

Journal club n°10 :
« *Alors, on plante ?* »
Restauration et maintien des ripisylves



La ripisylve : rappel de définitions – structure et composition

De
multiples
approches



« La ripisylve ou forêt riveraine désigne l'ensemble **de la végétation qui borde un cours d'eau**. Elle peut être constituée de **différentes strates** : arborescente, arbustive, herbacée, plantes semi-aquatiques (hélrophytes) et s'étendre sur une largeur pouvant aller **jusqu'à plus de 10 m.** » Dajoux et al., 2020.



« La végétation riparienne est constituée **d'unités de végétation complexes** le long du réseau hydrographique, et **connecté de manière fonctionnelle aux autres éléments de l'hydrosystème et du paysage environnant.** » Riis et al., 2020.



« Les écosystèmes ripariens sont **de grande valeur pour la restauration écologique** du fait de leur **valeur disproportionnée et de la diversité des fonctions et services écosystémiques** qu'ils supportent. » Capon and Pettit, 2022.

À retenir pour définir les zones ripariennes :

- ❖ **Une petite surface en bordure de cours d'eau** (de 1 à ? Mètres de large)
- ❖ Une végétation avec une **structure complexe et connectée aux écosystèmes terrestres et aquatiques...**
- ❖ ...qui supportent une **grande variété de processus écologiques** et donc de **fonctions écologiques**

La ripisylve : services rendus – cas des T2BV et paysages agricoles

Fonction écologique	Service écosystémique	Déterminants	
		Traits végétaux	Autres
Contrôle lumière et température	Ombrage	Hauteur et étendue des houpiers	Profondeur et exposition du cours d'eau, écoulements souterrains, niveau trophique
	Refuge thermique		
Filtration et consommation des nutriments	Régulation de la qualité de l'eau	Emprise et continuité de la ripisylve , couverture du sol, densité de la litière, composition végétale, profondeur racinaire, microbiote du sol	Topographie, hydrologie, type de sol
	Dénitrification		
Rétention des sédiments	Régulation de la qualité de l'eau	Emprise et continuité de la ripisylve , densité des tiges, structure racinaire, composition de la végétation et stratification, bois mort , dynamique temporelle de la composition végétale	Topographie, hydromorphie, type de sol, hydrologie, hydraulique, diversité des substrats
Stabilisation des berges	Régulation de la qualité de l'eau	Emprise et continuité de la ripisylve , densité des tiges, structure racinaire, composition de la végétation et stratification, bois mort , dynamique temporelle de la composition végétale	Topographie, hydromorphie, type de sol, hydrologie, hydraulique, diversité des substrats
	Contrôle de l'érosion		
Alimentation de la chaîne trophique	Biodiversité	Composition et évolution temporelle de la végétation	Débordements , qualité de l'eau, nutriments
Habitats aquatiques	Biodiversité	Composition végétale, structure racinaire, bois mort, dynamiques temporelles et spatiales	Hydrologie, hydraulique, qualité de l'eau, nutriments
Habitats terrestres	Pâturage, production de bois, biodiversité	Hauteur et étendue des houpiers, composition végétale, dynamiques temporelles et spatiales, hétérogénéité, emprise de la ripisylve, connectivité longitudinale	Hydrologie, pression de pâturage , climat local

La ripisylve : clef de compréhension de l'état du cours d'eau

Burdon et al, 2020 : test d'une corrélation entre état écologique des populations d'invertébrés et intégrité de la ripisylve, sur des cours de rang 1 à 3 en Suède, Norvège, Belgique et Roumanie, en contexte agricole.

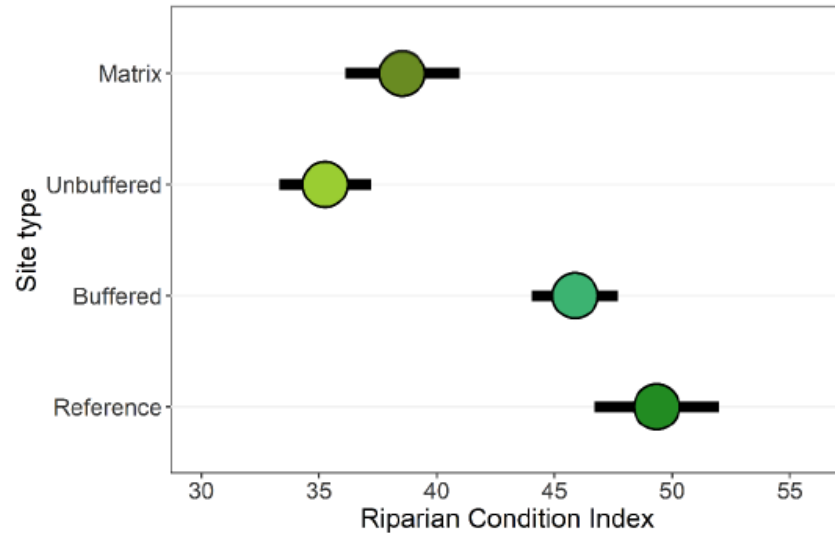
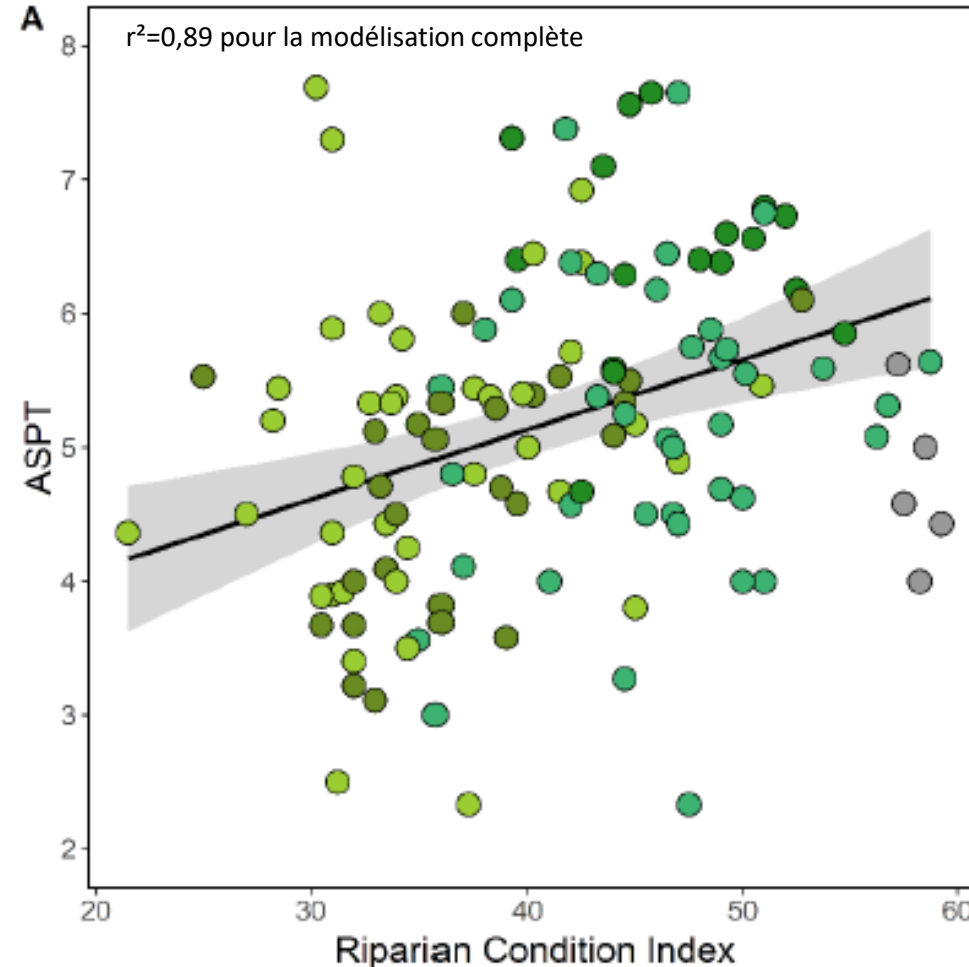


Figure 2. Mean values ($\pm$ 95% CI) of the Riparian Condition Index for site types in the CROSSLINK project (including sites in Norway, Sweden, Belgium, and Romania). "Matrix" refers to sites that were typically located further downstream in our catchment landscapes (i.e., the portion of the heterogeneous landscape in which stream-riparian segments are "embedded").

- ❖ Sur plusieurs dizaines de site : étude de l'intégrité de la ripisylve selon la méthode RCI (Riparian Condition Index, Harding et al, 2009)
- ❖ 4 classes de sites : Matrix (cours d'eau incisés et rectifiés), Unbuffered (absence de ripisylve), Buffered (avec ripisylve), et Reference
- ❖ L'indicateur traduit l'état des ripisylves pour les différentes classes
- ❖ Le RCI de chaque site est ensuite croisé avec le score ASPT, décrivant la sensibilité du peuplement d'invertébrés localement :

$$ASPT = \frac{BMWP \text{ Index}}{\sum \text{Taxa}}$$



- ❖ Résultats : une corrélation positive entre intégrité de la ripisylve et sensibilité du peuplement d'invertébrés, à l'échelle locale, fortement liée à l'occupation des sols sur le bassin
- ❖ La ripisylve peut être vecteur d'un gain écologique « important » en conditions dégradées : score ASPT proche pour les cours d'eau incisés et rectifiés et les cours d'eau dépourvus de ripisylve

« De la même manière que la peau pour l'Homme, la ripisylve protège les cours d'eau des pressions humaines (pollutions diffuses et ponctuelles, sédiments fins...). »

Le Bihan et al, 2019.

La ripisylve et les facteurs limitants du bon état écologique

Brettschneider et al., 2023 : revue de littérature sur les facteurs limitants l'efficacité de la restauration des cours d'eau et cas d'étude en Allemagne

Les pressions sur la réussite de la restauration des cours d'eau

Échelle temporelle	Temps
Échelle territoriale	Étendue des restaurations
	Sédiments fins (colmatage)
	Contamination métaux lourds
	Salinisation des eaux
	Eutrophisation (pollutions azotées)
Échelle paysagère	Contamination chimique
	Altération régime hydrologique
	Faible capacité d'ajustement
	Faible connectivité latérale
	Absence de ripisylve
	Gestion intensive
	Absence d'ombrage
	Faible connectivité longitudinale
Échelle du tronçon restauré	Absence de réservoir de biodiversité proche
	Mesures de restauration inadaptées
	Diversité d'habitats insuffisante

- ❖ La ripisylve est un élément structurant du paysage, qui **conditionne fortement l'efficacité des opérations de restauration des cours**
- ❖ La ripisylve est essentiel sur les **aspects physico-chimique et les aspects biodiversité-habitats**, sans compter son rôle sur la morphologie des cours d'eau, en particulier en tête de bassin
- ❖ **Un cours d'eau sans ripisylve se retrouve très exposé à l'ensemble des facteurs de dégradations**
- ❖ **Attention : tout est question d'échelle !**



Facteurs limitants du bon état écologique : retenir nutriments et sédiments

Sweeney and Newbold, 2014 : compilation de données pour déterminer la relation entre emprise et efficacité des ripisylves dans la fourniture des services

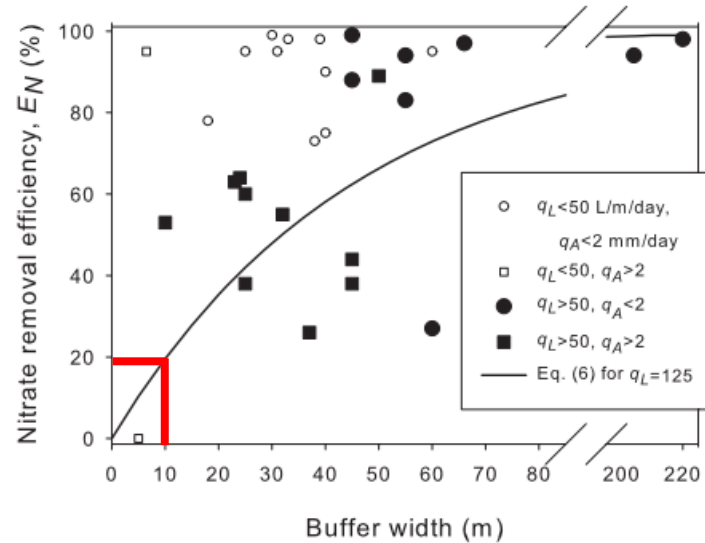


FIGURE 1. Nitrate Removal Efficiency vs. Buffer Width. Solid fill designates buffers receiving water flux $q_L \geq 50$ L/m/day. Square symbols designate areal loadings $q_A > 2$ mm/day. The curve is Equation (6) for $\alpha = 2.72$ L/m²/day and $q_L = 125$ L/m/day.

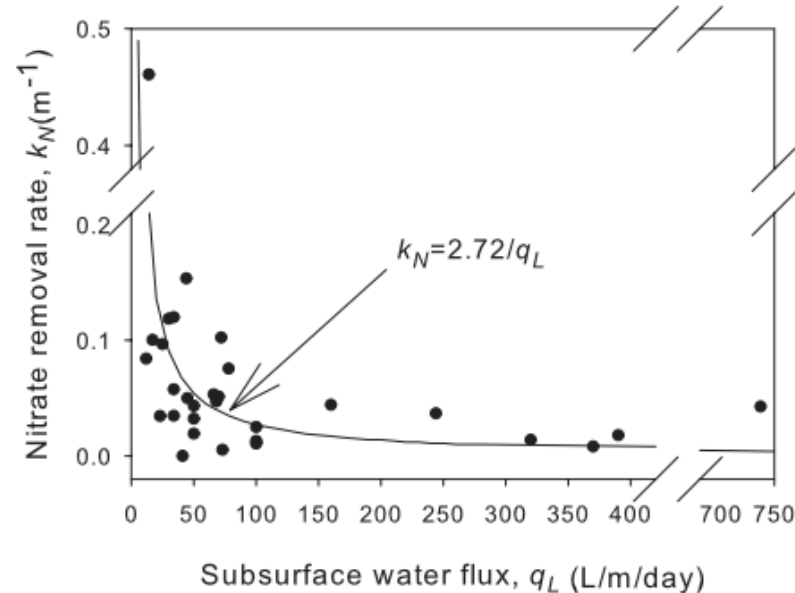


FIGURE 2. Nitrate Removal Per Unit Distance vs. Subsurface Water Flux. The curve is the least squares fit of Equation (4).

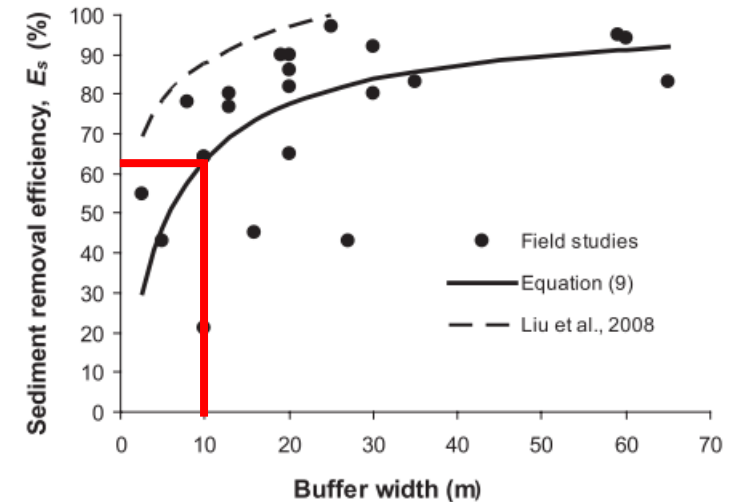


FIGURE 3. Sediment Removal Efficiency vs. Buffer Width. Studies were conducted in unconfined field settings or in plots where hydraulic loading was >1.0 L/m/s. Also shown are the least-squares fit of Equation (8) and the equation obtained by Liu *et al.* (2008), as fitted to 79 studies conducted under a broad range of conditions.

- ❖ En Ille-et-Vilaine, **colmatage et qualité des eaux** sont des facteurs fortement limitants du succès des restauration
- ❖ Sweeney et Newbold compilent des données sur la rétention de l'azote et des sédiments par les ripisylves pour proposer des courbes d'efficacité en fonction de la profondeur de ripisylve
- ❖ Dans le cas des petits cours d'eau et des **petites ripisylves**, **efficacité de rétention / consommation de l'azote assez limitée...**
- ❖ ...mais qui devient beaucoup plus intéressante si **le temps de séjour hydraulique et la rétention d'eau en ripisylve augmente !**
- ❖ **Rétention des sédiments (et donc du phosphore, de certains phytosanitaires) très vite efficace !**
- ❖ **Attention, valeurs à prendre avec beaucoup de recul...**



Restaurer la ripisylve : laisser faire la régénération (a)

Laurent et al, 2020 : évaluation du succès de la restauration passive sur une remise en thalweg en Normandie

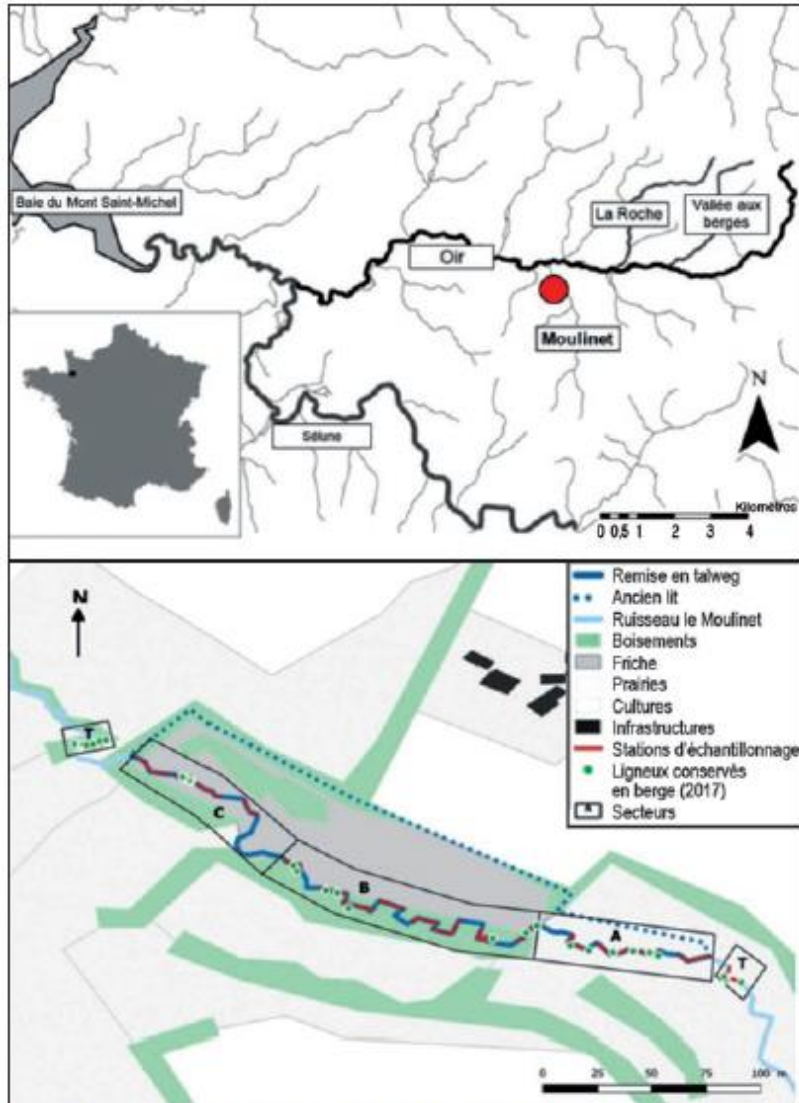


Figure 1. Localisation et schématisation du site d'étude sur le cours d'eau le Moulinet. T : les secteurs témoins, A secteur creusé ensoleillé, B secteur creusé à l'ombre, C secteur creusé plus humide

- ❖ Remise en thalweg sur environ 500m d'un cours d'eau de rang 2, le Moulinet, dans la Manche
- ❖ Conservation de certains ligneux mais surtout pose d'une clôture à 1m du cours d'eau : pas de fauche, pas de pâture
- ❖ Suivi de la reprise des ligneux sur quinze stations le long de la remise en thalweg
- ❖ Reprise et recolonisation très rapide des berges par les ligneux dès n+1, forte corrélation entre les ligneux recrutés (plantules) et les individus se reportant dans les strates arbustives et arborée à n+2 et n+3
- ❖ Mise en place naturelle d'une hétérogénéité à l'échelle du tronçon restauré : la recolonisation correspond à la dynamique naturelle et produit une mosaïque
- ❖ Un faible gain de diversité des ligneux, l'aulne glutineux demeurant extrêmement majoritaire à l'échelle du tronçon et du paysage

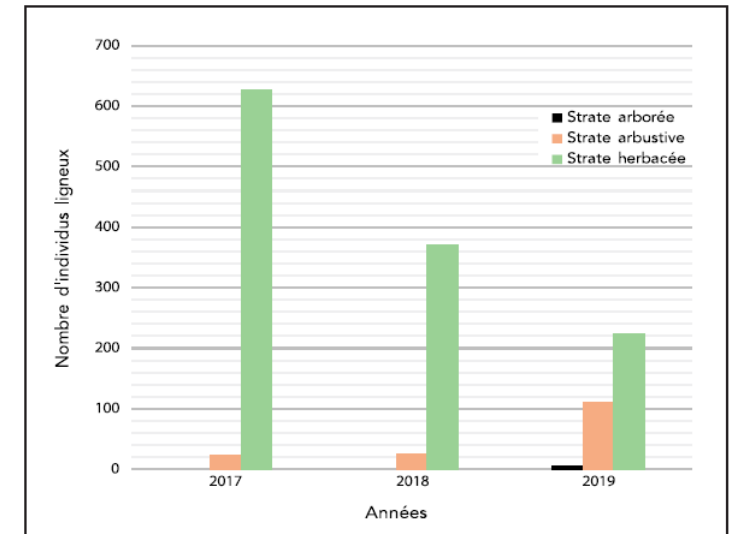


Figure 4. Nombre d'individus ligneux (toutes espèces confondues) par année et par strate sur le secteur remis en talweg du Moulinet

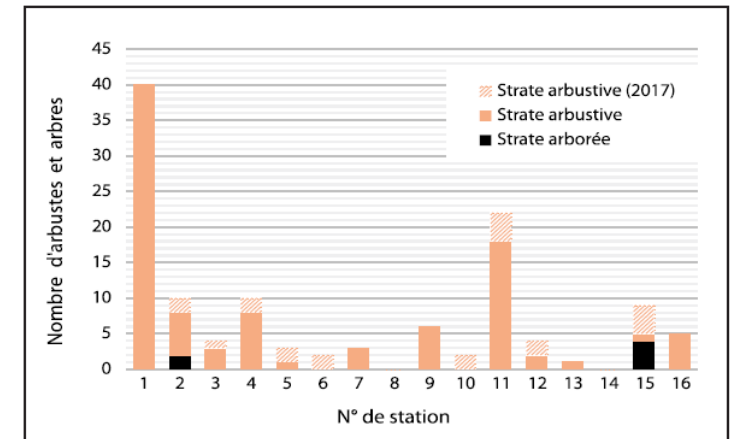
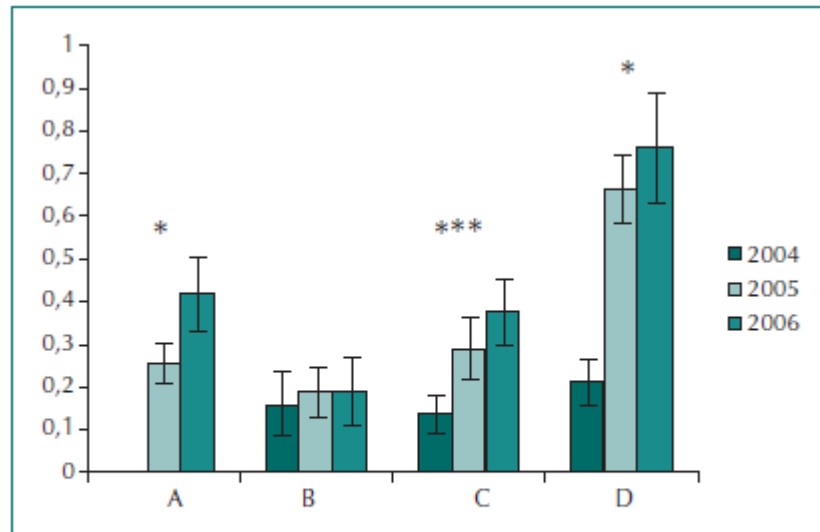


Figure 9. Répartition des individus des strates arbustive et arborée sur chacune des stations de la zone de remise en talweg sur le Moulinet. Les résultats sont issus de l'inventaire de 2019. Les individus évités et conservés pendant le creusement du lit mineur

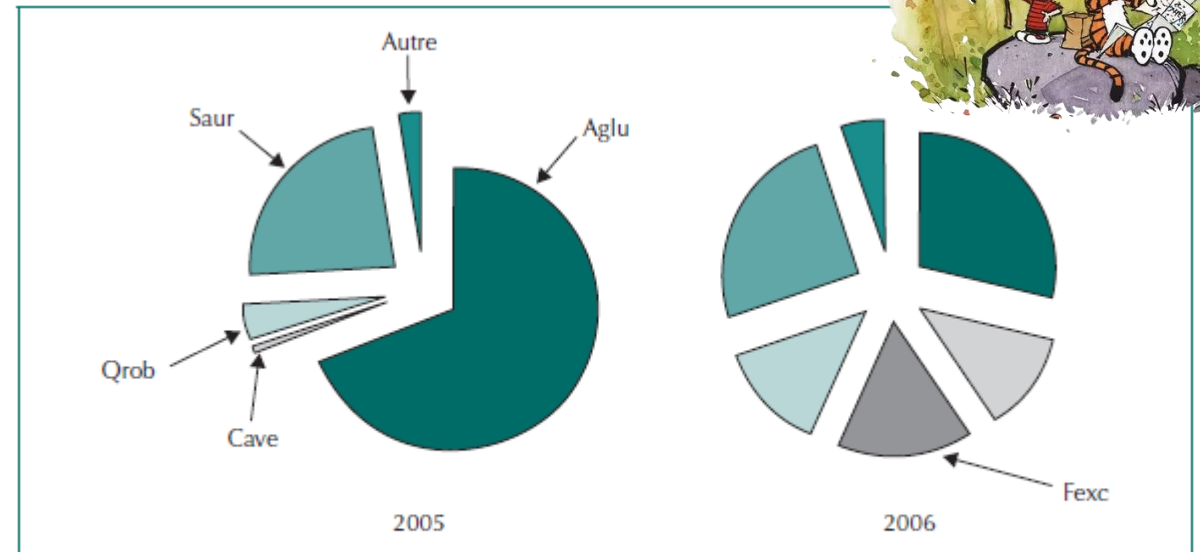
Restaurer la ripisylve : laisser faire la régénération (b)

Forget et Bernez, 2009 : étude de la recolonisation de berges après mise en défens

- ❖ Suivi de l'implantation des ligneux sur 2,5km de cours d'eau mis en défens dans la Manche ; auparavant, pâturage jusqu'aux berges
- ❖ Stations de suivi réparties sur 4 secteurs (A, B, C, D) homogènes, mise en défens réalisée en 2005, suivi sur 2 années après travaux
- ❖ Résultats : dès la première année après travaux, reprise et recolonisation significatives des bords de berges par les ligneux
- ❖ Augmentation de la part de l'ensemble des espèces au profit de l'aulne glutineux
- ❖ Attention : il s'agit d'un cours d'eau dans son thalweg, à priori pas ou très peu rectifié et surcreusé, donc avec un potentiel intéressant avant mise en défens ; présence d'un boisement à proximité, pouvant servir de réservoir...



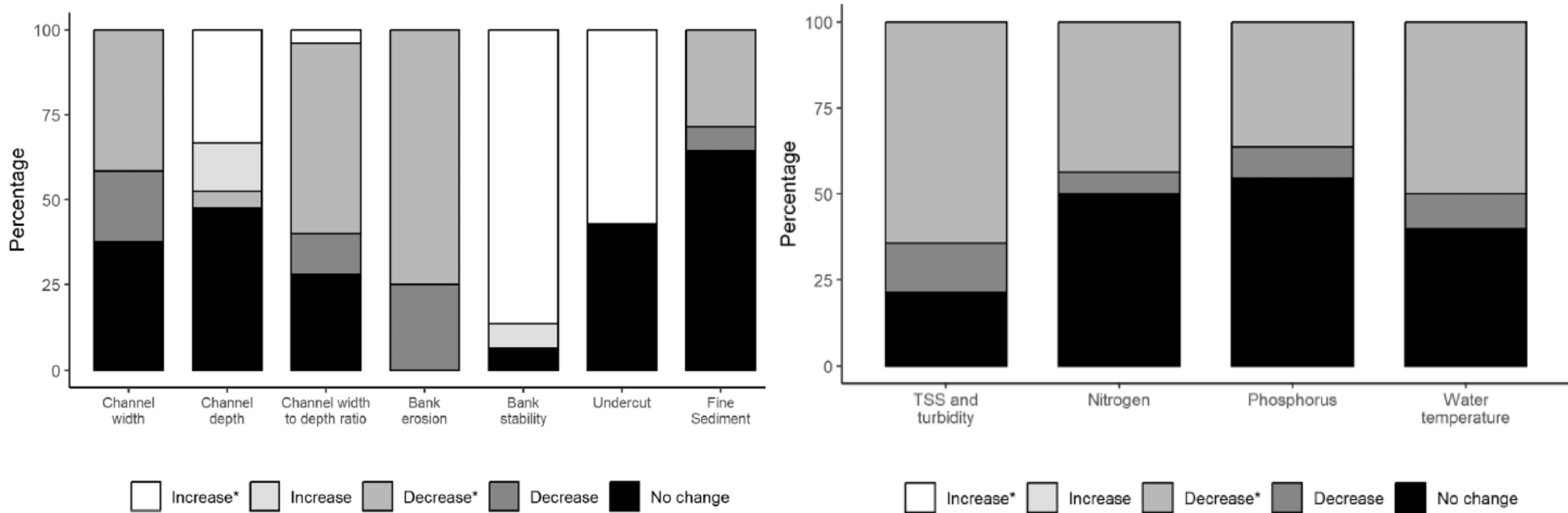
▲ Figure 4 – Variation de l'indice de diversité de Shannon sur les secteurs A, B, C et D au cours des années 2004, 2005 et 2006. Les résultats des analyses statistiques sont représentés au-dessus des histogrammes à l'aide d'astérisque (* : $P < 0,05$; ** : $P < 0,005$; *** : $P < 0,001$).



▲ Figure 3 – Variation de la proportion d'individus de chaque espèce au sein des berges du ruisseau de la Vallée-Aux-Berges : *Alnus glutinosa* (Aglu) ; *Corylus avellana* (Cave) ; *Fraxinus excelsior* (Fexc) ; *Quercus robur* (Qrob) et *Salix aurita* (Saur).

Restaurer la ripisylve : permettre les conditions de la régénération (a)

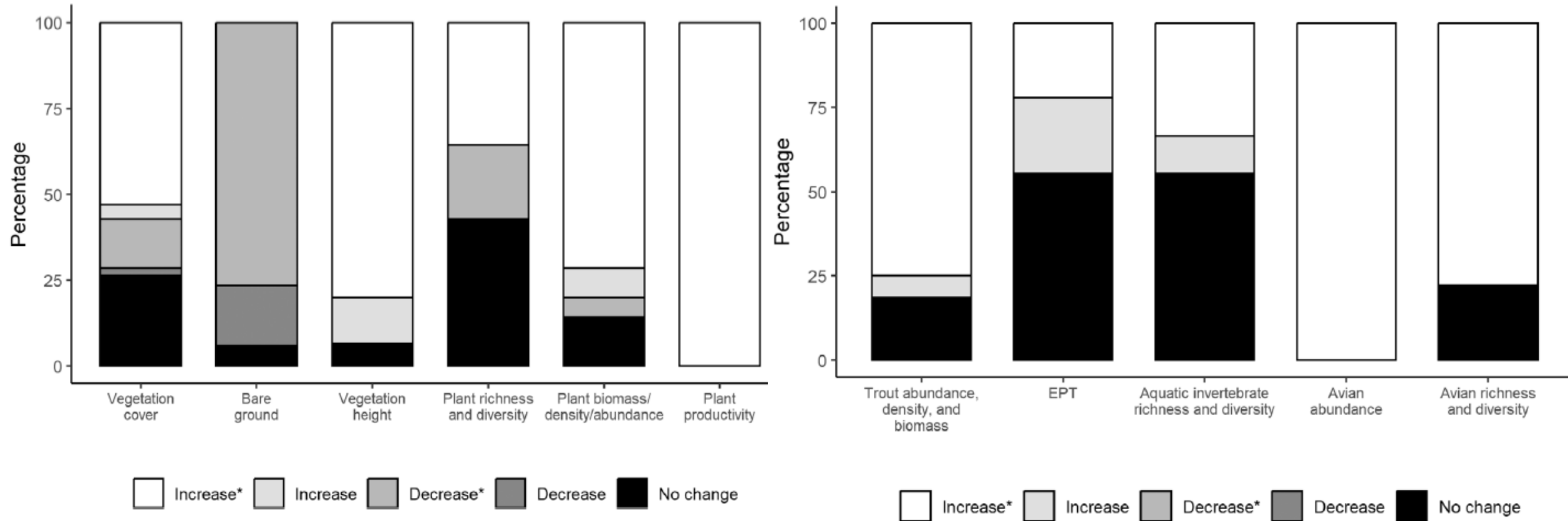
Krall and Roni, 2022 : revue de littérature sur l'efficacité de la mise en défens des bords de cours d'eau



- ❖ Statistiques sur les effets recensés de mises en défens de petits cours d'eau (rang 1 à 3) en contexte agricole aux États-Unis
- ❖ La mise en défens à des effets forts sur la morphologie des petits cours d'eau, l'apparition de ripisylve provoquant un pincement et un approfondissement du chenal, tout en permettant une augmentation des habitats (sous-berges, chasse des sédiments fins)
- ❖ Dans la majorité des cas, la mise en défens à des effets bénéfiques sur les pollutions diffuses et la température des cours d'eau

Restaurer la ripisylve : permettre les conditions de la régénération (b)

Krall and Roni, 2022 : revue de littérature sur l'efficacité de la mise en défens des bords de cours d'eau



❖ Idem, sur les compartiments biologiques...

❖ Pour la végétation, à mettre en lien avec les traits végétaux déterminants pour la réalisation des fonctions biologiques : couverture, hauteurs, diversité, productivité...

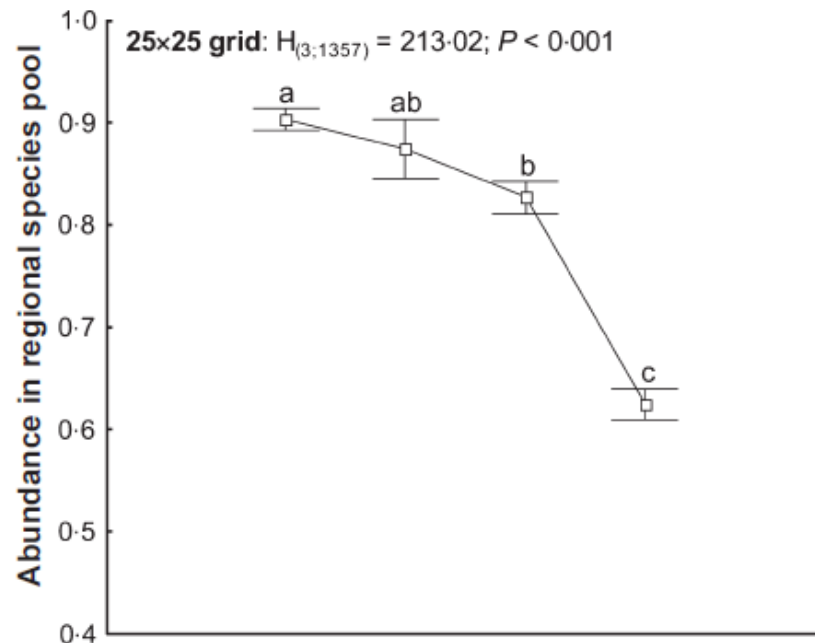
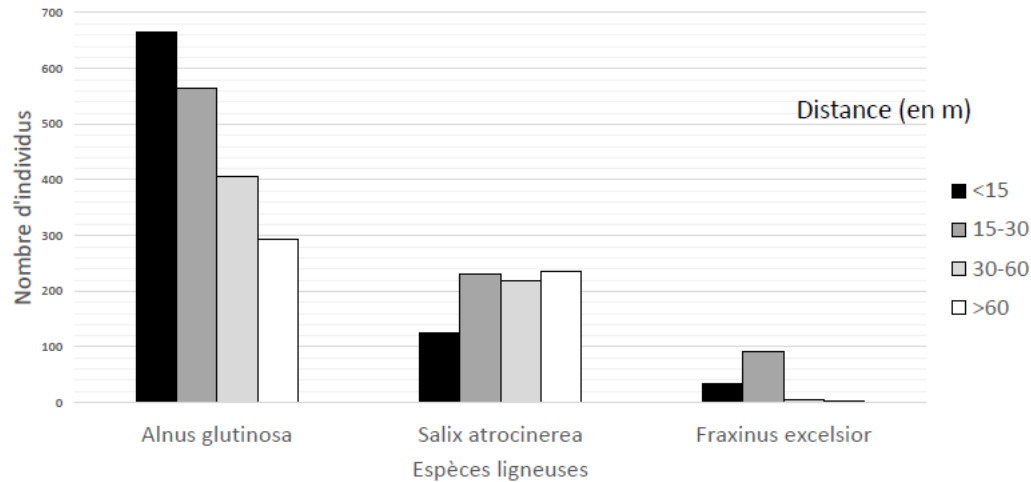
❖ Des effets remarquables pour les autres compartiments, à nuancer avec la proximité de réservoirs et la nature des continuités écologiques



Restaurer la ripisylve : laisser faire la régénération ?

Données projet Berceau

Brederveld et al, 2011 : analyse de la recolonisation de tronçons de cours d'eau restaurés par la végétation et les invertébrés



- ❖ Valorisation des données de Berceau : **un succès de la recolonisation qui semble assez dépendant de la proximité d'individus fertiles**
- ❖ **Vraisemblablement un effondrement du succès avec l'augmentation de la distance...**
- ❖ Brederveld et al : étude de la recolonisation de 7 tronçons de cours d'eau restaurés dans le massif rhénan (ordre 2 et 3), tronçons reméandrés ou simple arrêt de l'exploitation du lit majeur
- ❖ Caractérisation du succès de la recolonisation (présence des espèces) 10 ans après restauration : 4 catégories d'espèces (de gauche à droite sur la figure), **présentes en tronçons restaurés et en tronçons non-restaurés adjacents, présentes seulement en tronçons non-restaurés, présentes seulement en tronçons restaurés, attendues en tronçons restaurés mais absentes**
- ❖ Présentées en fonction de l'abondance d'individus de l'espèce dans une maille de 25*25km autour des tronçons restaurés : **le succès est aussi assuré par l'abondance de graines / d'individus fertiles à proximité**
- ❖ Ainsi : **par nécessité paysagère ou hydraulique (contraintes opérationnelles) ou bien si absence de réservoir proche, il pourra être nécessaire de planter une ripisylve !**

Restaurer la ripisylve : suivre son évolution dans le temps

Données projet Berceau

Gonzales del Tanago and De Jalon, 2011 : méthode d'évaluation des ripisylves

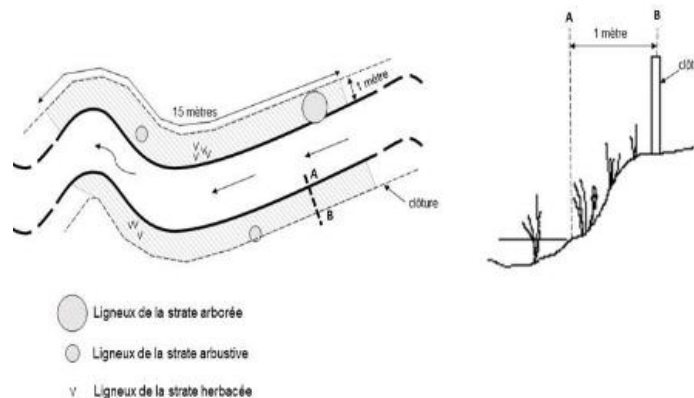
Table 1. RQI Scores for assessing width dimension status of riparian zones. *Puntuaciones del RQI para evaluar el estado de la anchura de la zona riparia.*

1. DIMENSIONS OF LAND WITH RIPARIAN VEGETATION (AVERAGE WIDTH OF RIPARIAN CORRIDOR)														
Assess each margin separately. Identify the band containing riparian species (any species whose presence is related to the river) and estimate its average width along the study reach. Look for restrictions to riparian corridor width due to human influence. If they do not exist, any width would be considered very good status. Take into account that riparian dimensions can be naturally reduced in confined valleys due to soil constraints or the adjacent slopes.														
Very good			Good			Moderate			Poor			Bad		
No restrictions to riparian vegetation development and extension across the valley due to human influence. Riparian vegetation is connecting with upland species, and covers all land between channel and adjacent slopes.			Average width of Riparian corridor slightly restricted by human action. In unconfined valleys, average width more than 3 active channel widths, or exceeding 60 m. In morphologically confined valleys, reductions in riparian width affect less than 30 % of riparian length.			Average width of Riparian corridor moderately restricted by human action. In unconfined valleys, average width between 3 and 1 active channel widths, or exceeding 30 m. In confined valleys, reduction in riparian width affect between 30 and 60 % of riparian length.			Average width of Riparian corridor significantly reduced by human action. In unconfined valleys, average width less than 1 active channel width. In confined valleys, reduction in riparian width affects more than 60 % or riparian length.			Average width of Riparian corridor severely reduced, or non-existent due to human actions. Channel banks connected to agricultural fields, urbanized areas or roads. Consider 0 score when the channel is laterally limited and connects with paved areas where riparian vegetation cannot grow.		
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Protocole

Mise en place de stations d'échantillonnage de 15 m linéaire

Une station = deux cadrats de 15 m²



Deux types de suivi :

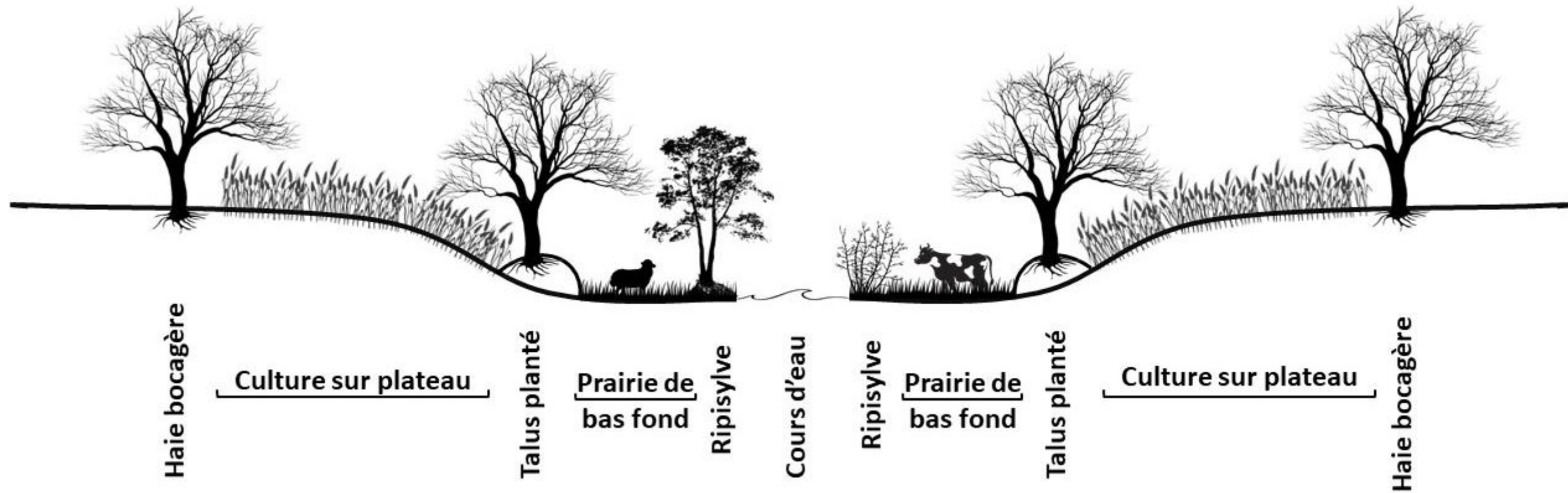
- Comptage du nombre de ligneux chaque année
- Composition végétale (n+1, n+2, n+5, n+8)

Variables explicatives :

- Dimensionnement du cours d'eau et caractéristiques de la RTW : largeur du lit, hauteur de berge, distance entre les stations
- Environnement et aménagement : paysage, ensemencement, plantations

❖ Différentes méthodologies pour : évaluer l'état de la ripisylve (et donc approcher celui du cours d'eau), ou bien réaliser des suivis après travaux !

Restaurer la ripisylve : restaurer une partie du paysage



Restaurer la ripisylve : un travail à l'échelle du paysage, restaurer la trame

Donati et al, 2022 : modélisation de la TVB et potentiel de restauration de la ripisylve dans un contexte urbain en Suisse

Larsen-Gray and Loehle : revue de littérature sur les besoins de la faune terrestre en termes de corridors ripariens

Integrated modelling framework

Step 1. Datasets

a) Species occurrence data (2017-2019)



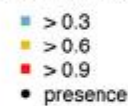
b) Whole-life cycle environmental predictors



Step 2. Ensemble species distribution modelling (EMs)

Habitat suitability map

% Prob. occurrence



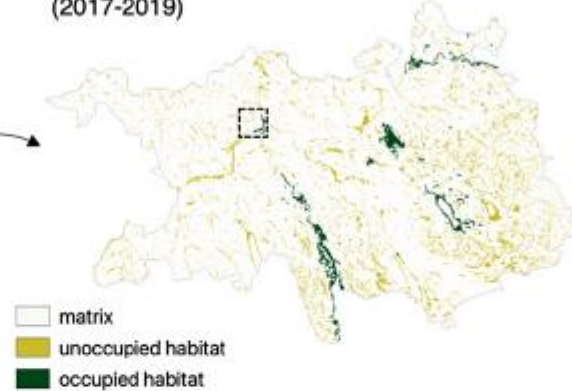
Step 3. Connectivity modelling

Habitat resistance map

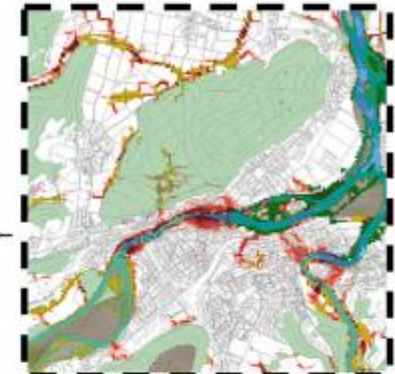
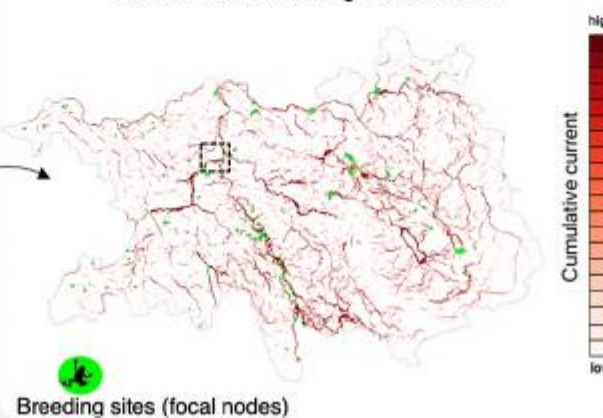
Resistance 1000



Evaluation of actual occupancy of suitable habitats (2017-2019)



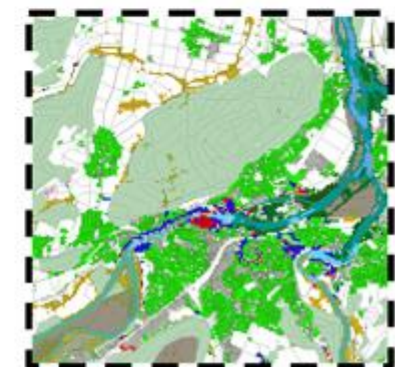
Identification of ecological corridors



Ecological infrastructure forest
Amphibian breeding sites water

Step 4. Opportunity for BGI in urban settings

Urban grey space
Candidate BGI (grey transformation)
Urban green space
Candidate BGI (green transformation)

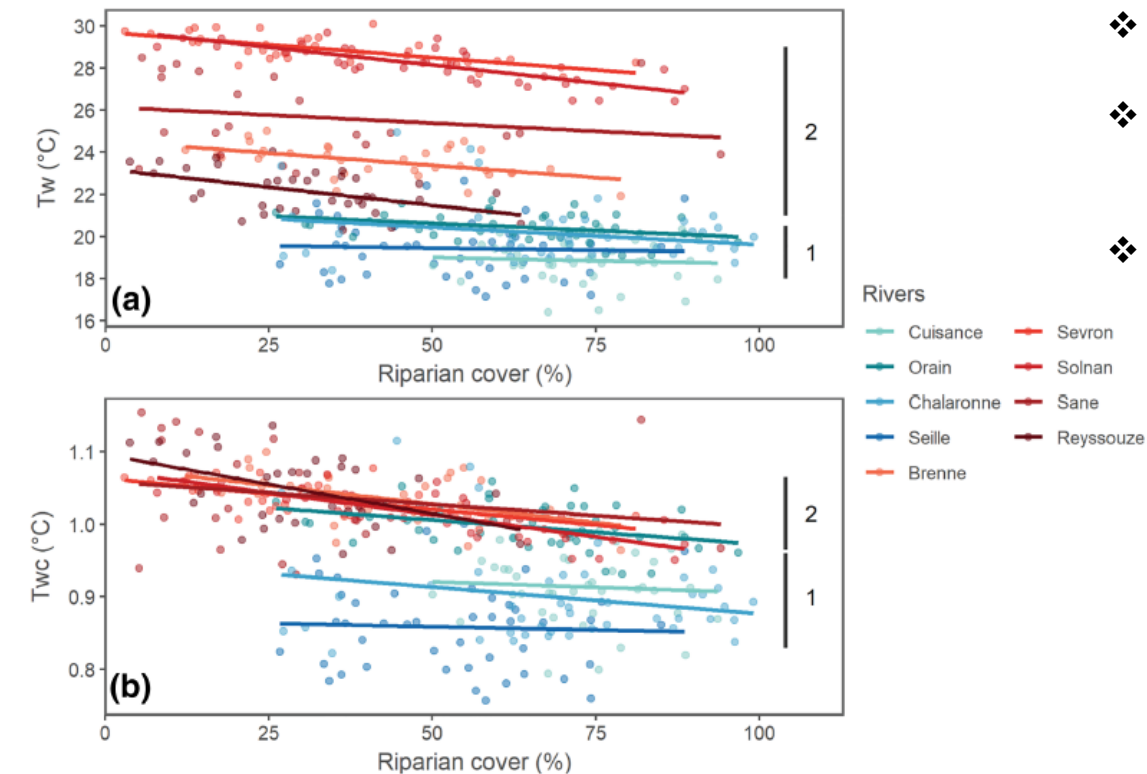


Restaurer (la ripisylve) : un travail à l'échelle du paysage pour un vrai gain

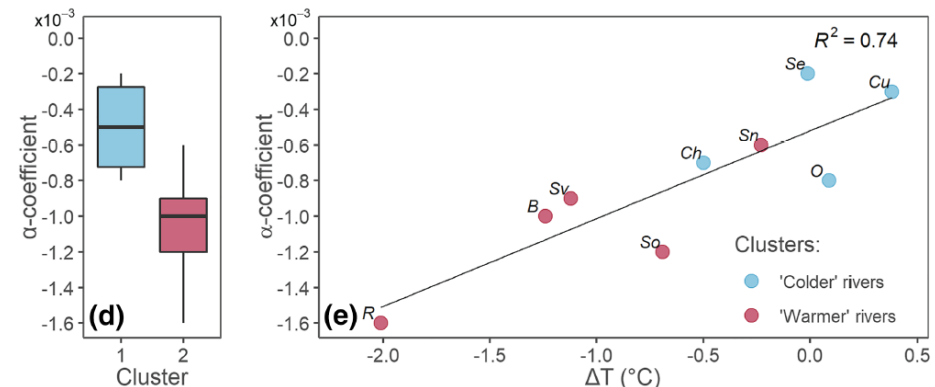
Marteau et al, 2021 : impact de la ripisylve sur la température de cours d'eau d'ordre 3 et 4 (affluents de la Saône) en paysage agricole

Friberg et al, 2016 : méta-analyses sur des projets de restauration de cours d'eau

- ❖ **Friberg et al, 2016** : « L'emprise d'un projet de restauration de cours d'eau est structurante, dans la mesure où préserver un linéaire d'autant plus important permet d'agir et de **mitiger les facteurs limitants comme les transferts de sédiments fins (colmatage)**, tout en **ménageant un espace suffisant pour le rétablissement des processus morphologiques et à terme l'installation des groupes biologiques** ».
- ❖ **Marteau et al** : suivi de température en été de 9 cours d'eau d'ordre 3/4, affluents de la Saône
- ❖ La caractérisation de ces cours d'eau permet de proposer deux catégories : ceux avec un **régime thermique altéré (fort endiguement, peu courant, moins de végétation riparienne...)** et ceux préservés, **Colder Rivers vs Warmer rivers**



- ❖ Est ensuite modélisé l'effet de l'augmentation de la couverture de la végétation riparienne sur la température des eaux
- ❖ Cet effet (coefficient alpha) est d'autant plus important pour les cours d'eau au régime thermique altéré, ce qui prouve l'efficacité de la ripisylve pour tamponner les hausses de température...
- ❖ ...mais cet effet constitue **seulement une mitigation** : le réchauffement est provoqué par la **présence des seuils, des embâcles**, autant d'élément non-résolus par la simple présence de ripisylve. Et la ripisylve ne « rattrape » pas les altérations de l'amont, elle permet seulement de tamponner sur un tronçon donné.



Temps d'échanges

Références bibliographiques

- **Brettschneider D, Spring T, Blumer M, Welge L, Dombrowski A, Schulte-Oehlmann U, Sundermann A, Oetken M, Oehlmann J, 2023.** Much effort, little success: causes for the low ecological efficacy of restoration measures in German surface waters. *Environmental Sciences Europe*, 35 (1).
- **Burdon F, Ramberg E, Sargac J, Forio M, de Saeyer N, Mutinova P, Moe T, Pavelescu M, Dinu V, Cazacu C, Witing F, Kupilas B, Grandin U, Volk M, Geta Rîsnoveanu G, Goethals P, Friberg N, Johnson R, McKie B, 2020.** Assessing the benefits of forested riparian zones: A qualitative index of riparian integrity is positively associated with ecological status in European streams. *Water (Switzerland)*, 12 (4).
- **Capon S, Pettit N, 2018.** Turquoise is the new green: Restoring and enhancing riparian function in the Anthropocene. *Ecological Management and Restoration*, 19 (August), 44-53.
- **Dajoux M, Gilles C, Ruffion J, 2020.** Guide de préservation des ripisylves.
- **David B, Hamer M, Collier K, Lake M, Surrey G, McArthur K, Nicholson C, Perrie A, Dale M, 2009.** Stream Habitat Assessment Protocols for wadeable rivers and streams in New Zealand. *University of Canterbury, School of Biological Sciences*.
- **Donati G, Bolliger J, Psomas A, Maurer M, Bach P, 2022.** Reconciling cities with nature: Identifying local Blue-Green Infrastructure interventions for regional biodiversity enhancement. *Journal of Environmental Management*, 316.
- **Friberg N, Angelopoulos N, Buijse A, Cowx I, Kail J, Moe T, Moir H, O'Hare M, Verdonschot P, Wollter C, 2016.** Effective River Restoration in the 21st Century: From Trial and Error to Novel Evidence-Based. *Advances in Ecological Research*, 55, 535-611.
- **Forget G, Bernez I, 2009.** Suivi de l'émergence des pousses de ligneux en vue d'une restauration passive des rives du ruisseau de la Vallée-Aux-Berges (Basse Normandie). *Ingénieries n° Spécial 2009*, 31-39.
- **Krall M, Roni P, 2023.** Effects of livestock exclusion on stream habitat and aquatic biota: a review and recommendations for implementation and monitoring. *North American Journal of Fisheries Management*, 43 (2), 476-504.
- **Larsen-Gray A, Loehle C, 2022.** Relationship Between Riparian Buffers and Terrestrial Wildlife in the Eastern United States. *Journal of Forestry*, 120 (3), 336-357.
- **Laurent Y, 2023.** Berceau Tâche 3 : mesurer l'état d'un écosystème en évaluant son "bon" fonctionnement.

Références bibliographiques

- **Laurent Y, Le Coeur D, Rollet A-J, Bernez I, 2020.** Évaluation précoce de la restauration écologique passive de ripisylves de ruisseau remis dans le talweg. *Techniques Sciences Méthodes n°3 2020*.
- **Le Bihan M, Ledouble O, Barry J, Hubert A, 2019.** Le bocage, une des clés de la fonctionnalité des cours d'eau en tête de bassin versant. *Sciences, Eaux & Territoire n°30*.
- **Marteau B, Piégay H, Chandesris A, Michel K, Vaudor L, 2022.** Riparian shading mitigates warming but cannot revert thermal alterations by impoundments in lowland rivers. *Earth Surface Processes and Landforms*, 47 (9), 2209-2229.
- **Riis T, Kelly-Quinn M, Aguiar F, Manolaki P, Bruno D, Bejarano M, Clerici N, Fernandes M, Franco J, Pettit N, Portela A, Tammeorg O, Tammeorg P, Rodrigues-Gonzales P, Dufour S, 2020.** Global overview of ecosystem services provided by riparian vegetation. *BioScience*, 70 (6), 501-514.
- **Sweeney B, Newbold J, 2014.** Streamside forest buffer width needed to protect stream water quality, habitat and organisms: A littérature review. *Journal of the American Water Resources Association*, 50 (3), 560-584.