

DÉFINITION DES ZONES RIVERAINES ET DE LA VÉGÉTATION RIVERAINE : PRINCIPES ET RECOMMANDATIONS

Date: Version 1, Mars 2019, Juillet 2019 pour la version française



Résumé

La végétation riveraine correspond à toutes les unités de végétation localisées le long des réseaux hydrographiques, quelle que soit leur physionomie ou leur origine. Elle est fonctionnellement liée aux autres composantes du système fluvial et de la zone environnante. Elle appartient à la zone riveraine qui est une unité paysagère ouverte (aux flux en provenance et à destination des cours d'eau et des versants) et co-construite (c'est-à-dire animée par des processus naturels et sociaux). La zone riveraine influence le cours d'eau et les processus qui y sont associés, et est influencée par eux. La structure et le fonctionnement écologiques des communautés biotiques de cette zone sont variables selon les quatre dimensions du système fluvial (longitudinale, latérale, verticale et temporelle). Cette variabilité est principalement due aux conditions bioclimatiques, géomorphologiques et d'usages des sols, qui changent avec le temps sous l'influence des facteurs naturels et humains. Cette variabilité influence la façon dont la végétation riveraine est identifiée, nommée, délimitée et étudiée. D'un point de vue fonctionnel, la délimitation doit être adaptée aux fonctions visées. Ainsi, une délimitation inadéquate ou trop étroite de la zone riveraine peut entraîner l'exclusion de certaines fonctions associées à la végétation riveraine. Inversement, une délimitation identifiant l'ensemble de la zone riveraine permettrait de la considérer et de la gérer selon une logique véritablement intégrée capable de combiner la plupart des enjeux liés à la végétation riveraine.

Principales recommandations :

1. Reconnaître les zones riveraines comme des systèmes socio-écologiques co-construits par des processus naturels ET humains qui suivent des trajectoires complexes dans le temps.
2. Considérer la végétation riveraine comme un système ouvert (i) relié au chenal, à la zone environnante, au bassin versant amont, à l'atmosphère et au substrat et (ii) relié à ces composantes par des flux bidirectionnels.
3. Promouvoir l'utilisation d'une définition/délimitation qui intègre et maximise toutes les fonctions réalisées par la végétation riveraine (notamment les fonctions de soutien, d'approvisionnement, de régulation et culturelles).
4. Élaborer des exemples et des outils pour promouvoir des bonnes pratiques de délimitation des zones riveraines.
5. Clarifier les connaissances propres à un site donné et les connaissances transférables (p. ex. largeur minimale de la zone riveraine nécessaire pour une fonction donnée, efficacité d'un indice topographique donné pour délimiter une zone riveraine, etc.).

Auteurs: Simon Dufour¹ et Patricia María Rodríguez-González²

¹Université Rennes 2, CNRS UMR LETG

²Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa

Remerciements:

- Daniel Bruno-Collados, Diego García de Jalón, Tímea Kiss, Roberto Martinez, Rob Francis, Nicola Clerici
- Ce rapport est basé sur des travaux menés dans le cadre de l'Action COST CONVERGES (www.converges.eu), financée par le programme COST (European Cooperation in Science and Technology ; www.cost.eu). Le programme COST soutient des projets de réseaux scientifiques à l'échelle de l'Europe.
- Financé par le programme Horizon 2020 Framework de l'Union Européenne
- Patricia M Rodríguez-González est financée par Portuguese Foundation for Science and Technology, (Investigador FCT programme IF/00059/2015)

Ce rapport n'est pas une synthèse exhaustive, mais un document de travail de l'action COST "KNOWLEDGE CONVERSION FOR ENHANCING MANAGEMENT OF EUROPEAN RIPARIAN ECOSYSTEMS AND SERVICES" (CONVERGES) CA16208. Merci d'envoyer vos questions et vos commentaires à Simon Dufour (simon.dufour@univ-rennes2.fr).

Citation: Dufour S., Rodríguez-González P.M. (2019). Définition des zones riveraines et de la végétation riveraine : principes and recommendations. Rapport, COST Action CA16208 CONVERGES, 20 pp.
(<https://converges.eu/resources/riparian-zone-riparian-vegetation-definition-principles-and-recommendations/>)

Table des matières

Définition des Zones riveraines et de la végétation riveraine : principes et recommandations.....	1
1. Introduction – La végétation riveraine : un élément crucial des systèmes fluviaux.....	4
2. Objectif du rapport.....	5
3. Caractéristiques communes de la zone/végétation riveraine.....	5
4. Sources de variabilité dans l'identification de la zone et de la végétation riveraine.....	10
4.1. Variabilité de l'objet.....	11
4.2. Variabilité de la représentation.....	13
5. Délimitation de la zone riveraine.....	13
Conclusion - recommandation.....	17
References.....	18

1. INTRODUCTION – LA VÉGÉTATION RIVERAINE : UN ÉLÉMENT CRUCIAL DES SYSTÈMES FLUVIAUX

La végétation riveraine est une composante essentielle des systèmes fluviaux et remplit de multiples fonctions socio-écologiques (Malanson, 1993 ; NRC, 2002 ; Naiman et al., 2005) (figure 1). Physiquement, la végétation riveraine des rivières modifie les conditions d'écoulement, et donc les processus sédimentaires, en protégeant les berges, en colonisant les dépôts, en fournissant des débris ligneux, etc. (Gurnell et Gregory, 1995 ; Piégay et Gurnell, 1997 ; Tabacchi et al, 1998 ; Gurnell et Petts, 2006 ; Corenblit et al, 2007 ; Gurnell, 2014). D'un point de vue morphologique, cette influence peut être suffisamment forte pour induire une métamorphose du style fluvial (Tal et al., 2004). Chimiquement, la végétation riveraine est intégrée dans les cycles biogéochimiques. Par exemple, elle peut avoir un effet tampon et ainsi améliorer la qualité de l'eau dans les bassins versants agricoles touchés par des pollutions diffuses (Sabater et al., 2003 ; Mander et al., 2005). Biologiquement, la végétation riveraine comprend de nombreuses espèces et augmente la biodiversité à l'échelle régionale (Tabacchi, 1992 ; Naiman et al. 1993 ; Pautou et al. 1997 ; Jobin et al. 2004 ; Sabo et al. 2005 ; Schnitzler-Lenoble, 2007). Leur rôle biologique est également en lien avec la fourniture d'habitats, la fonction de corridor écologique (Décamps et al. 1987 ; Rosenberg et al. 1997 ; Seymour et Simmons 2008 ; Schnitzler-Lenoble 2007 ; Roshan et al. 2017, de la Fuente et al. 2007) et l'effet de la végétation sur la température de l'eau, les entrées de matière organique dans le cours d'eau, etc. (Beschta et al., 1987 ; Maridet, 1994 ; Hill et al., 2001 ; Ferreira et al. 2016 ; Miura et Urabe, 2015 ; Astudillo et al, 2016 ; Wawrzyniak et al, 2017 ; Dugdale et al, 2018). Certaines de ces fonctions ont été identifiées comme critiques pour modérer les effets locaux des changements globaux, comme les conditions thermiques des cours d'eau (Kristensen et al., 2015 ; Trimmel et al., 2018). Sur le plan social, la végétation riveraine contribue à l'identité du paysage auquel elle appartient ; ainsi, elle contribue aux services culturels (loisirs, inspiration, etc.).

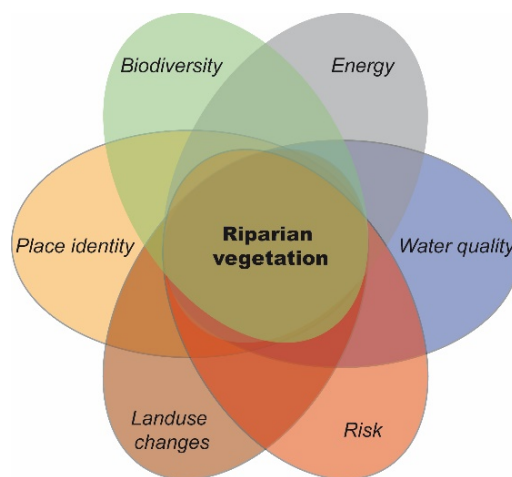


Figure 1. La végétation riveraine comme composante essentielle de nombreux enjeux socio-écologiques

Bon nombre de ces fonctions sont considérées comme positives parce qu'elles améliorent le bien-être humain en fournissant de nombreux services écosystémiques, tels que des zones récréatives, des matières premières (bois, énergie) ou l'amélioration de la qualité de l'eau (Gren et al, 1995 ; Kenwick et al, 2009 ; Recchia et al, 2010 ; Flores-Díaz et al, 2014). Cependant, la végétation riveraine est également associée à plusieurs inconvénients (disservices) et peut donc générer une perception plus négative, liée principalement à des événements hydrologiques extrêmes. En période de faible débit, la végétation riveraine ombrage le chenal, ce qui diminue l'évaporation ; cependant, elle consomme aussi de l'eau (Pivec, 2002 ; Lamontagne et al., 2005 ; Salemi et al., 2012 ; Irmak et al., 2013 ; Flanagan et al., 2017) et peut entrer en compétition avec les usages sociaux de l'eau. Cette consommation dépend du type de végétation et, par exemple, la végétation native peut consommer moins d'eau que les espèces exotiques (Ehrenfeld, 2003). Lors des crues, la végétation riveraine peut avoir des influences contradictoires sur les risques d'inondation. Localement, par l'intermédiaire de la rugosité, elle amortit les inondations depuis le chenal jusqu'à la plaine inondable (c.-à-d. qu'elle réduit la vitesse de l'eau, l'érosion et les dommages aux infrastructures), mais elle peut aussi augmenter le niveau de l'eau pour un débit donné. En aval, la végétation riveraine produit des débris ligneux qui peuvent augmenter l'impact des inondations, mais elle peut aussi réduire les pointes d'inondation en stockant l'eau en amont. Une perception potentiellement négative des riverains est également associée aux changements d'affectation des terres (ex. l'abandon du pâturage ou de l'agriculture) qui modifient le paysage culturel et donc l'identité des lieux (Schnitzler et Génot, 2012).

Compte tenu de tous les rôles socio-écologiques qu'elle joue dans les systèmes fluviaux, la végétation riveraine est considérée comme un objet scientifique et opérationnel abordé dans une abondante littérature. Cependant, de nombreux noms sont donnés à la végétation qui colonise les bords des rivières : "alluvial swamp forests", "gallery forests", "floodplain forests", etc. en anglais, "ripisylve", "forêt alluviale", "boisement riverain", etc. en français et "bosque de ribera", "bosque ribereño", "Soto", "bosque en galería", etc. en espagnol. En anglais, Fischer et ses collaborateurs (2001) ont recensé plus de 30 termes pour la végétation située près des systèmes aquatiques. En plus de cette diversité, il y a aussi une certaine confusion parce que le même objet peut avoir des noms différents et que le même nom peut identifier des objets différents (Clerici et al., 2011). Cette diversité et cette confusion de termes peuvent engendrer des malentendus et des tensions entre les acteurs.

2. OBJECTIF DU RAPPORT

Ce rapport vise à fournir des éléments pour clarifier l'identification de la zone riveraine et de la végétation riveraine des systèmes fluviaux. Par "identification", nous entendons à la fois la définition et la délimitation de cet objet complexe, qui sont deux processus différents. La délimitation implique la capacité de dessiner une carte qui indique clairement ce qui se trouve à l'intérieur et à l'extérieur de la zone riveraine, ce qui peut avoir des implications juridiques. Pour atteindre cet objectif, nous présentons d'abord les caractéristiques communes de la végétation/zone riveraine, puis les sources de variabilité dans sa définition.

Certains éléments pertinents de synthèse peuvent être consultés dans NRC (2002), Piégay et al (2003), Verry et al (2004), Naiman et al (2005), Clerici et al (2011) et Dufour et al (2019) pour la définition et dans Clerici et al (2013) et Sosa et al (2017) pour la délimitation.

3. CARACTÉRISTIQUES COMMUNES DE LA ZONE/VÉGÉTATION RIVERAINE

Malgré la diversité des termes utilisés pour désigner la végétation qui colonise les berges des cours d'eau, cette végétation présente de nombreuses similitudes.

1. La **zone située le long du réseau hydrographique influence le cours d'eau et est influencée par celui-ci** par des relations physiques, biologiques, chimiques, etc.

- Le vecteur d'interactions est principalement l'eau, à travers le ruissellement latéral, les inondations et la dynamique des eaux souterraines.
- Cette zone abrite une végétation spécifique en raison notamment des perturbations liées aux crues (Fig. 3a), du stress généré par les conditions anoxiques lors des inondations (Fig. 3b) et/ou de ressources en eau plus importantes que sur les versants.

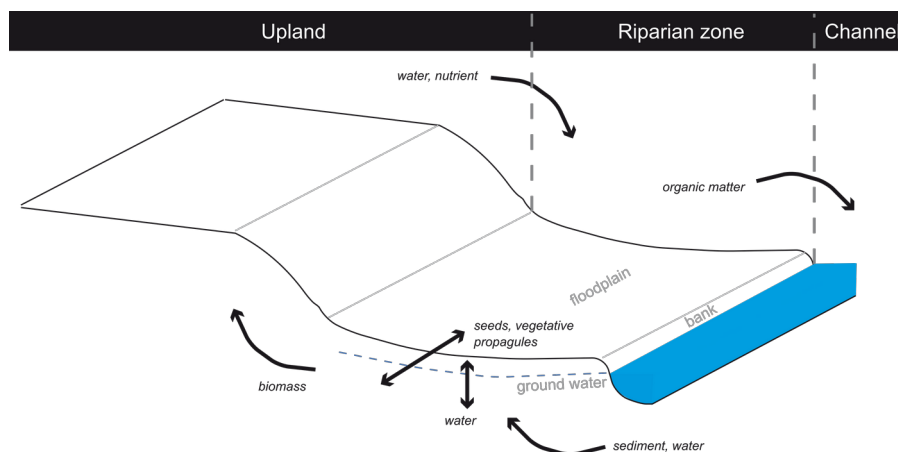


Figure 2. Coupe transversale d'une zone riveraine théorique. Les flèches indiquent les flux de matière, d'énergie, d'eau, d'information. (les exemples ne sont pas exhaustifs)



Figure 3. Végétation spécifique liée au régime de perturbations (à gauche) d'un banc de gravier colonisé par des saules (Ain, France) et aux conditions anoxiques (à droite) dans la partie basse de la berge (Aulne, Doulon, France).

2. La végétation riveraine rassemble **l'ensemble des communautés végétales** présentes dans la **zone riveraine**.

- Elle appartient à la zone riveraine, définie comme étant "une transition entre les écosystèmes terrestres et aquatiques et [...] se distinguant par des gradients dans les conditions biophysiques, les processus écologiques et les communautés vivantes. C'est une zone par laquelle les versants et le cours d'eau sont hydrologiquement reliés (flux de surface et souterrains). Elle comprend la partie des écosystèmes terrestres qui influencent considérablement les échanges d'énergie et de matière avec les écosystèmes aquatiques" (NRC, 2002). Le terme "zone" est parfois remplacé par d'autres ("écotone", "système", etc. cf. Tableau 1), car il peut être associé à la notion de zone climatique à large échelle.
- Elle forme une mosaïque d'unités végétales qui peuvent avoir des physionomies, des structures et des compositions différentes en raison de la variabilité locale des conditions physiques (vitesse d'écoulement pendant les inondations, altitude au-dessus du niveau de l'eau, substrat, etc.), de l'âge des formes fluviales et de l'usage des sols (pâturage, exploitation forestière) (figure 4).

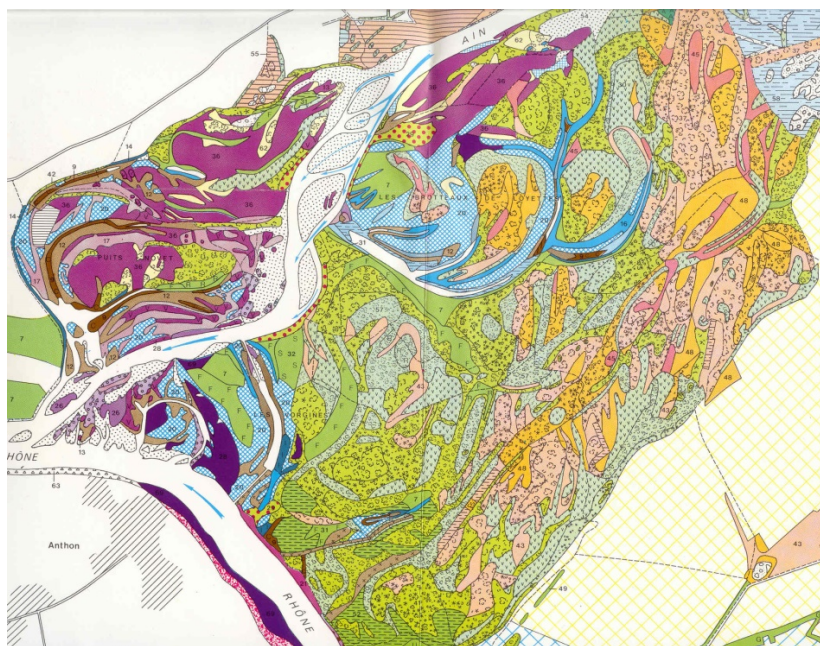


Figure 4. Carte des unités de végétation au confluent de l'Ain et du Rhône (Source : Girel, 1986). Chaque couleur représente une communauté végétale différente.

- Elle contient des communautés végétales différentes de celles des milieux adjacents (versants, plateaux, etc.) et donc elle accroît la richesse spécifique régionale (Sabo et al., 2005).
- Elle peut être simplifiée par une approche discrète qui regroupe les communautés végétales en fonction des processus dynamiques fluviaux dominants. Pour divers contextes bioclimatiques en Europe, Gurnell et al. (2016) distinguent quatre zones dans la zone riveraine, respectivement nommées à partir du chenal, "dominée par les perturbations fluviales (érosion et dépôt de sédiments grossiers)", "dominée par les perturbations fluviales (dépôt de sédiments fins)", "dominée par les inondations" et "dominée par le régime hydrique du sol" (figure 5).

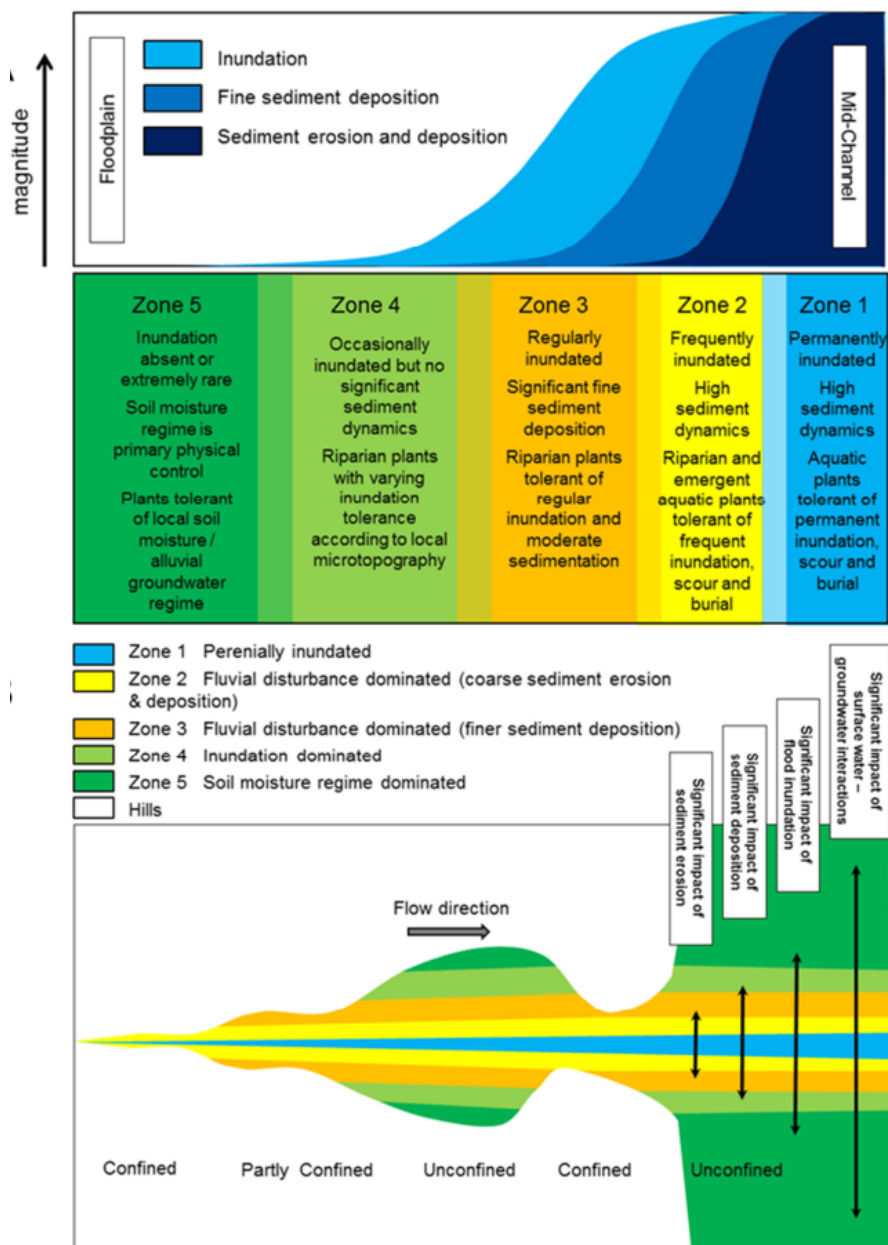


Figure 5. Zonage latéral de la zone riveraine le long du réseau fluvial ; les zones sont dominées par différents processus hydrogéomorphologiques (Source : Gurnell et al., 2016).

3. La plupart des définitions de la zone riveraine et de la végétation riveraine utilisent une **approche fonctionnelle et mettent en évidence les influences bidirectionnelles** entre les systèmes aquatiques et terrestres par des processus hydrologiques, morphologiques, chimiques et biologiques (tableau 1).

Tableau 1. Exemples de définitions de la zone riveraine et des unités de végétation associées. Type de définition : (F = fonctionnelle et S = structurelle) ; thème principal de la définition : (Flu = processus fluviaux, Geo = délimitation topographique/spatiale, Soi = caractéristiques du sol, Bio = communautés biologiques)

Expression	Définitions	Type	Approche principale	Référence
Zone riveraine				
Riparian zone	Zone of direct interaction between terrestrial and aquatic environments Vegetation, hydrology, and topography all determine the type, magnitude, and direction of functional relationships. The direction of riparian interactions refers to the notion that the terrestrial system may affect the aquatic or vice versa.	F	Flu	Swanson <i>et al.</i> , 1982
	Three dimensional zone of direct interaction between terrestrial and aquatic ecosystems. Boundaries of riparian zone extend outward to the limit of flooding and upward into the canopy of streamside vegetation	F	Flu	Gregory <i>et al.</i> , 1991
	Area in close proximity to a stream or river, the environment of which is distinctly influenced by that proximity	F/S	Flu/Geo	Bren, 1993
	Encompasses the stream channel between the low and high water marks and that portion of the terrestrial landscape from the high-water mark toward the uplands where vegetation may be influenced by elevated water tables or flooding and by the ability of the soils to hold water. [...] Vegetation outside from the zone that is not influenced by hydrologic conditions but that contributes organic matter to the floodplain or channel, or that influences the physical regime of the floodplain or channel by shading, may be considered part of the riparian zone.	F	Flu	Naiman and Décamps, 1997
	Transitional between terrestrial and aquatic ecosystems and are distinguished by gradients in biophysical conditions, ecological processes, and biota. They are areas through which surface and subsurface hydrology connect water bodies with their adjacent uplands	F	Flu	National Research Council, 2002
	Ecological term referring to that part of the fluvial landscape inundated or saturated by flood flows; it consists of all surfaces of active fluvial landforms up through the flood plain including channel, bars, shelves, and related riverine features such as oxbow lakes, oxbow depressions, and natural levees. Particularly in arid and semiarid (water-deficient) environments, the riparian zone may support plants and other biota not present on adjacent, drier uplands.	F	Flu	Osterkamp, 2008
	Semi-terrestrial areas lying at the interface of the terrestrial and aquatic environment. They are often influenced by overbank flooding events and connect upland and aquatic environments through surface and subsurface hydrologic flow paths.	F	Flu	Vidon <i>et al.</i> , 2010
	Area between the edge of the stream and the characteristic transition between organic and mineral soils. [...] This definition based on soil characteristics also has topographical and biological dimensions. The aforementioned soil transition is usually accompanied by an increasing terrain slope and by vegetation changes	S	Soi	Ledesma <i>et al.</i> , 2018
	The border or banks of a stream. Although this term is sometimes used interchangeably with floodplain, the riparian zone	S	Flu	http://medwet.org/aboutwetlands/wetland-terminology/

	is generally regarded as relatively narrow compared to a floodplain. The duration of flooding in a riparian zone is generally much shorter, and the timing less predictable than in a river floodplain.			
Riparian area	Three-dimensional ecotones of interaction that include terrestrial and aquatic ecosystems, that extend down into the groundwater, up above the canopy, outward across the floodplain, up the near-slopes that drain to the water, laterally into the terrestrial ecosystem, and along the water course at a variable width.	F	Flu	Ilhardt <i>et al.</i> , 2000
Riparian ecotone	Three-dimensional space of interaction that includes terrestrial and aquatic ecosystems that extend down into the groundwater, up above the canopy, outward across the floodplain, up the near-slopes that drain to the water, laterally into the terrestrial ecosystem, and along the water course at a variable width.	F/S	Flu	Verry <i>et al.</i> , 2004
Riparian systems	Transitional semi-terrestrial areas regularly influenced by fresh water, usually extending from the edges of water bodies to the edges of upland communities	F	Flu/Bio	Naiman and Décamps, 2005
Riparian land	Any land which adjoins, directly influences, or is influenced by a body of water	F	Geo	Lovett and Price, 1999
Formations riveraines*				
Alluvial meadow*	Grassland that grows on sediments deposited by river The meadows are characterised by regular flooding and the impact of mowing	S	Bio	Eriksson, 2008
Riparian forest*	Floodplain vegetation or vegetation directly adjacent to rivers and streams. The riparian forest extends laterally from the active channel to include the active floodplain and terraces	S	Bio	Naiman <i>et al.</i> , 1998
Riparian thicket*	Shrubland that grows along rivers	S	Bio	Davies <i>et al.</i> , 2004
(Semi)-aquatic community	Abandoned channels with aquatic and/or hydrophytic herbaceous vegetation	S	Bio	Marston <i>et al.</i> , 1995
Autres				
Alluvial forest	Forested ecosystems linked to groundwater, regularly or rarely flooded	S	Bio/Flu	Pautou, 1984
Riparian corridor	Stream channel and that portion of the terrestrial landscape from the high-water mark towards the uplands where vegetation may be influenced by elevated water tables or flooding, and by the ability of soils to hold water. <i>Note: the influence of vegetation of the river is explicitly mentioned</i>	F	Flu	Naiman <i>et al.</i> , 1993
Riparian vegetation	Hydrophytic vegetation growing in the immediate vicinity of a [...] river close enough so that its annual evapotranspiration represents a factor in the [...] river regime	S	Bio	http://medwet.org/aboutwetlands/wetland-terminology/
Riparian ecosystems	Complex assemblage of organisms and their environment existing adjacent to and near flowing water Without definite boundaries, it may include streambanks, floodplains, and wetlands as well as sub-irrigated sites forming a transitional zone between upland and aquatic. Mainly linear in shape and extent, they are characterized by laterally flowing water that rises and falls at least once within a growing season	S	Bio	Lowrance <i>et al.</i> , 1985
Gallery forest*	Narrow strip of forest associated with creeks and rivers, in an otherwise unforested landscape	S	Bio	Veneklaas <i>et al.</i> , 2005
Floodplain forest	Forested ecosystems that colonize the floodplain. The floodplain may be defined in hydrological terms as the surface that is flooded [...] or in geomorphological terms as the alluvial surface constructed by the river under current environmental conditions	S	Bio/Flu	Bendix et Hupp, 2000

* termes utilisés dans la directive européenne 92/43/EEC

4. Les zones riveraines des systèmes fluviaux influencent et sont influencées par le cours d'eau et ses processus associés, mais elles sont également ouvertes **aux zones environnantes** (ex. versants, plateaux) *via* des flux induits par des processus physiques (ex. ruissellement), biologiques (p. ex. mobilité des espèces) et humains (ex. prélèvement de biomasse par culture) (Figure 2).

5. Les zones riveraines sont des systèmes **hybrides parce qu'elles résultent d'une co-construction** induite par des processus sociaux et biophysiques. Cela signifie que les activités humaines comme l'usage des sol et la gestion des rivières sont des facteurs importants qui façonnent grandement la végétation riveraine (Piégay et al., 2003 ; Kondolf et al., 2007 ; Dufour et al., 2015 ; Brown et al., 2018). Cela implique d'incorporer dans la définition de la zone riveraine comment les populations humaines utilisent et valorisent cette zone, ce qui n'est pas actuellement le cas dans la littérature scientifique (Tableau 1).

4. SOURCES DE VARIABILITÉ DANS L'IDENTIFICATION DE LA ZONE ET DE LA VÉGÉTATION RIVERAINE

Au-delà des caractéristiques communes de la zone et de la végétation riveraines, la littérature scientifique et opérationnelle peut prêter à confusion en raison de la variété des termes utilisés. Cette variété est notamment liée à la variabilité inhérente à l'objet. Par exemple, la végétation riveraine peut désigner soit une étroite bande d'arbres dans une matrice de prairies ou de cultures (fig. 6A), soit un massif forestier de plaine inondable (fig. 6B) ou encore une forêt colonisant des dépôts colluviaux abrupts (fig. 6C). Mais cette variété est également liée à la variabilité dans la façon dont les scientifiques et les gestionnaires se représentent la végétation riveraine.

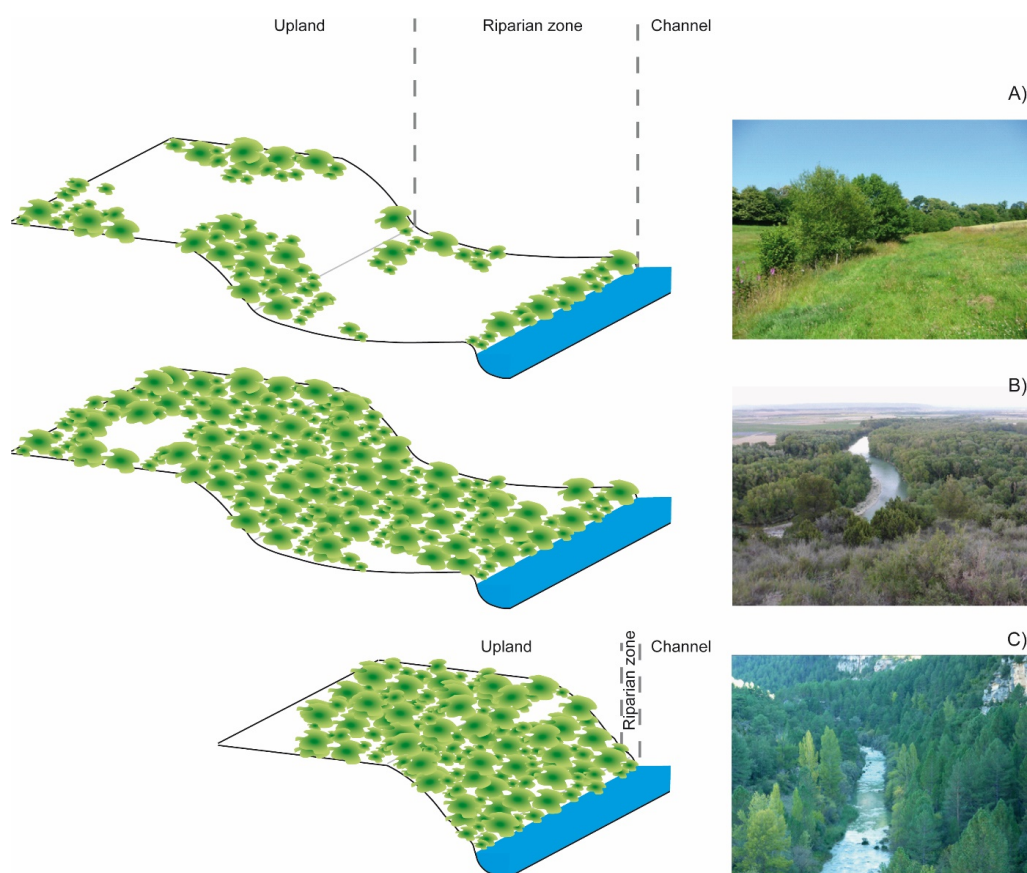


Figure 6. Illustration de la variabilité de la zone et de la végétation riveraines ; A : petit cours d'eau rural avec une zone riveraine dominée par des prairies, avec une étroite bande d'arbres le long du cours d'eau (Normandie, France) ; B : grande plaine inondable boisée (Aragón, bassin de l'Ebre, Espagne) ; C : zone riveraine forestière étroite sur un versant en zone amont (tronçon supérieur du fleuve Tage, Espagne).

4.1. VARIABILITÉ DE L'OBJET

La première source de variabilité dans l'identification de la zone et de la végétation riveraine est leur variabilité inhérente. En effet, leurs structures et leurs fonctionnements écologiques varient d'un contexte géographique à l'autre (figures 7 et 8). Globalement, les principaux facteurs qui sous-tendent cette variation dans la structure et le fonctionnement sont les suivants :

- le régime bioclimatique, qui détermine, par exemple, la quantité et la période de la disponibilité de l'eau, le régime des inondations et le temps de réponse après une perturbation (Bendix et Stella, 2013),
- le style morphologique, qui crée un patron physique 3D pour la colonisation et la croissance de la végétation et détermine les régimes de stress et de perturbation (Corenblit et al., 2015),
- le contexte d'usage des sols, par des influences directes (ex. défrichement) et indirectes (ex. prélèvement d'eau, régularisation des rivières) sur la végétation.

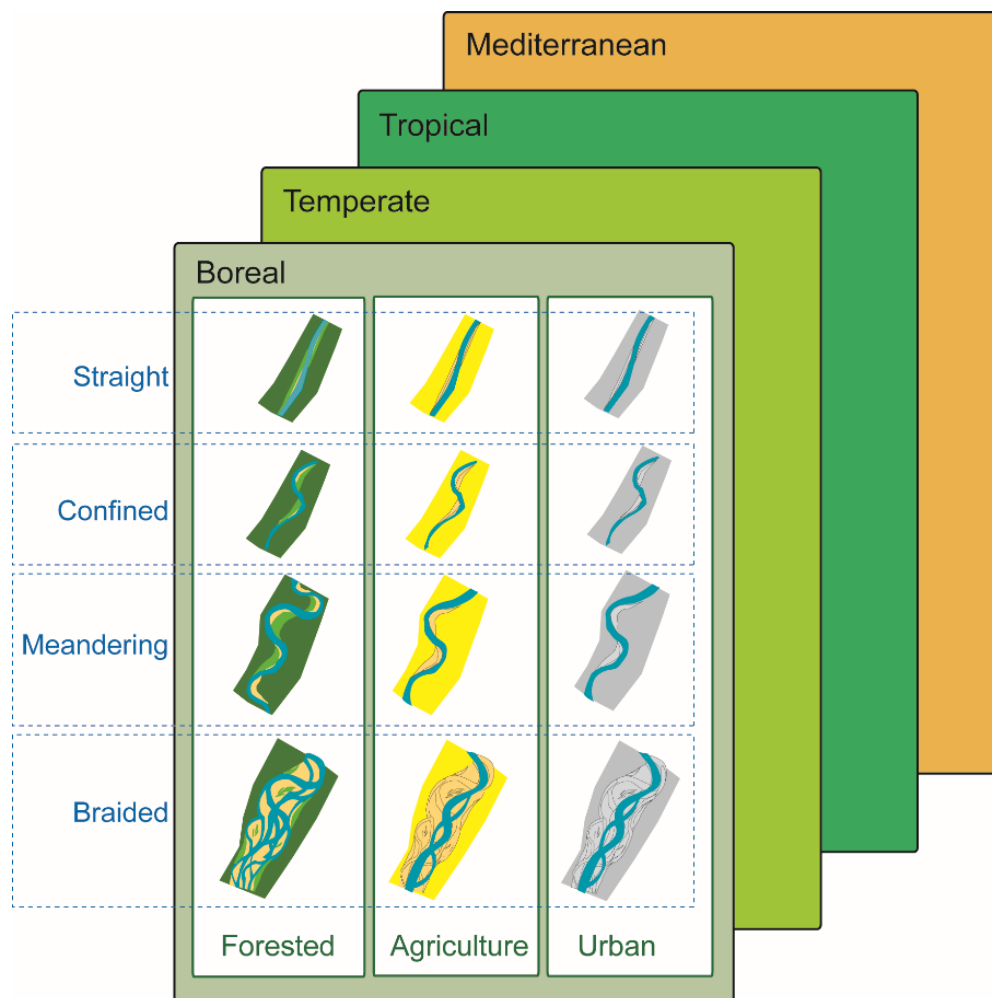


Figure 7. Sources de variabilité dans la structure et le fonctionnement de la végétation riveraine, avec des exemples de régions bioclimatiques, chacune pouvant abriter différents types biogéomorphologiques fluviaux et différentes matrices d'occupation des sols (ex. forestiers, agricoles, urbains). Notez que toutes les situations ne sont pas répertoriées (ex. climat aride) et que toutes les combinaisons ne sont pas nécessairement possibles. Le temps n'est pas représenté, mais chaque tronçon suit une trajectoire et peut passer d'un état à un autre avec le temps. De plus, chaque situation peut se référer à différentes sous-situations correspondant à différents états de conservation (par exemple, spontanée ou plantée pour un paysage forestier).

Dans la plupart des écorégions, les stades avancés de succession devraient être dominés par les arbres, de sorte que les termes désignent souvent des unités forestières : forêt inondable, forêt riveraine, forêt alluviale (tableau 1). Cependant, dans les écorégions plus contraignantes (plus froides, plus sèches), ces stades avancés peuvent présenter une physionomie différente (prairie, lande).

La variabilité des contextes influence également la hiérarchie des enjeux opérationnels et la façon dont la végétation riveraine est étudiée. Par exemple, d'un point de vue hydrologique, les flux d'eau depuis les versants sont dominants en amont alors que les flux issus du chenal dominant en aval, dans les grandes plaines alluviales. Ainsi, les études de grands systèmes alluviaux peuvent utiliser l'expression "forêt de plaine inondable" et mettre l'accent sur le rôle des inondations et des nappes phréatiques (ex. Pautou, 1984), tandis que les études sur les parties amont des bassins versants portent davantage sur le rôle exercé par la végétation sur le chenal (ex. Swanson et al., 1982).

Le climat, le style fluvial et l'usage des sols sont tous modifiés par les activités humaines dans une large gamme d'ampleur en fonction des contextes sociologiques, culturels et économiques. Ainsi, la zone et la végétation riveraines sont des systèmes socio-écologiques co-construits qui suivent des trajectoires complexes et, pour des raisons biophysiques (ex. dynamique fluviale) et anthropiques (ex. pâturage, plantation), les zones riveraines sont souvent une mosaïque complexe d'occupations du sol et d'écosystèmes variés (Fig. 7 et 8G, H et I). Cette mosaïque peut former un corridor à l'échelle du paysage (Malanson, 1993). Par exemple, dans les contextes relativement secs, les écosystèmes riverains peuvent être particulièrement visibles dans le paysage sous la forme d'une bande de végétation plus verte ; dans ce cas, le terme "galerie forestière" est parfois utilisé.

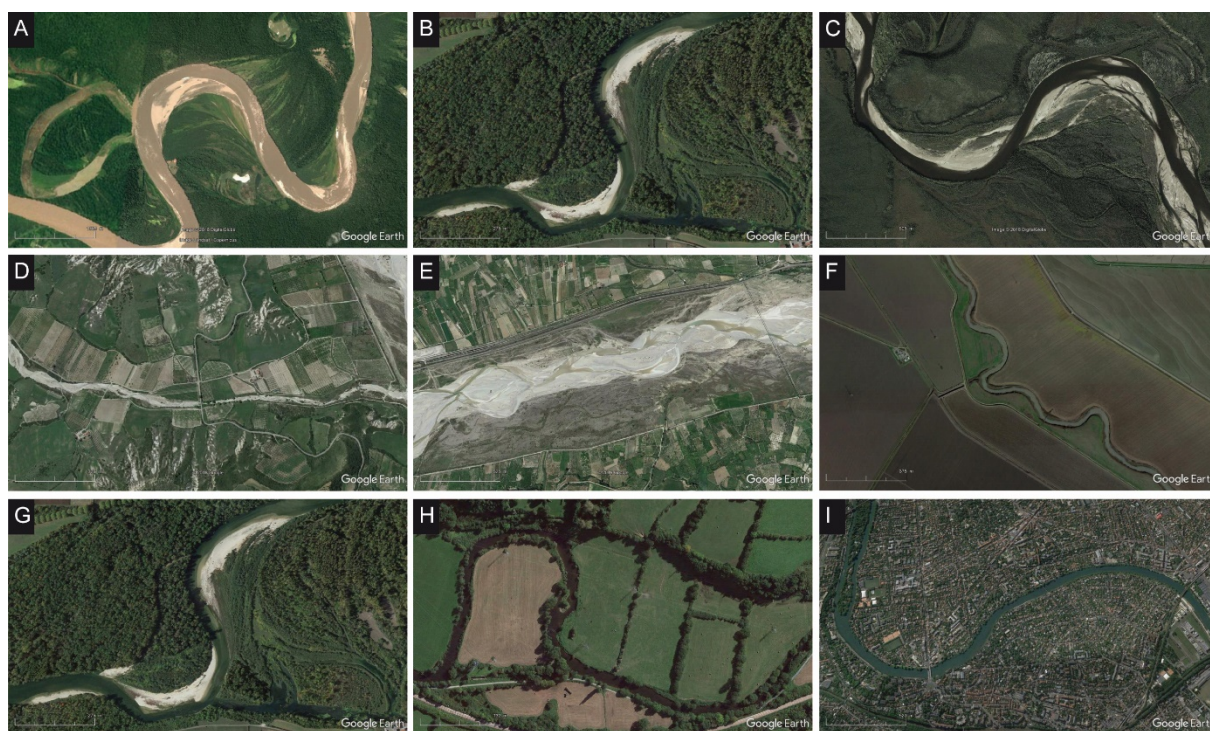


Figure 8. Exemples de tronçons de cours d'eau dans différentes régions bioclimatiques, différents types biogéomorphologiques fluviaux et différentes matrices d'usage des sols. A, B et C sont des tronçons boisés à méandres dans différents climats. A : contexte tropical dans le bassin amazonien (Brésil), B : contexte tempéré dans le bassin du Rhône (France), C : contexte boréal en Alaska (USA), D, E et F sont des zones agricoles méditerranéennes avec différents styles morphologiques. D : confiné dans le bassin du Duero (Espagne), E : en tresses dans le bassin du Duero (Espagne), F : à méandres dans le bassin du Sacramento (USA), G, H et I sont des tronçons à méandres en contexte tempéré avec différents usages des sols. G : boisé dans le bassin du Rhône (France), H : agricole dans le bassin de la Seine (France), I : urbain dans le bassin de la Seine (France). Images tirées de Google Earth.

4.2. VARIABILITÉ DE LA REPRÉSENTATION

La deuxième source de variabilité dans l'identification de la zone et de la végétation riveraines est liée à la variabilité dans la façon dont les scientifiques et les gestionnaires les perçoivent et les représentent. Par exemple, la confusion peut commencer par l'adjectif "riverain". En anglais, "riparian" n'apparaît qu'en 1873, après les adjectifs "riparious", "riparial" et "ripicolous" respectivement en 1656, 1846 et 1859 (The Oxford English Dictionary, www.oed.com). Il signifie "de, concernant, ou situé sur, les berges d'une rivière", mais la définition de "berges" peut n'inclure que la pente bordant le chenal ou intégrer le sommet de cette pente (correspondant à la rive). Et la rive ne possède pas nécessairement une limite précise et peut s'étendre sur une partie de la plaine d'inondation.

Cette variabilité dans la représentation peut être liée au but de l'étude, à la fonction écologique analysée, au parcours scientifique des auteurs, etc. Par exemple, la zone riveraine a été définie comme étant :

- la "zone entre le bord du cours d'eau et la transition caractéristique entre les sols organiques et minéraux" dans une perspective pédologique par Ledesma et al. (2018),
- la "partie du paysage fluvial inondée ou saturée par les crues [qui] se compose de toutes les formes fluviales actives au sein de la plaine inondable, y compris le chenal, les bancs, les banquettes, etc." dans perspective hydromorphologique par Osterkamp (2008),
- là "où la végétation peut être influencée par des nappes phréatiques[...] et par la capacité des sols à retenir l'eau [et la] végétation[...] qui apporte de la matière organique à la plaine inondable ou au chenal, ou qui influence [...] la plaine inondable ou le chenal par l'ombrage" dans une perspective plus biologique par Naiman et Décamps (1997).

5. DÉLIMITATION DE LA ZONE RIVERAINE

La nature graduelle et floue de la zone riveraine rend difficile l'adoption d'une approche simple et universelle pour la délimiter (Clerici et al., 2013 ; de Sosa et al., 2017). Deux approches principales existent pour surmonter cette difficulté.

Tout d'abord, on peut fixer une **distance par rapport au chenal**, éventuellement pondérée par la taille de la rivière. L'avantage de cette approche est une mise en œuvre simple de règles juridiques concernant les berges (par exemple, l'autorisation de couper la végétation). Ainsi, elle est utilisée dans plusieurs pays pour préserver la zone riveraine (ex. USA, Brésil, Slovaquie). Dans cette approche, la distance devrait être basée sur la littérature scientifique qui identifie une exigence minimale pour assurer la production d'un (ou de plusieurs) service(s) (ex. stabilisation des berges, réduction de l'azote). Par exemple, Castelle et al. (1994) ont constaté qu'une zone tampon d'au moins 15 m est nécessaire pour protéger les zones humides et les cours d'eau dans la plupart des contextes. Étant donné que la distance appropriée dépend du service cible (ou de l'ensemble de services ; voir de Sosa et al., 2017), cette approche peut produire une variété de valeurs : Castelle et al. (1994) indiquent ainsi une largeur pertinente variant de 3 à 200 m. Lorsque cette distance fixe a une dimension juridique, elle résulte nécessairement d'un compromis politique entre plusieurs enjeux et acteurs. Ainsi, dans de nombreux cas, la distance retenue est basée sur une décision avec peu ou pas de bases scientifiques, et le compromis produit souvent une distance relativement courte qui ne peut convenir pour toutes les fonctions. De plus, une distance fixe ne tient pas compte des caractéristiques particulières d'un site donné, comme la configuration ou les processus hydromorphologiques, qui sont essentielles à la compréhension du fonctionnement riverain et donc à la gestion adéquate de la zone riveraine. Une distance fixe peut être considérée comme une exigence

minimale, mais, du point de vue de la durabilité, elle est loin d'être l'approche la plus pertinente, car elle ne repose pas sur le fonctionnement socio-écologique de la zone riveraine.

On peut aussi délimiter la zone riveraine à l'aide **d'approches structurales, fonctionnelles ou mixtes** (pour une comparaison des approches, voir par exemple de Sosa et al (2017) et Fig. 9). Ainsi, la délimitation des zones riveraines se base souvent sur des paramètres structuraux, principalement l'occupation du sol, et sur des caractéristiques topographiques. Par exemple, Thomas et al. (1979) ont délimité la zone riveraine en identifiant la végétation liée à l'eau ou dont les conditions sont plus humides que la moyenne. Le changement de composition des espèces entre zone riveraine et zone non riveraine peut être observé sur la végétation (Hagan et al., 2006), mais aussi sur des animaux comme les amphibiens (Perkins et Hunter, 2006). Toutefois, l'utilisation de groupes biologiques différents peut donner lieu à des délimitations différentes : Hagan et al. (2006) n'ont pas été en mesure de délimiter la zone riveraine des petits cours d'eau en fonction des espèces d'arbres et d'arbustes, mais ils ont trouvé une composition spécifique de communautés herbacées dans la zone riveraine qui diffère de celles des zones environnantes. De plus, ils ont trouvé une largeur de la zone riveraine plus étroite que Perkins et Hunter (2006) qui ont utilisé les amphibiens comme indicateurs. De plus, cette approche est difficile à appliquer à large échelle.

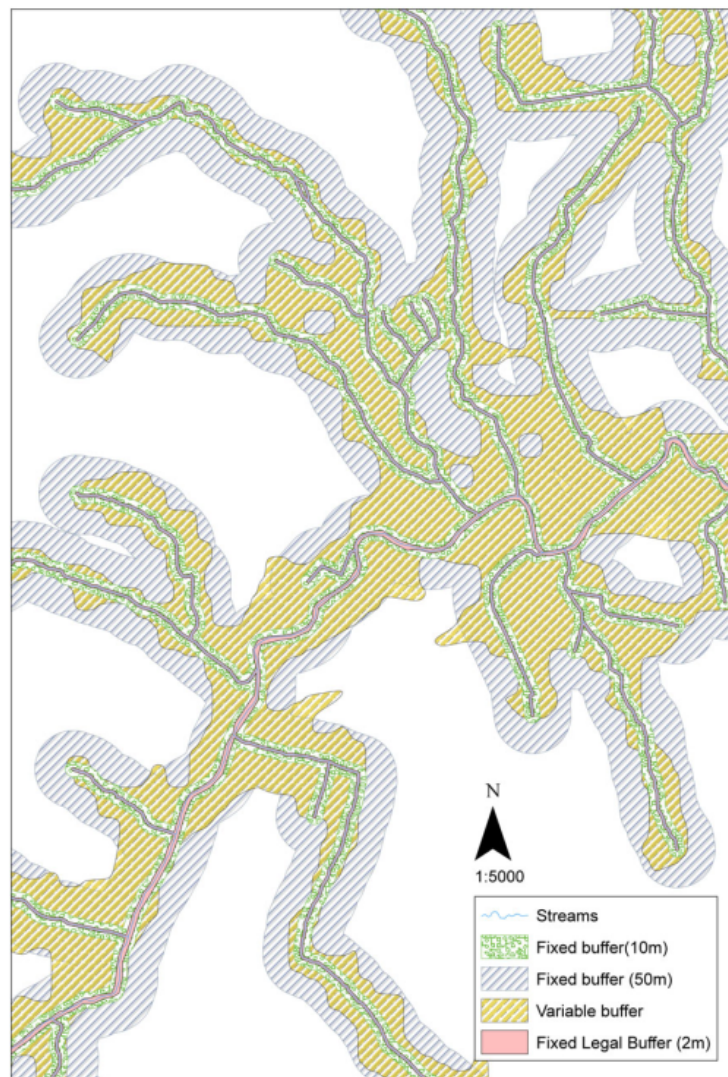
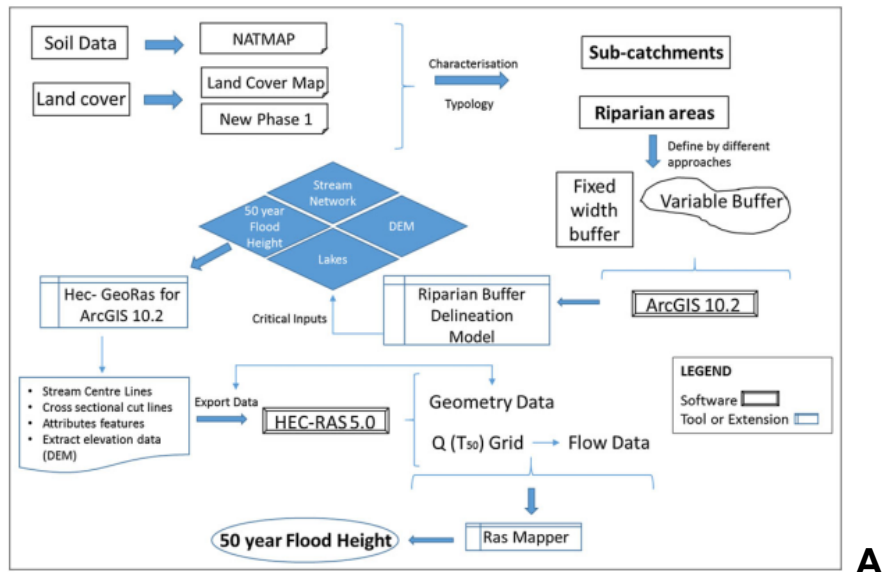


Figure 9. Exemple de comparaison des approches de délimitation des zones tampons riveraines (Source : de Sosa et al., 2017).

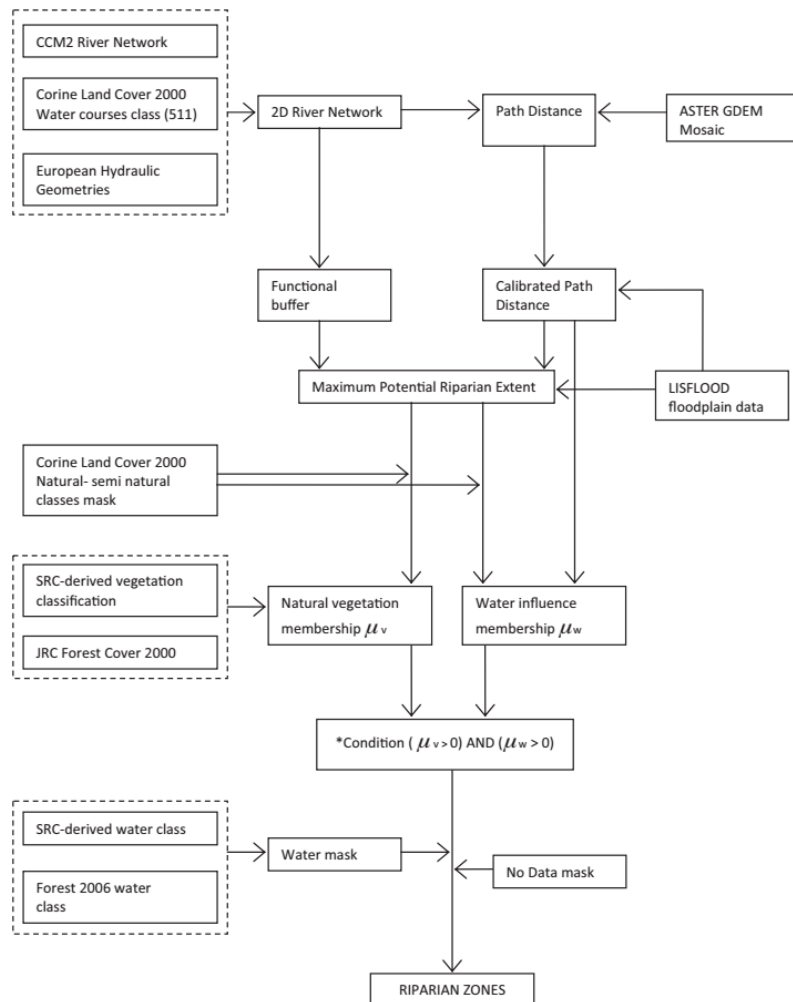
A large échelle, une autre approche structurale est utilisée, basée principalement sur des caractéristiques topographiques. Par exemple, Ilhardt et al. (2000) et Verry (2004) ont élaboré des approches fondées sur les caractéristiques topographiques et la forme des vallées. Cette approche est particulièrement utile pour la délimitation à large échelle, et le processus de cartographie est régulièrement amélioré par le développement continu d'outils de télédétection (surtout pour les petits cours d'eau). Elle présente toutefois certaines limites, notamment pour les cours d'eau à faible pente qui n'ont pas de fond de vallée clairement identifié.

Évidemment, les approches structurales peinent à saisir la dimension fonctionnelle de la zone riveraine et il est possible de développer des approches plus dynamiques, notamment en utilisant un critère hydraulique. Par exemple, en supposant que la plupart des propagules riveraines ont besoin d'une inondation pour germer et se développer, la zone riveraine pourrait être délimitée sur la base des exigences temporelles au maintien d'une population durable d'une espèce riveraine cible. Si les espèces cibles sont des plantes herbacées annuelles ou vivaces, les populations associées ont besoin d'une inondation tous les 2 à 3 ans, mais si ce sont des espèces ligneuses (saules, peupliers, aulnes, etc.) qui ont un cycle de vie plus long, elles peuvent avoir besoin d'une inondation tous les 10-20 ans seulement. Par conséquent, la zone riveraine pourrait être définie comme l'enveloppe qui est inondée par des débits avec une période de récurrence de 10 à 20 ans. Cette délimitation correspond approximativement à la zone 4 de Gurnell et al (2016) (Fig. 5), qui est parfois inondée, mais sans dynamique sédimentaire marquée. Cette approche a trois limites principales. Premièrement, il faut un modèle de relation débit / hauteur en crue. Deuxièmement, elle fournit différentes largeurs de la zone riveraine selon l'espèce cible. Enfin, la zone la plus sèche du modèle conceptuel de Gurnell et al (2016) (là où les inondations sont absentes ou extrêmement rares, mais l'humidité du sol est permanente puisque les niveaux d'eau phréatiques sont élevés toute l'année) est difficile à modéliser et, dans la plupart des cas, nécessite un travail de terrain pour être identifiée.

L'évolution récente des données et des ressources informatiques disponibles permet de développer des approches mixtes à large échelle (de Sosa et al., 2017 ; Fig. 10). Par exemple, à l'échelle européenne, une approche développée par le JRC de l'Union européenne combine différentes informations : un indice de forme de vallée calculé avec un modèle numérique de terrain, un modèle d'élévation des crues (lorsqu'il est disponible) et une distance tampon minimale fixe de 40 m autour du cours d'eau définie d'après la littérature scientifique (Clerici et al., 2011 ; Clerici et al., 2013). La combinaison d'une distance tampon fixe et de critères d'inondation (ou topographiques) permet de prendre en compte à la fois l'influence de la zone riveraine sur le système fluvial et celle de la dynamique fluviale sur la zone riveraine ; c'est donc le seul moyen de fournir une information cohérente et pertinente pour les principales directives communautaires concernées par les zones riveraines (notamment les directives habitats, eau, nitrate). Le système de suivi de l'UE, Copernicus, fournit également trois jeux de données consacrés aux zones riveraines (occupation/usage des sols, délimitation des zones riveraines et éléments linéaires verts ; voir Weissteiner et al., 2016 et <https://land.copernicus.eu/local/riparian-zones>).



A



B

Figure 10. Exemples d'organigrammes pour la modélisation de la délimitation des zones riveraines (A) à l'échelle du bassin versant dans de Sosa et al (2017) et (B) à l'échelle européenne dans Clerici et al (2013). Cette dernière combine une largeur fixe ("tampon fonctionnel") avec des données hydrauliques ("données de plaine inondable LISFLOOD", c'est-à-dire des zones de plaine inondable à fréquence de 50 ans modélisées), topographiques ("ASTER GDEM Mosaic") et de couverture terrestre ("Corine Land Cover 2000").

CONCLUSION - RECOMMANDATION

En conclusion, nous considérons la végétation riveraine des systèmes fluviaux comme un ensemble co-construit d'unités de végétation localisées le long du réseau fluvial, indépendamment de leur physionomie ou de leur origine, qui est fonctionnellement lié aux autres composantes du système fluvial et des zones environnantes. Elle appartient à la zone riveraine, qui est un paysage hybride et ouvert : hybride parce qu'il résulte d'une co-construction animée par des processus sociaux et biophysiques, et ouvert parce que la zone riveraine influence et est influencée par le cours d'eau et la dynamique fluviale. Ainsi, la structure et le fonctionnement écologique des communautés biotiques de cette zone varient selon les quatre dimensions de l'hydrosystème fluvial. Cette variabilité est principalement liée aux conditions bioclimatiques, géomorphologiques et d'usages des sols, qui changent avec le temps sous l'influence des facteurs naturels et humains. Cette variabilité influence clairement la façon dont la végétation riveraine est étudiée. De plus, le fait que cette variabilité soit liée à la variabilité des contextes géographiques impose des contingences notables et génère des difficultés de généralisation et de transfert des connaissances.

En conclusion, les principales recommandations pour améliorer l'intégration de la végétation riveraine dans la gestion des paysages fluviaux sont les suivantes :

1. Reconnaître les zones riveraines comme des systèmes socio-écologiques co-construits par des processus naturels ET humains qui suivent des trajectoires complexes dans le temps.
2. Considérer la zone riveraine comme un système ouvert (i) relié au chenal, à la zone environnante, au bassin versant amont, à l'atmosphère et au substrat et (ii) relié à ces composantes par des flux bidirectionnels.
3. Promouvoir l'utilisation d'une définition/délimitation qui intègre et maximise toutes les fonctions au sein du système socio-écologique (c'est-à-dire le soutien, l'approvisionnement, la régulation et les services des écosystèmes culturels).
4. Élaborer des exemples et des outils pour promouvoir les bonnes pratiques dans l'application des méthodes de délimitation des zones riveraines.
5. Clarifier les connaissances propres à chaque site et les connaissances transférables (ex. largeur minimale de la zone riveraine nécessaire pour une fonction donnée, efficacité de l'indice topographique donné pour délimiter la zone riveraine).

REFERENCES

- Astudillo, M.R., Novelo-Gutiérrez, R., Vázquez, G., García-Franco, J.G., Ramírez, A., 2016. Relationships between land cover, riparian vegetation, stream characteristics, and aquatic insects in cloud forest streams, Mexico. *Hydrobiologia* 768, 167–181. <https://doi.org/10.1007/s10750-015-2545-1>
- Bendix, J., Hupp, C.R., 2000. Hydrological and geomorphological impacts on riparian plant communities. *Hydrological Processes* 14, 2977–2990. [https://doi.org/10.1002/1099-1085\(200011/12\)14:16/17<2977::AID-HYP130>3.0.CO;2-4](https://doi.org/10.1002/1099-1085(200011/12)14:16/17<2977::AID-HYP130>3.0.CO;2-4)
- Bendix, J., Stella, J.C., 2013. Riparian Vegetation and the Fluvial Environment: A Biogeographic Perspective, in: *Treatise on Geomorphology*. Elsevier, pp. 53–74. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374739-6.00322-5>
- Beschta, R.L., Bilby, R.E., Brown, G.W., Holtby, L.B., Hofstra, T.D., 1987. Stream Temperature and Aquatic Habitat: Fisheries and Forestry Interactions, in: *Streamside Management: Forestry and Fishery Interactions*. Salo, E.O., Cundy, T.W., Seattle, pp. 191–232.
- Bren, L.J., 1993. Riparian zone, stream, and floodplain issues: a review. *Journal of Hydrology* 150, 277–299. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(93\)90113-N](https://doi.org/10.1016/0022-1694(93)90113-N)
- Brown, A.G., Lespez, L., Sear, D.A., Macaire, J.-J., Houben, P., Klimek, K., Brazier, R.E., Van Oost, K., Pears, B., 2018. Natural vs anthropogenic streams in Europe: History, ecology and implications for restoration, river-rewilding and riverine ecosystem services. *Earth-Science Reviews* 180, 185–205. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.02.001>
- Castelle, A.J., Johnson, A.W., Conolly, C., 1994. Wetland and Stream Buffer Size Requirements—A Review. *Journal of Environment Quality* 23, 878. <https://doi.org/10.2134/jeq1994.00472425002300050004x>
- Clerici, N., Weissteiner, C.J., Paracchini, M.L., Boschetti, L., Baraldi, A., Strobl, P., 2013. Pan-European distribution modelling of stream riparian zones based on multi-source Earth Observation data. *Ecological Indicators* 24, 211–223. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.06.002>
- Clerici, N., Weissteiner, C.J., Paracchini, M.L., Strobl, P., 2011. Riparian zones: where green and blue networks meet Pan-European zonation modelling based on remote sensing and GIS (EUR – Scientific and Technical Research series). JRC.
- Corenblit, D., Baas, A., Balke, T., Bouma, T., Fromard, F., Garófano-Gómez, V., González, E., Gurnell, A.M., Hortobágyi, B., Julien, F., Kim, D., Lambs, L., Stallins, J.A., Steiger, J., Tabacchi, E., Walcker, R., 2015. Engineer pioneer plants respond to and affect geomorphic constraints similarly along water-terrestrial interfaces world-wide: Biogeomorphic feedbacks along water-terrestrial interfaces. *Global Ecology and Biogeography* 24, 1363–1376. <https://doi.org/10.1111/geb.12373>
- Corenblit, D., Tabacchi, E., Steiger, J., Gurnell, A.M., 2007. Reciprocal interactions and adjustments between fluvial landforms and vegetation dynamics in river corridors: A review of complementary approaches. *Earth-Science Reviews* 84, 56–86.
- Davies, C.E., Moss, D., O'Hill, M., 2004. EUNIS habitat classification report. EEA.
- de la Fuente, B., Mateo-Sánchez, M.C., Rodríguez, G., Gastón, A., Pérez de Ayala, R., Colomina-Pérez, D., Melero, M., Saura, S., 2018. Natura 2000 sites, public forests and riparian corridors: The connectivity backbone of forest green infrastructure. *Land Use Policy* 75, 429–441. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.04.002>
- de Sosa, L.L., Glanville, H.C., Marshall, M.R., Abood, S.A., Williams, A.P., Jones, D.L., 2018. Delineating and mapping riparian areas for ecosystem service assessment. *Ecohydrology* 11, e1928. <https://doi.org/10.1002/eco.1928>
- Decamps, H., Joachim, J., Lauga, J., 1987. The importance for birds of the riparian woodlands within the alluvial corridor of the river garonne, S.W. France. *Regulated Rivers: Research & Management* 1, 301–316. <https://doi.org/10.1002/rrr.3450010403>
- Dufour, S., Rinaldi, M., Piégay, H., Michalon, A., 2015. How do river dynamics and human influences affect the landscape pattern of fluvial corridors? Lessons from the Magra River, Central–Northern Italy. *Landscape and Urban Planning* 134, 107–118. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.10.007>
- Dufour, S., Rodríguez-González, P.M., Laslier, M., 2019. Tracing the scientific trajectory of riparian vegetation studies: Main topics, approaches and needs in a globally changing world. *Science of The Total Environment* 653, 1168–1185. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.383>
- Dugdale, S.J., Malcolm, I.A., Kantola, K., Hannah, D.M., 2018. Stream temperature under contrasting riparian forest cover: Understanding thermal dynamics and heat exchange processes. *Science of The Total Environment* 610–611, 1375–1389. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.198>
- Ehrenfeld, J.G., 2003. Effects of Exotic Plant Invasions on Soil Nutrient Cycling Processes. *Ecosystems* 6, 503–523.
- Eriksson, M.O.G., 2008. Management of Natura 2000 habitats. 6450 Northern Boreal alluvial meadows. European Commission.
- Ferreira, V., Castela, J., Rosa, P., Tonin, A.M., Boyero, L., Graça, M.A.S., 2016. Aquatic hyphomycetes, benthic macroinvertebrates and leaf litter decomposition in streams naturally differing in riparian vegetation. *Aquatic Ecology* 50, 711–725. <https://doi.org/10.1007/s10452-016-9588-x>
- Fischer, R.A., Martin, C.O., Ratti, J.T., Guidice, J., 2001. Riparian Terminology: Confusion and Clarification.

- Flanagan, L.B., Orchard, T.E., Logie, G.S.J., Coburn, C.A., Rood, S.B., 2017. Water use in a riparian cottonwood ecosystem: Eddy covariance measurements and scaling along a river corridor. *Agricultural and Forest Meteorology* 232, 332–348. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.08.024>
- Flores-Díaz, A.C., Castillo, A., Sánchez-Matías, M., Maass, M., 2014. Local values and decisions: views and constraints for riparian management in western Mexico. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 06. <https://doi.org/10.1051/kmae/2014017>
- Girel, J., 1986. Télédétection et cartographie à grande échelle de la végétation alluviale : exemple de la basse plaine de l'Ain. *Documents de cartographie écologique* 28, 45–74.
- Gregory, S.V., Swanson, F.J., McKee, W.A., Cummins, K.W., 1991. An ecosystem perspective of riparian zones. *BioScience* 41, 540–551.
- Gren, I.-M., Groth, K.-H., Sylvén, M., 1995. Economic Values of Danube Floodplains. *Journal of Environmental Management* 45, 333–345. <https://doi.org/10.1006/jema.1995.0080>
- Gurnell, A., 2014. Plants as river system engineers. *Earth Surface Processes and Landforms* 39, 4–25. <https://doi.org/10.1002/esp.3397>
- Gurnell, A., Petts, G., 2006. Trees as riparian engineers: the Tagliamento river, Italy. *Earth Surface Processes and Landforms* 31, 1558–1574. <https://doi.org/10.1002/esp.1342>
- Gurnell, A.M., Corenblit, D., García de Jalón, D., González del Tánago, M., Grabowski, R.C., O'Hare, M.T., Szewczyk, M., 2016. A Conceptual Model of Vegetation-hydrogeomorphology Interactions Within River Corridors. *River Research and Applications* 32, 142–163. <https://doi.org/10.1002/rra.2928>
- Gurnell, A.M., Gregory, K.J., 1995. Interactions between semi-natural vegetation and hydrogeomorphological processes. *Geomorphology* 13, 49–69. [https://doi.org/10.1016/0169-555X\(95\)00030-9](https://doi.org/10.1016/0169-555X(95)00030-9)
- Hagan, J.M., Pealer, S., Whitman, A.A., 2006. Do small headwater streams have a riparian zone defined by plant communities? *Canadian Journal of Forest Research* 36, 2131–2140. <https://doi.org/10.1139/x06-114>
- Hill, W.R., Mulholland, P.J., Marzolf, E.R., 2001. Stream ecosystem responses to forest leaf emergence in spring. *Ecology* 82, 2306–2319. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2001\)082\[2306:SERTFL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2001)082[2306:SERTFL]2.0.CO;2)
- Illhardt, B.L., Verry, E.S., Palik, B.J., 2000. Defining riparian areas, in: *Riparian Management in Forests of the Continental Eastern United States*. Verry, E.S., New York, NY, pp. 23–42.
- Irmak, S., Kabenge, I., Rudnick, D., Knezevic, S., Woodward, D., Moravek, M., 2013. Evapotranspiration crop coefficients for mixed riparian plant community and transpiration crop coefficients for Common reed, Cottonwood and Peach-leaf willow in the Platte River Basin, Nebraska-USA. *Journal of Hydrology* 481, 177–190. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.12.032>
- Jobin, B., Bélanger, L., Boutin, C., Maisonneuve, C., 2004. Conservation value of agricultural riparian strips in the Boyer River watershed, Québec (Canada). *Agriculture, Ecosystems & Environment* 103, 413–423. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.12.014>
- Kenwick, R.A., Shammin, M.R., Sullivan, W.C., 2009. Preferences for riparian buffers. *Landscape and Urban Planning* 91, 88–96. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.12.005>
- Kondolf, G.M., Piégay, H., Landon, N., 2007. Changes in the riparian zone of the lower Eygues River, France, since 1830. *Landscape Ecology* 22, 367–384. <https://doi.org/10.1007/s10980-006-9033-y>
- Kristensen, P., Kristensen, E., Riis, T., Anette, A., Larsen, S., Verdonchot, P., Baattrup-Pedersen, A., 2015. Riparian forest as a management tool for moderating future thermal conditions of lowland temperate streams. *Inland Waters* 5, 27–38. <https://doi.org/10.5268/IW-5.1.751>
- Lamontagne, S., Cook, P.G., O'Grady, A., Eamus, D., 2005. Groundwater use by vegetation in a tropical savanna riparian zone (Daly River, Australia). *Journal of Hydrology* 310, 280–293. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.01.009>
- Ledesma, J.L.J., Fitter, M.N., Blackburn, M., Lidman, F., Grabs, T., Sponseller, R.A., Laudon, H., Bishop, K.H., Köhler, S.J., 2018. Towards an Improved Conceptualization of Riparian Zones in Boreal Forest Headwaters. *Ecosystems* 21, 297–315. <https://doi.org/10.1007/s10021-017-0149-5>
- Lovett, S., Price, P., 1999. Riparian land management technical guidelines. Land and Water Resources Research and Development Corp. (LWRRDC), Canberra.
- Lowrance, R., Leonard, R., Sheridan, J., 1985. Managing riparian ecosystems to control nonpoint pollution. *Journal of Soil and Water Conservation* 40, 87–91.
- Malanson, G.P., 1993. *Riparian landscapes*, Cambridge studies in ecology. Cambridge University Press, Cambridge ; New York.
- Mander, Ü., Hayakawa, Y., Kuusemets, V., 2005. Purification processes, ecological functions, planning and design of riparian buffer zones in agricultural watersheds. *Ecological Engineering* 24, 421–432. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2005.01.015>
- Maridet, L., 1994. La végétation rivulaire, facteur de contrôle du fonctionnement écologique des cours d'eau : influence sur les communautés benthiques et hyporhéiques et sur les peuplements de poissons dans trois cours d'eau du Massif Central (Thèse de Doctorat). Université de Lyon, Lyon.
- Marston, R.A., Girel, J., Pautou, G., Piegay, H., Bravard, J.-P., Arneson, C., 1995. Channel metamorphosis, floodplain disturbance, and vegetation development: Ain River, France. *Geomorphology* 13, 121–131. [https://doi.org/10.1016/0169-555X\(95\)00066-E](https://doi.org/10.1016/0169-555X(95)00066-E)
- Miura, A., Urabe, J., 2015. Riparian land cover and land use effects on riverine epilithic fungal communities. *Ecological Research* 30, 1047–1055. <https://doi.org/10.1007/s11284-015-1303-1>

- Naiman, R.J., Décamps, H., 1997. The ecology of interfaces : Riparian Zones. *Annual Review of Ecology and Systematics* 28, 621–658. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.28.1.621>
- Naiman, R.J., Décamps, H., McClain, M.E., 2005. *Riparia: ecology, conservation, and management of streamside communities*, Aquatic ecology series. Elsevier, Academic Press, Amsterdam.
- Naiman, R.J., Decamps, H., Pollock, M., 1993. The Role of Riparian Corridors in Maintaining Regional Biodiversity. *Ecological Applications* 3, 209–212. <https://doi.org/10.2307/1941822>
- Naiman, R.J., Fetherston, K.L., McKay, S., Chen, J., 1998. Riparian forests, in: *River Ecology and Management: Lessons from the Pacific Coastal Ecoregion*. R. J. Naiman and R. E. Bilby, New York, pp. 289–323.
- NRC, 2002. *Riparian Areas: Functions and Strategies for Management*. National Academies Press, Washington, D.C. <https://doi.org/10.17226/10327>
- Osterkamp, W.R., 2008. *Annotated Definitions of Selected Geomorphic Terms and Related Terms of Hydrology, Sedimentology, Soil Science and Ecology*. USGS, Reston, Virginia.
- Pautou, G., 1984. L'organisation des forêts alluviales dans l'axe rhodanien entre Genève et Lyon ; comparaison avec d'autres systèmes fluviaux. *Documents de cartographie écologique* 27, 43–64.
- Pautou, G., Ponsero, A., Jouannaud, P., 1997. Les changements de biodiversité dans les interfaces alluviales. Application à la plaine d'inondation du Rhône entre Genève et Lyon et à la réserve naturelle du marais de lavours. *Revue d'Ecologie Alpine* IV, 35–63.
- Perkins, D.W., Hunter, Jr., M.L., 2006. Use of amphibians to define riparian zones of headwater streams. *Canadian Journal of Forest Research* 36, 2124–2130. <https://doi.org/10.1139/x06-111>
- Piégay, H., Gurnell, A.M., 1997. Large woody debris and river geomorphological pattern: examples from S.E. France and S. England. *Geomorphology* 19, 99–116.
- Piégay, H., Pautou, G., Ruffinoni, C., 2003. *Les forêts riveraines des cours d'eau: écologie, fonctions et gestion*. IDF, Institut pour le développement forestier, Paris.
- Pivec, J., 2002. A short-term reponse of floodplain and spruce forests to evaporation requirements in Moravia in different years. *Journal of Forest Science* 48, 320–327.
- Recchia, L., Cini, E., Corsi, S., 2010. Multicriteria analysis to evaluate the energetic reuse of riparian vegetation. *Applied Energy* 87, 310–319. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.08.034>
- Rosenberg, D.K., Noon, B.R., Meslow, E.C., 1997. Biological Corridors: Form, Function, and Efficacy. *BioScience* 47, 677–687. <https://doi.org/10.2307/1313208>
- Roshan, Z.S., Anushiravani, S., Karimi, S., Moradi, H.V., Salmanmahini, A.R., 2017. The importance of various stages of succession in preservation of biodiversity among riparian birds in northern Iran. *Environmental Monitoring and Assessment* 189. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-5778-9>
- Sabater, S., Butturini, A., Clement, J.-C., Burt, T., Dowrick, D., Hefting, M., Matre, V., Pinay, G., Postolache, C., Rzepecki, M., Sabater, F., 2003. Nitrogen Removal by Riparian Buffers along a European Climatic Gradient: Patterns and Factors of Variation. *Ecosystems* 6, 0020–0030. <https://doi.org/10.1007/s10021-002-0183-8>
- Sabo, J.L., Sponseller, R., Dixon, M., Gade, K., Harms, T., Heffernan, J., Jani, A., Katz, G., Soykan, C., Watts, J., Welter, J., 2005. Riparian zones increase regional species richness by harboring different, not more, species. *Ecology* 86, 56–62. <https://doi.org/10.1890/04-0668>
- Salemi, L.F., Groppo, J.D., Trevisan, R., Marcos de Moraes, J., de Paula Lima, W., Martinelli, L.A., 2012. Riparian vegetation and water yield: A synthesis. *Journal of Hydrology* 454–455, 195–202. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.05.061>
- Schnitzler, A., Génot, J.-C. (Eds.), 2012. *La France des friches: de la ruralité à la féralité, Matière à débattre et à décider*. Éditions Quae, Versailles.
- Schnitzler-Lenoble, A., 2007. *Forêts alluviales d'Europe: écologie, biogéographie, valeur intrinsèque*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- Seymour, C.L., Simmons, R.E., 2008. Can severely fragmented patches of riparian vegetation still be important for arid-land bird diversity? *Journal of Arid Environments* 72, 2275–2281. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2008.07.014>
- Swanson, F.J., Gregory, S.V., Sedell, J.R., 1982. Land-water interactions: the riparian zone, in: *Analysis of Coniferous Forest Ecosystems in the Western United States*, US International Biological Program Synthesis Serial 14. Edmonds, RL, New York, pp. 267–291.
- Tabacchi, E., 1992. Variabilité des peuplements riverains de l'Adour. Influence de la dynamique fluviale à différentes échelles d'espace et de temps. (Thèse doctorat). Université Paul Sabatier, Toulouse.
- Tabacchi, E., Correll, D.L., Hauer, R., Pinay, G., Planty-Tabacchi, A.-M., Wissmar, R.C., 1998. Development, maintenance and role of riparian vegetation in the river landscape. *Freshwater Biology* 40, 497–516. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.1998.00381.x>
- Tal, M., Gran, K., Murray, A.B., Paola, C., Hicks, D.M., 2004. Riparian vegetation as a primary control on channel characteristics in multi-thread rivers, in: Bennett, S.J., Simon, A. (Eds.), *Water Science and Application*. American Geophysical Union, Washington, D. C., pp. 43–58. <https://doi.org/10.1029/008WSA04>
- Thomas, J.W., Maser, C., Rodiek, J.E., 1979. Wildlife habitats in managed rangelands--the Great Basin of southeastern Oregon, riparian zones, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station. USDA Forest Service, Portland, OR.

- Trimmel, H., Weihs, P., Leidinger, D., Formayer, H., Kalny, G., Melcher, A., 2018. Can riparian vegetation shade mitigate the expected rise in stream temperatures due to climate change during heat waves in a human-impacted pre-alpine river? *Hydrology and Earth System Sciences* 22, 437–461. <https://doi.org/10.5194/hess-22-437-2018>
- Veneklaas, E.J., Fajardo, A., Obregon†, S., Lozano, J., 2005. Gallery forest types and their environmental correlates in a Colombian savanna landscape. *Ecography* 28, 236–252. <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2005.03934.x>
- Verry, E.S., Dolloff, C.A., Manning, M.E., 2004. Riparian ecotone: a functional definition and delineation for resource assessment. *Water, Air, and Soil Pollution: Focus* 4, 67–94.
- Vidon, P., Allan, C., Burns, D., Duval, T.P., Gurwick, N., Inamdar, S., Lowrance, R., Okay, J., Scott, D., Sebestyen, S., 2010. Hot Spots and Hot Moments in Riparian Zones: Potential for Improved Water Quality Management. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association* 46, 278–298. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2010.00420.x>
- Wawrzyniak, V., Allemand, P., Bailly, S., Lejot, J., Piégay, H., 2017. Coupling LiDAR and thermal imagery to model the effects of riparian vegetation shade and groundwater inputs on summer river temperature. *Science of The Total Environment* 592, 616–626. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.019>
- Weissteiner, C., Ickerott, M., Ott, H., Probeck, M., Ramminger, G., Clerici, N., Dufourmont, H., de Sousa, A., 2016. Europe's Green Arteries—A Continental Dataset of Riparian Zones. *Remote Sensing* 8, 925. <https://doi.org/10.3390/rs8110925>