remise en communication latérale du lit mineur avec la plaine inondable. Par contre, les phénomènes d'érosion étant contrôlés et force la localisation du tronçon dans le secteur aval du bassin versant, la sédimentation du lit mineur est visible à travers des cordons des dépôts sableux, ce qui augmente le score de stabilité. Cependant, nous réitérons qu'un score de cet sous-indicateur dépassant l'intervalle d'équilibre (-10/ +10) ne signifie pas que le tronçon est géomorphologiquement stable.

Le long du tronçon Şişeşti, la qualité du milieu aquatique ne reçoit pas un bon qualificatif, situation due à une faible hétérogénéité et à une attractivité aussi limitée, principalement en raison du manque de frange herbacée et d'arbres qui soutiennent naturellement les rives. L'attractivité légèrement supérieure à celle de la section Corcova est causée par une dynamique morphologique plus prononcée (au moins à court terme, de plusieurs années entre deux saisons à crues morphogènes, comme ce fut le cas en 2014), ce qui a créé une succession plus complexe de faciès et a conduit à la déposition de graviers qui constituent des abris temporaires et des frayères potentielles. En termes de connectivité, il s'agit du plus faible score parmi les trois sections (classe médiocre – bonne) en raison des berges hautes, érodés ou stabilisés anthropiquement, limitant le lien latéral entre le lit mineur, le lit moyen et la plaine inondable. De manière surprenante, le sous-indicateur de stabilité affiche un score assez élevé, de type sédimentation, en dépit de l'érosion étendue qui a recouvert les berges sur la rive droite. La stabilité orientée vers le phénomène de sédimentation plutôt que celui d'érosion ne peut s'expliquer que par une intervention anthropique orientée sur l'équilibre des berges, ce qui donne l'impression qu'ils sont sous contrôle et que le dépôt des sédiments est favorisé le long du thalweg (voir les cordons de graviers transportés par les crues).

Dans le tronçon Nadanova, les scores sont globalement meilleurs, mais il existe des différences entre les sous-indicateurs. Bien que les composantes hydromorphologiques et l'état naturel du lit et des berges de la rivière représentent des signes de la santé du milieu aquatique, cette section présente une hétérogénéité plutôt faible en raison du manque de diversité des conditions de vie qu'elle peut offrir. L'attractivité, au contraire, semble être la plus élevée parmi les trois tronçons, probablement grâce aux cachettes et frayères et à la végétation abondante. Le plus surprenant est le score du sous-indicateur de stabilité qui ne montre un état d'équilibre hydromorphologique, mais plutôt une dynamique en état avancé de sédimentation. Comme prévu, la connectivité est à la limite entre le qualificatif bon est très bon, principalement en raison des hauteurs assez réduites des berges et du caractère fonctionnel du lit moyen. Cela s'explique aussi par les éléments herbacés et les racines des arbres bordant le lit mineur, formant une frange de contact avec la lame d'eau. En tant que zone karstique, l'assèchement géologique peut intervenir pendant les mois sans précipitations, ce qui peut expliquer globalement, le score d'attractivité plutôt mauvais pour certaines espèces de poissons.

A partir des sous-indicateurs qui en avaient résulté, on a évalué la qualité générale de la rivière du point de vue de son potentiel d'offrir un bon habitat pour les espèces aquatiques. Le tableau 6 résume les scores obtenus par les trois tronçons, sous la forme des classes allant de A à E (où la note A correspond à une très bonne, voir excellente qualité, représentée en bleu, et la note E correspond à la qualité la plus mauvaise, représenté en rouge).

Tableau 6

Classes de qualité physique des tronçons au niveau des 4 sous-indicateurs et de l'indicateur agrégé

| | Corcova | Şişeşti | Nadanova | Total |
|---------------|---------------|---------------|---------------|-------|
| Hétérogénéité | D | D | E | D |
| Attractivité | D | E | D | D |
| Connectivité | B | C | B | B |
| Stabilité | Sédimentation | Sédimentation | Sédimentation | S |
| Score final | C | D | C | C |

Parmi l'ensemble des caractéristiques de qualité physique dans l'optique de la méthodologie Téléos, les plus décisives dans le calcul des scores semblent être le nombre des faciès d'écoulement insuffisant, la présence de formations sédimentaires (cordons de sable et bordures de graviers détachés des berges ou amenés par les crues), l'alternance de substrats lithologiques dans de très petites limites

(monotonie des habitats potentiels parmi les dépôts sédimentaires) et le type de végétation (surtout l'absence de sous-berges dans les tronçons aval).

Deux niveaux de qualité traduisant le degré de fonctionnalité des tronçons en termes d'environnements aptes à représenter des habitats pour les êtres vivants ont été déterminés au long des trois tronçons d'analyse. On observe que les scores et les classes de qualité correspondantes sont beaucoup plus faibles que ceux auxquels on s'attendrait après une simple observation qualitative du milieu aquatique. Le score final appartient à la classe C pour Corcova et Nadanova et à la classe D pour le secteur Șișești.

Concernant les sous-indicateurs, il est évident que le caractère hétérogène tombe sous le niveau acceptable, à cause des caractères intrinsèques des tronçons, mais aussi parce que les tronçons analysés sont courts et incapables d'offrir une grande variété d'habitats. L'attractivité est aussi assez réduite dans le secteur Corcova, ce qui réduit encore la qualité générale des tronçons de la rivière. La connectivité enregistre des résultats meilleurs dans les secteurs Corcova et Nadanova, mais plus faibles à Șișești, à cause des aménagements et de l'isolation du lit mineur par rapport aux autres compartiments avec lesquels le lit aurait pu réaliser des liaisons biologiques et hydrauliques. Enfin, le sous-indicateur de stabilité nous présente une situation de sédimentation pour tous les tronçons, même si au niveau des berges, l'érosion se manifeste surtout sur le tronçon de Șișești.

Par conséquent, l'emploi de la méthode Téléos a permis l'évaluation du milieu physique prenant en compte les différents paramètres relatifs à la rivière et ses écosystèmes, mettant l'accent sur les conditions d'habitat nécessaires aux poissons (Degiorgi et al., 2002). Les éléments descriptifs de l'état morphologique d'une rivière, tels que requis par la Directive Eau (CE/60/2000), correspondent bien aux quatre indicateurs Téléos de l'habitat aquatique portant sur l'hétérogénéité, l'attractivité, la connectivité et la stabilité du lit (Téléos, 2010). Les scores de ces indicateurs obtenus pour chaque tronçon, ainsi que le score final, correspondant à la qualité physique, ont permis l'encadrement desdits tronçons de la rivière dans les différentes classes de qualité de Téléos (allant de A – bon état à E – mauvais état).

Dernier point mais pas le moindre, il faut comprendre que, bien que les trois tronçons ont été considérés, strictement dans l'optique du protocole Téléos, comme étant d'une qualité physique mauvaise à médiocre – bonne, cela ne signifie pas nécessairement que le milieu aquatique est totalement perturbé et inadéquat pour maintenir la vie. Les résultats doivent être strictement interprétés dans le contexte des objectifs généraux du protocole Téléos sans les généraliser au-delà des considérations sur la base desquelles il a été conçu.

Le *score final du QP* situe les tronçons de Corcova et Nadanova dans la classe C (ce qui signifie un habitat aquatique de qualité moyenne, qui est principalement engendré par le processus d'érosion) et celui de Șișești, dans la classe D (indiquant une altération élevée de l'habitat, due à une forte érosion et à l'intervention anthropique inadéquate). Du point de vue *hétérogénéité*, le score permet l'encadrement dans la classe D pour les tronçons de Corcova et de Șișești et dans la classe E, pour le celui de Nadanova, à cause des caractères intrinsèques des sections, mais aussi parce que les sections retenues sont courtes et incapables d'offrir une grande variété d'habitats. *L'attractivité* est faible (classe D) à Corcova et modérée (classe C), pour les autres tronçons. *La connectivité* a des scores meilleurs dans les tronçons de Corcova et Nadanova (classe B – équilibre morphologique), mais plus faibles à Șișești (classe C), à cause des aménagements et de l'isolation du lit mineur par rapport aux autres compartiments avec lesquels le lit aurait pu avoir des liaisons biologiques et hydrauliques. Le score de l'indicateur visant *la stabilité* illustre un très bon état (classe A) pour les deux tronçons situés en aval (Corcova et Șișești), caractérisés par la dominance des processus de sédimentation, tandis qu'à Nadanova, la stabilité est dans un état d'équilibre (classe B).

4. CONCLUSIONS

Dans cette étude, un diagnostic général de la qualité physique de la rivière Coşuştea a été réalisé, basé sur l'application de la méthodologie Téléos dans trois sections d'analyse: Corcova (en aval), Şişeşti (secteur intermédiaire) et Nadanova (secteur supérieur). Les trois tronçons ont été choisis en respectant les recommandations du protocole Téléos, de manière à ce qu'ils soient homogènes et représentatifs du bassin de la rivière Coşuştea.

L'analyse de la qualité physique du milieu aquatique a eu pour objectif général la vérification des conditions de l'habitat nécessaires pour les espèces de poissons, conformément à l'optique Téléos et plus généralement à la Directive Cadre Eau. Les mesurages et les observations ont été inscrites dans la fiche technique Téléos et, en fonction du poids de chaque élément descriptif de l'habitat et de la morphologie, les scores ont été calculés afin d'encadrer les tronçons dans une des 5 classes de qualité. Quatre sous-indicateurs ont été suivis (hétérogénéité, attractivité, connectivité et stabilité) et un indicateur global de qualité physique de la rivière Coşuştea a résulté.

Le bilan Téléos montre une qualité plutôt faible, le score finale situant les tronçons de Corcova et Nadanova dans la classe C (un habitat aquatique de qualité moyenne, qui est principalement engendré par les processus de sédimentation et par une succession assez limitée des faciès d'écoulement) et celui de Şişeşti, dans la classe D (une altération élevée de l'habitat, une dynamique hydromorphologique nécessitant un contrôle humain, mais une alternance plutôt intéressante des faciès)

Quant aux quatre indicateurs, les mauvais scores de *l'hétérogénéité* ont été probablement influencés par les conditions hydrauliques peu diversifiées, mais aussi parce que les sections retenues sont courtes et incapables d'offrir une grande variété d'habitats. *L'attractivité* est faible (classe D) à Corcova et modérée (classe C), pour les autres sections. *La connectivité* a des scores meilleurs dans les sections de Corcova et Nadanova (classe B – équilibre morphologique), mais plus faibles à Şişeşti (classe C), à cause des aménagements et de l'isolation du lit mineur par rapport aux autres compartiments avec lesquels le lit aurait pu avoir des liaisons biologiques et hydrauliques. *La stabilité* présente un état de sédimentation pour tous les tronçons, ce qui signifie qu'il existe des conditions préalables à la création des abris et cachettes dans les nouveaux amas de granulats qui pourraient être déposés à l'avenir, mais également un risque de colmatage du lit et de ralentissement de la vitesse de drainage. Enfin, la rivière Coşuştea a été encadrée dans la classe de qualité de l'environnement physique C (médiocre à bonne), du point de vue de la méthodologie Téléos.

Par la recherche de la qualité physique de la rivière de Coşuştea, nous avons eu l'opportunité d'appliquer une méthodologie reconnue au niveau international et très souvent employée dans la restauration des rivières de la région Wallonie (Belgique). Selon les résultats résumés ici, nous pouvons conclure que cette analyse, loin d'être exhaustive et suffisamment précise pour caractériser l'environnement physique d'une rivière, représente une phase importante dans l'évaluation des zones altérées ou qui sont proches de l'état naturel, en termes de la capacité du milieu aquatique pour accueillir les êtres vivants.

D'une manière globale, à travers la présente étude, l'évaluation de la qualité physique de la rivière Coşuştea s'est révélée complexe, permettant la mise en évidence des zones de perturbation de l'écoulement et des habitats, mais aussi des zones qui sont restées proche de leur état de référence. Parce que certains paramètres que nous avons dû mesurer ou observer représentent des éléments de nouveauté et marquent leur première application sur une rivière en Roumanie, nous considérons que certaines appréciations et valeurs ont un certain degré d'erreur que nous devons prendre en considération si nous voulons proposer des démarches pratiques de restauration de la rivière de Coşuştea. Toutefois, il est nécessaire de conclure, en précisant que ces indices de qualité ne peuvent pas être directement traduits en actions concrètes pour la gestion localisée de l'espace analysé, parce qu'on n'a pas réalisé une évaluation des mesures qu'on pourrait prendre pour améliorer les résultats. Ces indices représentent néanmoins un premier diagnostic sur l'état de l'environnement physique aquatique dans quelques tronçons de la rivière de la rivière Coşuştea.

Remerciements. Nous exprimons nos sincères remerciements à Alexandre Peeters et à l'ensemble de l'équipe du projet Walphy, car ils nous ont permis d'utiliser la méthodologie en Roumanie et ont été en mesure de répondre aux questions techniques que nous avons posées. Nous remercions également la famille Bărbulescu (Cosmina, Atena et Nicolae) pour son accueil lors des campagnes sur le terrain et pour l'aide qu'ils nous ont fournie pour effectuer les mesures.

RÉFÉRENCES

- Agence de l'eau Rhin Meuse (2000), *Notice d'emploi de la grille de description de la qualité physique des cours d'eau à l'échelle du tronçon – TELEOS*.
- Badea, L., Niculescu, Gh. (2001), *Unitățile de relief ale României, Vol. I. Carpații Meridionali și Munții Banatului*, Edit. Ars Docendi, București.
- Badea, L., Sandu, Maria (2010), *Unitățile de relief ale României, Vol. IV. Podișurile Pericarpatice*, Edit. Ars Docendi, București.
- Dackcombe, R.V., Gardiner, V. (1983), *Geomorphological Field Manual*, George Allen and Unwin, Londres.
- Degiorgi, F., Morillas, N., Grandmottet, J.P. (2002), *Méthode standard d'analyse de la qualité de l'habitat aquatique à l'échelle de la station: l'IAM, CSP 1994-TELEOS 2000-TELEOS 2002*, 8 p.
- Gălie, Andreea, Moldoveanu, Marinela, Rădulescu, Daniela (2014), *River hydro-morphological assessment – Romanian approach*. Proceedings of XXVI Conference of the Danubian Countries on Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management, pp. 309–312.
- Gălie, Andreea, Moldoveanu, Marinela, Antonaru, O. (2017), *Hydro-morphological assessment of atypical lowlands rivers – Romanian littoral basin case study*. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, **12** (1), pp. 161–169.
- Goudie, A. (1990), *Geomorphological Techniques*, Ed II, Edit. Unwin Hyman, Londres.
- Grecu, Florina (2008), *Geomorfologie dinamică*, Edit. Credis, Bucarest, 232 p.
- Ioana-Toroimac, Gabriela, Zaharia, Liliana, Minea, G. (2015), *Using pressure and alteration indicators to assess river morphological quality: case study of the Prahova River (Romania)*, Water, **7**, pp. 2971–2989.
- Ioana-Toroimac, Gabriela, Zaharia, Liliana, Minea, G., Moroșanu, Gabriela Adina (2017), *Using a multicriteria analysis to identify rivers with hydromorphological restoration priority: braided rivers in the south-eastern Subcarpathians (Romania)*. Science of Total Environment, 599–600, pp. 700–709.
- Kondolf, G.M., Piegay, H. (2003), *Tools in Fluvial Geomorphology*, John and Wiley Sons, United Kingdom, 560 p.
- Moldoveanu, Marinela, Gălie, Andreea, Rădulescu, Daniela (2015), *Methodology for hydromorphological assessment of Romanian rivers – results of testing*. Proceedings of 15th International Multidisciplinary Scientific Geoconference, vol. **1**, pp. 427–436.
- Malavoi, J.R., Souchon, Y. (2002), *Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivière: clé de détermination qualitative et mesures physiques*. Note Technique. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 365/366, pp. 357–372.
- Moroșanu, Gabriela Adina (2015a), *Evaluarea calității fizice a râului Coșuștea*. Master thesis. University of Bucharest, Bucharest, 85 p. + ann.
- Moroșanu, Gabriela Adina (2015b), *Assessing the maximum discharge in Coșuștea hydrographic basin with GIS techniques. A comparative analysis: SCS – CN method vs. Topographic Wetness Index*, Annals of the Valahia University, **14**(2), pp. 95–110.
- Moroșanu, Gabriela Adina (2016), *Recent dynamics (1975–2012) of Coșuștea River's suspended sediment load at Corcova hydrometric station*, Actes de la Conférence Internationale "Air and Water – components of the environment", Cluj-Napoca, 25–27 Mars, pp. 282–289.
- Moroșanu, Gabriela Adina, Verniers, G., Zaharia, Liliana (2017), *Assessing the physical quality of the Coșuștea river using the Qualphy method*. Riscuri și catastrofe, an **XVI**, vol. 20, no. 1, Casa Cărții de Știință, Cluj-Napoca [Risks and Catastrophes], 16(20), pp. 83–99.
- Ovidio, M., Capra, H., Philippart, J.C. (2007), *Définition de bases biologiques et éco-hydrauliques pour la libre circulation des poissons dans les cours d'eau non navigables de Wallonie, Volume 1, Elaboration d'une méthodologie d'évaluation de la franchissabilité par les poissons de différents types d'obstacles d'après des critères topographiques et hydrauliques simple*, Unité de Biologie du Comportement de l'Université de Liège, Liège.
- Peeters, A., Verniers, G. (2009), *Conception d'un outil d'aide à la décision pour la restauration hydromorphologique des masses d'eau en Région Wallonne*, Walphy Life Environnement, Méthode d'évaluation de la qualité physique des cours – Direction des Cours d'Eau Non Navigables, 51 p.
- Peeters, A., Verniers, G. (de le) Court B., Hallot, E., Petit, F. (2012), *Pilot project « Walphy »: Walloon experimentation of river restoration*, Presentation pour la Conférence Annuelle "River Restoration Center" (13e édition), 21 p.

- Peeters, A., de la Court B., Verniers, G. (2013), *La restauration hydromorphologique des cours d'eau en Wallonie: premiers retours d'expérience*, Guide Technique, Liège.
- Rabotin, M. (2005), *Méthodologie pour trouver l'axe d'une rivière*, Communication personnelle. Unité de Recherche Hydrobiologie, Cemagref, Aix en Provence, 4 p.
- Savin, C. (2008), *Râurile din Oltenia. Monografie hidrologică*, Éditeur SITECH, Craiova, 613 p.
- Şchiopoiu, A. (1982), *Dealurile piemontane ale Coşuştei*, Edit. Scrisul Românesc, Craiova, 176 p.
- Smith, D.G. (1993), *Fluvial Geomorphology: Where do we go from here?*. *Geomorphology*, **7**, pp. 251–262.
- Téléos (2002), *Etude des potentiels écologiques aquatiques des sites Natura 2000 de la Loue et du Lison*, 87 p. + ann.
- Téléos (Degiorgi F., Decourciere H., CSP, Fédération de Haute-Saône pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique) (2004a), *Diagnose et gestion des têtes de bassins versants de l'Ognon. L'écrevisse pieds blancs, indicateur patrimonial. Etude complémentaire du contrat de rivière Ognon*, 110 p.
- Téléos (Fédération du Jura pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique, Brigade départementale du Jura du Conseil Supérieur de la Pêche) (2004b), *Contribution à la recherche des causes de régression de l'écrevisse "Pieds Blancs" (Austropotamobius pallipes)*, 97 p.
- Téléos (2006), *Diagnostic initial des composantes biologiques et physico-chimiques du ruisseau de Valbois. Étude préparatoire de sa reconnexion à la Loue*, 88 p.
- Téléos (2010), *Formation aux méthodes de détermination de la qualité physique des cours d'eau. Méthode à l'échelle du tronçon*. Bureau d'études Téléos Suisse, Montmelon. 85 p.
- Verniers, G., Peeters, A. (2013), *Projet Walphy: Conception d'un outil d'aide à la décision pour la restauration hydromorphologique des masses d'eau en Région Wallonne (LIFE07 ENV/B/000038)*, Rapport scientifique – Suivis hydromorphologiques et écologiques – Direction des Cours d'Eau Non Navigables, 258 p.
- Verniers, G. (2014), *Qualité du milieu physique. Problématique de la restauration des rivières*. Présentation PPT dans le cadre du projet Walphy.
- Zaharia, Liliana, Ioana-Toroimac, Gabriela, Moroşanu, Gabriela Adina, Gălie, Andreea, Moldoveanu, Marinela, Čanjevac, I., Belleudy, P., Plantak, M., Buzjak, N., Bočić, N., Legout, C., Bigot, S., Ciobotaru, N. (2018), *Review of national methodologies for rivers' hydromorphological assessment: a comparative approach in France, Romania, and Croatia*, *Journal of Environmental Management*, **217**, pp. 735–746.
- ***, *Portail du projet WALPHY*. Disponible à l'adresse <http://www.walphy.eu/>
- *** (2000), *Directive 2000/60/CE du Parlement et du Conseil établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau, adoptée le 23 octobre 2000*, JO du 22 décembre 2000, 73 p.

Reçu le 2 décembre 2018