

Journal club n°10 :
L'appel de la forêt

Argumentaire pour la restauration des cours d'eau forestiers



Ille & Vilaine
LE DÉPARTEMENT



Plaidoyer pour la forêt

**Argumenter pour la
restauration des cours
d'eau forestiers**

- **La forêt comme château d'eau**
- **La forêt comme réservoir de biodiversité**



**Bonnes pratiques de
restauration en milieu
forestier**

- **Optimiser nos restaurations**
- **Prévenir les dommages à un milieu sensible**



Cours d'eau forestiers et facteurs limitants au succès des restaurations

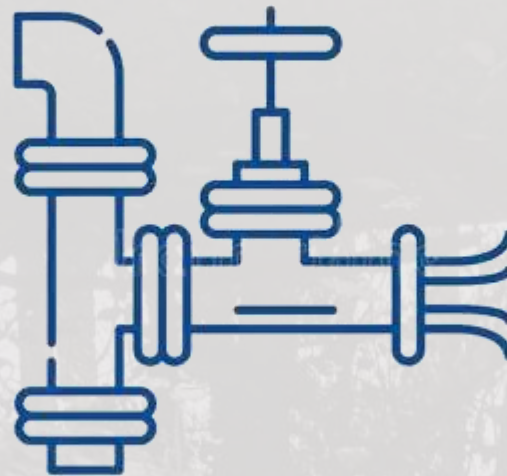
Brettschneider et al., 2023 : revue de littérature sur les facteurs limitants l'efficacité de la restauration des cours d'eau et cas d'étude en Allemagne

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

- ❖ Boisements et cours d'eau forestiers vont nous permettre **d'agir sur les facteurs limitants de la réussite des restaurations, aux différentes échelles**
- ❖ **Selon le mode de gestion forestière**, les cours d'eau forestiers vont pouvoir être des contrôleurs de flux chimiques et physiques
- ❖ **Le potentiel biologique des cours d'eau forestiers est un véritable atout**, à l'échelle d'un linéaire et à l'échelle d'un BV entier
- ❖ On peut voir les cours d'eau forestiers comme des points d'ancrage hydrologiques et de biodiversité, à partir desquels le bon état pourrait « ruisseler »...

Forêts et boisements d'Ille-et-Vilaine : châteaux d'eau, châteaux de vie

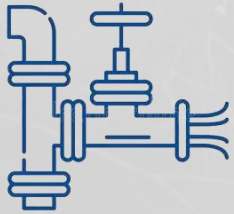


Forêts et boisements d'Ille-et-Vilaine : châteaux d'eau, châteaux de vie



La forêt et ses cours d'eau

- Réservoir d'une eau de qualité, en quantité
- Réservoir d'une biologie de qualité, en quantité



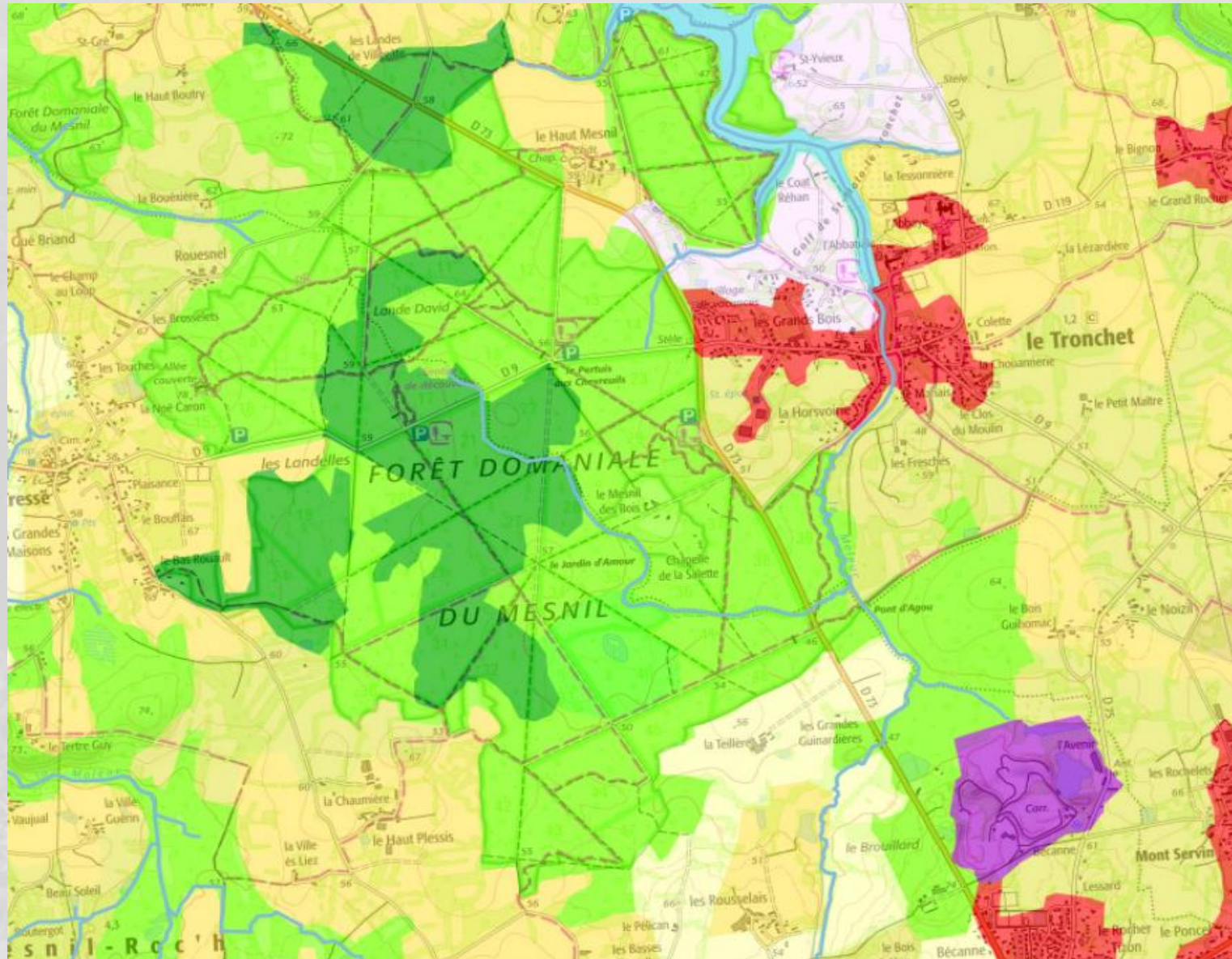
Des cours d'eau « canalisations »

- Caractère essentielle de la continuité / connectivité
- Diffusion et distribution au reste du réseau hydrographie



Tendre vers le bon état

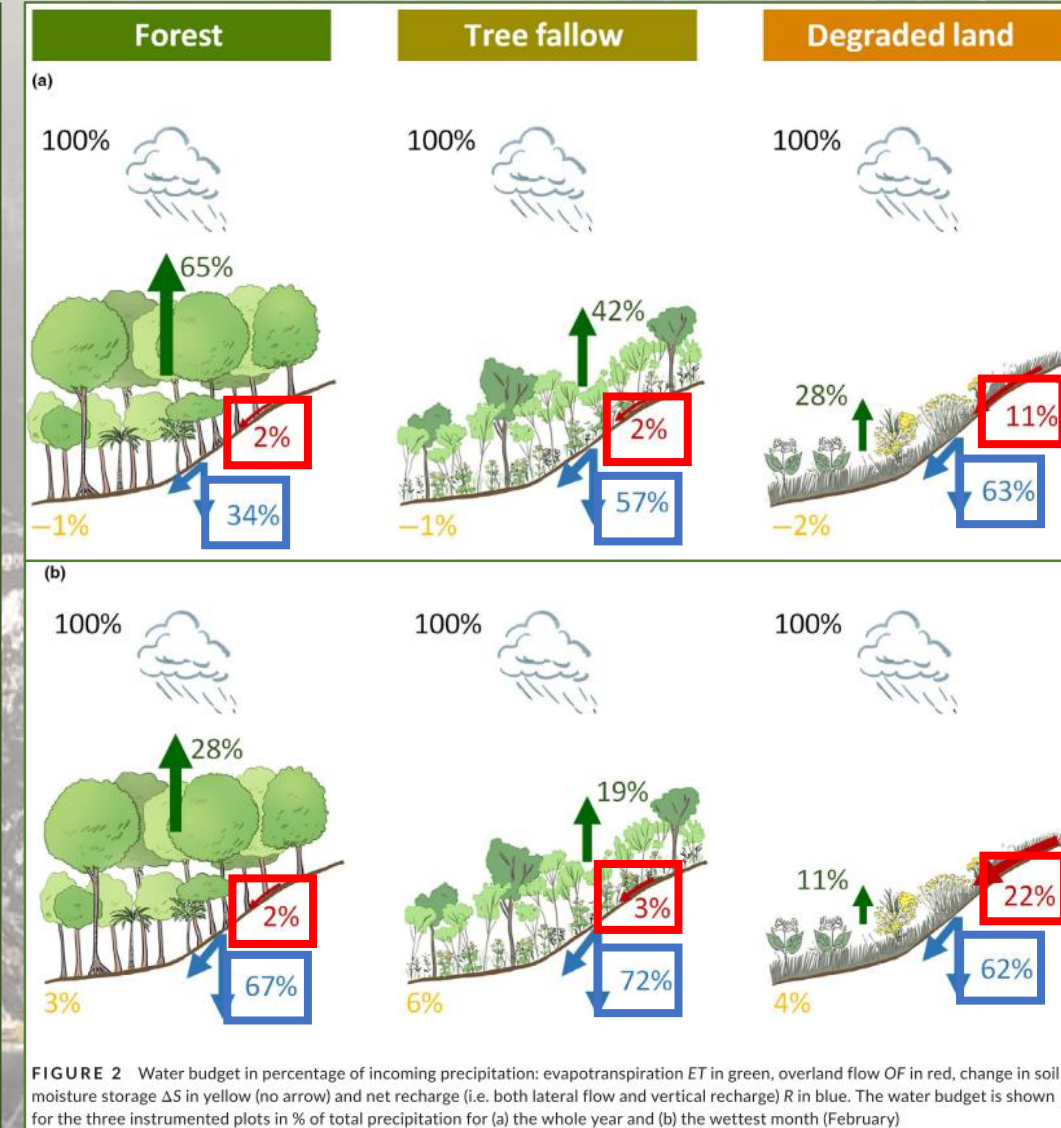
- Pouvoir restaurer des milieux plus pauvres en s'appuyant sur des réservoirs de biodiversité
- S'assurer de la qualité et de la disponibilité de la ressource en eau



Hydrologie : si il y a bien un endroit où faire déborder les cours d'eau...

Van Meerveld et al., 2021 : influence des boisements sur le cycle hydrologique en milieu tropical, selon leur âge

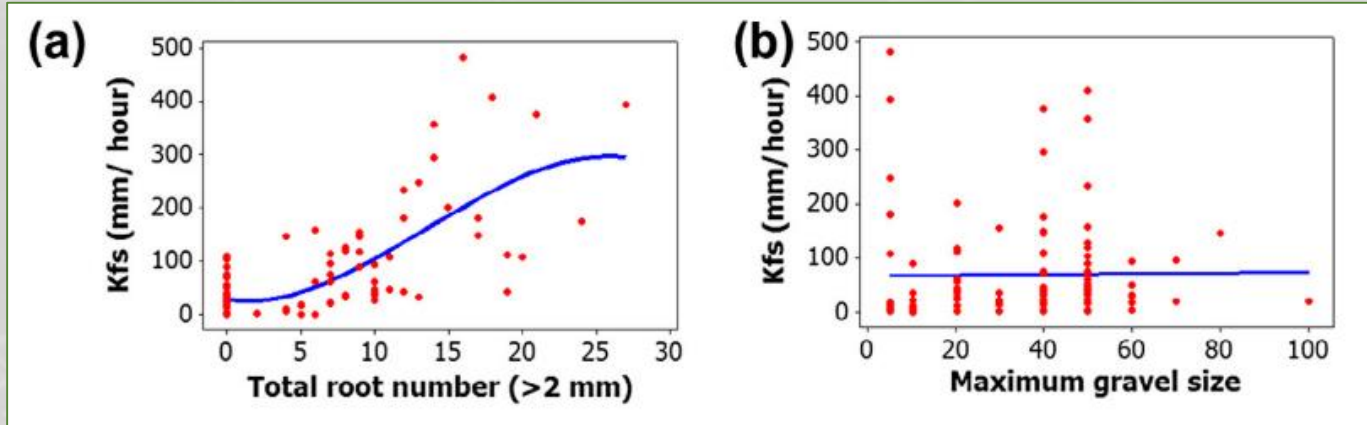
- ❖ **Instrumentation hydrologique de trois bassins versants** : forêt mature, jeune forêt restaurée, bassin déforesté récemment, à Madagascar (3500mm de pluie annuelle...)
- ❖ $P - OF - ET - \Delta S = R$; **bilans hydriques mensuels et annuels** prenant en compte précipitations (P), débits cours d'eau (OF), évapotranspiration (ET) comprenant interception, transpiration sol et végétaux, déstockage racinaire (ΔS) et recharge nette (R)
- ❖ **Vigilance transposition à notre climat tempéré-océanique breton**, notamment sur les calculs d'évapotranspiration (température, physiologie végétale...)
- ❖ **Néanmoins des enseignements riches à tirer de cette étude** :
 - Le rôle des boisements pour **réduire presque à néant le ruissellement**
 - L'influence positive des boisements sur **l'infiltration et la recharge de nappe en période hivernale**
 - **L'influence de l'âge des boisements ?**



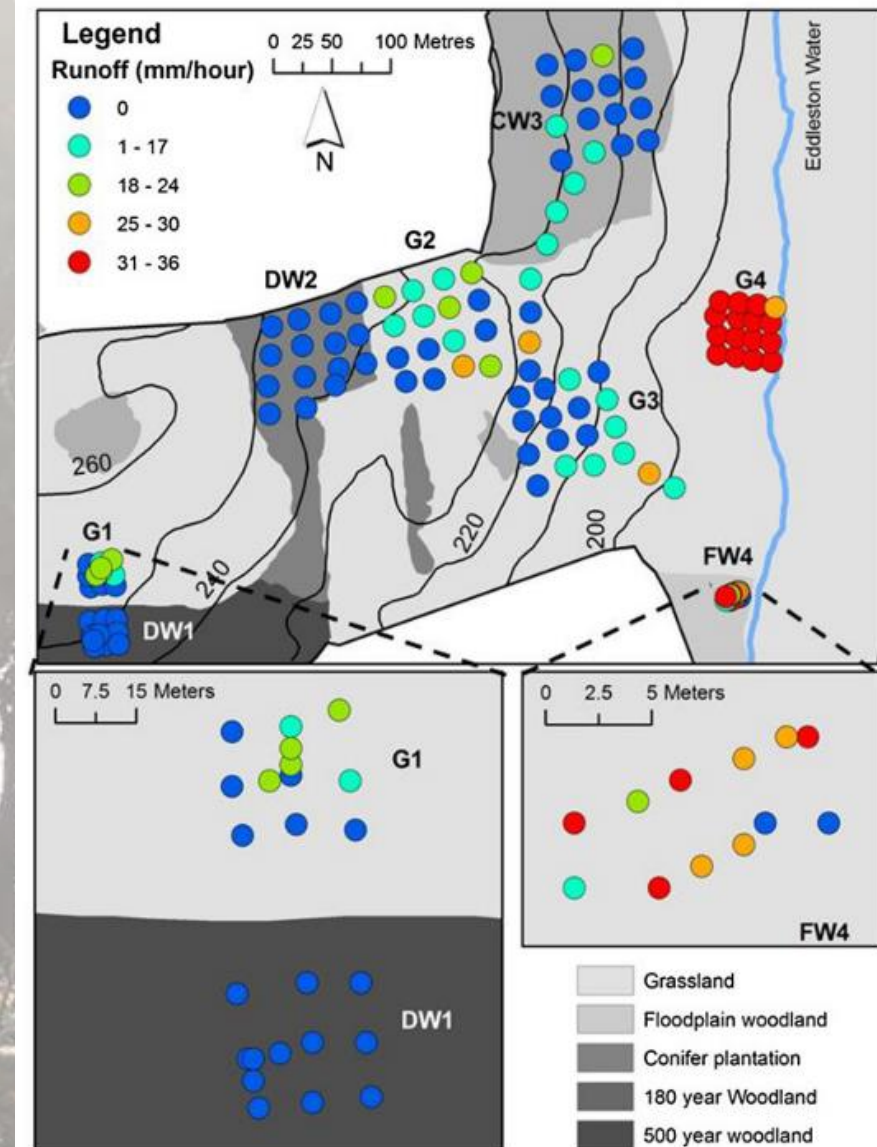
Hydrologie : si il y a bien un endroit où faire déborder les cours d'eau... (bis)

Archer et al. 2013 : mesures de perméabilité et échantillonnage selon l'occupation des sols au sein d'un même paysage

- ❖ Mesure de perméabilité hydraulique en différentes entités au sein d'un même paysage, dans le centre-est de l'Écosse, en vallée alluviale
- ❖ Perméabilité bien plus marquée en milieu forestier, avec une augmentation suivant l'âge du boisement ?
- ❖ Différence de perméabilité due à la structure racinaire, et non à la nature du sol



- ❖ Cet écart de perméabilité explique une différence marquée capacité d'infiltration / génération de ruissellement pour des événements pluvieux marqués



Hydrologie : la forêt, une éponge

Neary et al., 2009 : revue de littérature décrivant l'influence des milieux forestiers sur la qualité et la disponibilité de la ressource en eau

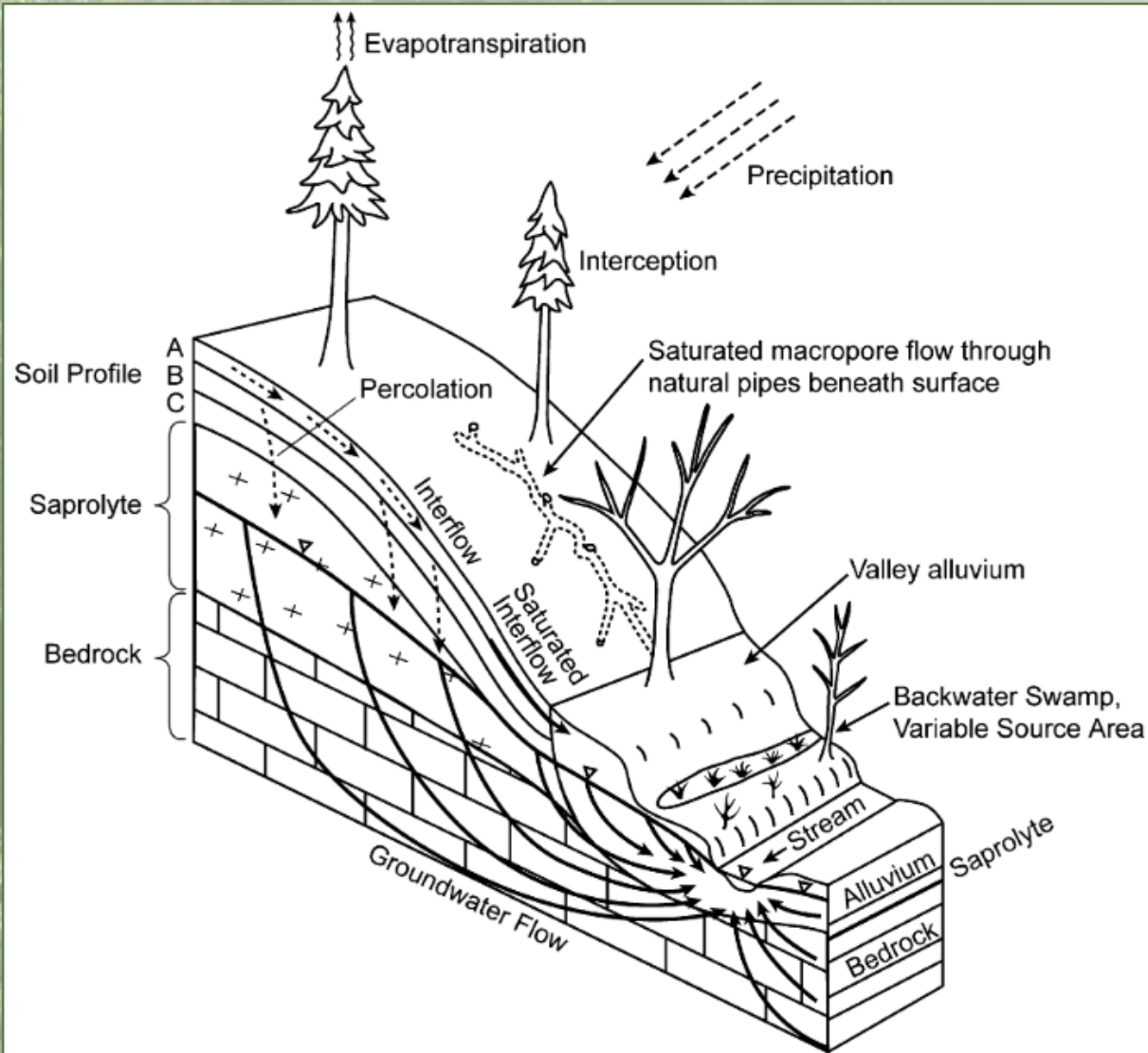


Fig. 1. Water flow pathways in a forested watershed (Adapted from Jackson, 2006).

Des écoulements multiples



Une porosité (macro et micro) très avantageuse pour l'infiltration de l'eau dans le sol forestier : systèmes racinaires, bioturbation, chablis...



Des écoulements multiples : en surface, en semi-profondeur, sous la roche mère... Donc une restitution au milieu différée dans le temps, et un gain sur les étiages (encore plus vrai en sol sableux !)



À favoriser le plus possible



La forêt, c'est l'essence même de la rugosité naturelle, et sûrement la meilleure zone de rétention !



Une saturation des sols différées du fait de la porosité



Un risque de ruissellement négligeable



Hydrologie : illustration opérationnelle

Quelque part sur le territoire de l'UGVO...



Avant...

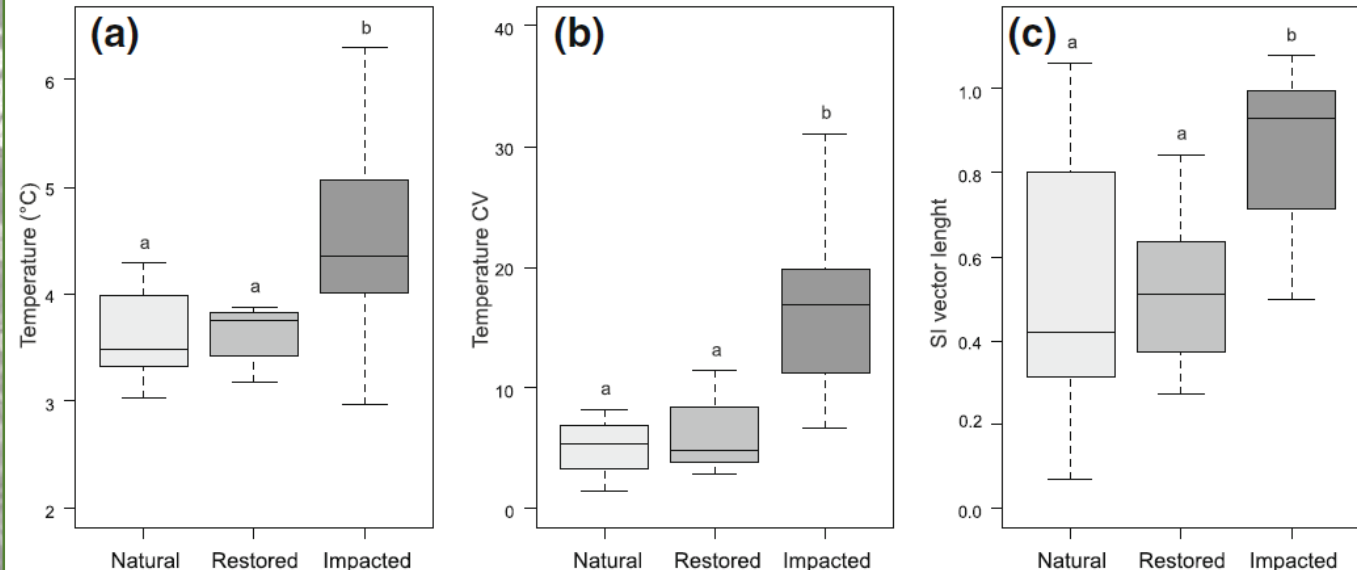
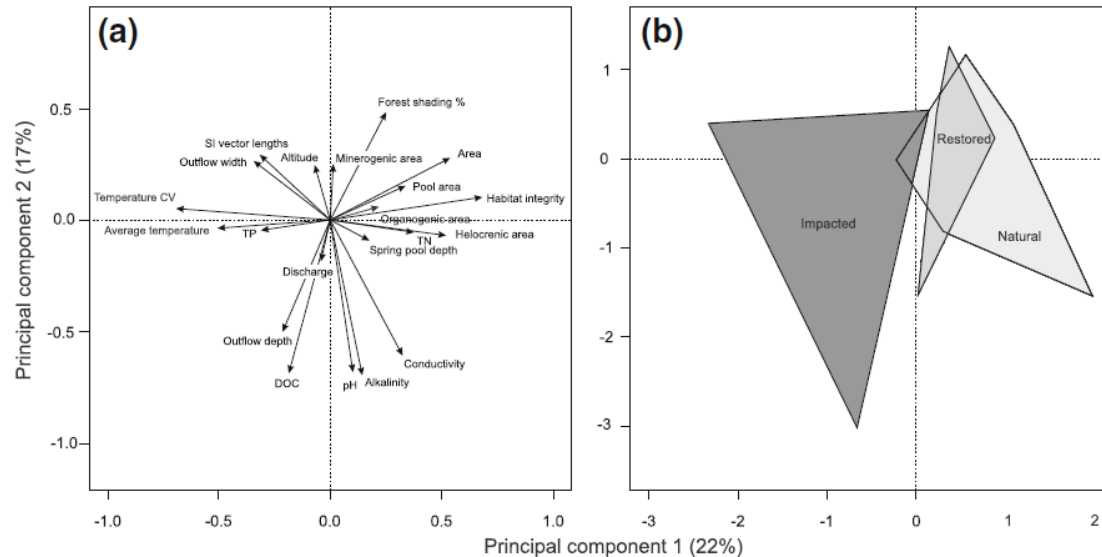


Après ! Restauration d'une tête de bassin en forêt de Rennes (Julien & Benjamin)

Hydrologie : retenir l'eau lorsqu'elle tombe, et la retenir lorsqu'elle est déjà là

Lehosmaa et al., 2017 : impacts du drainage sur les caractéristiques physico-chimique et la biodiversité des zones de source en boisements humides

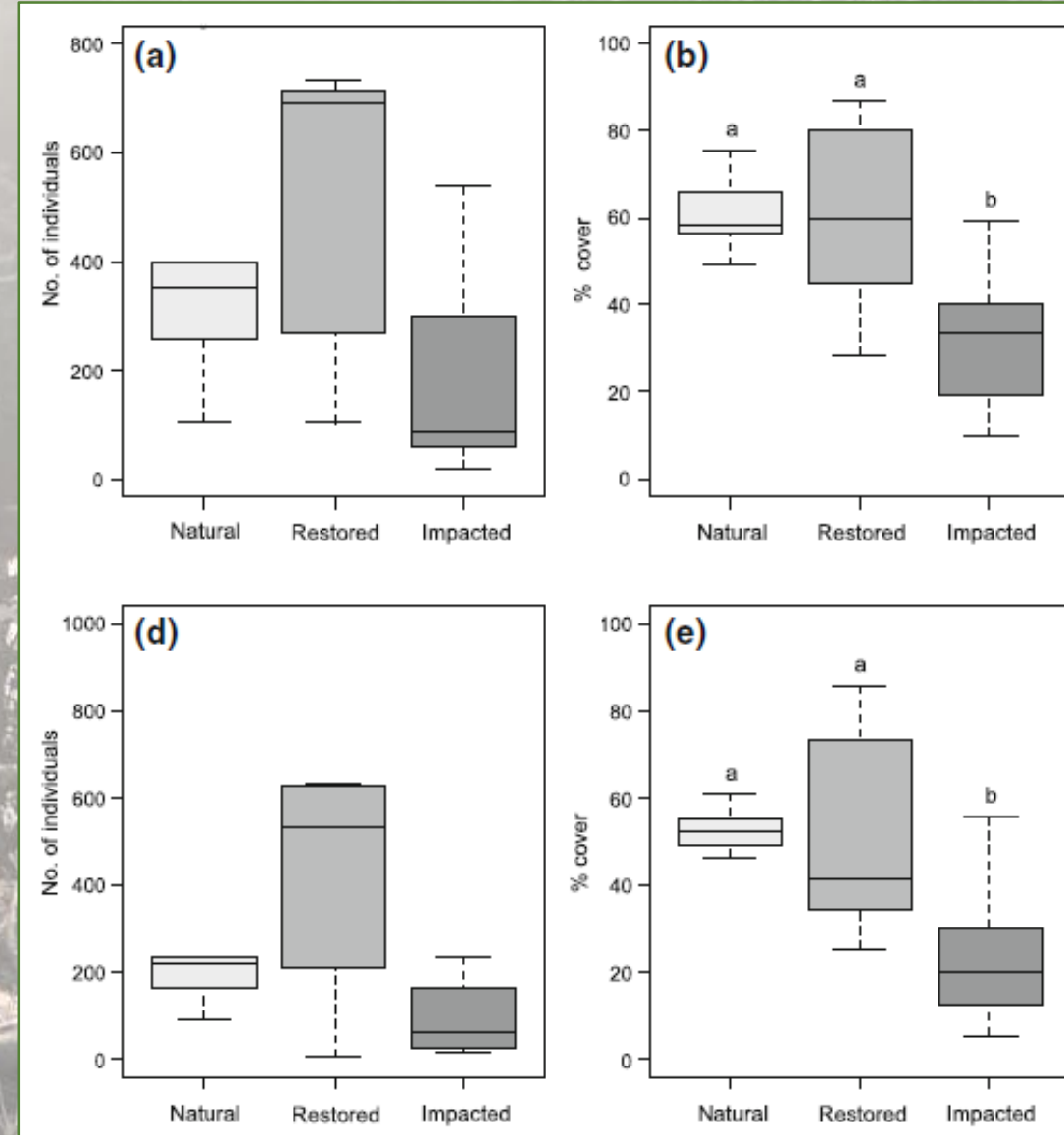
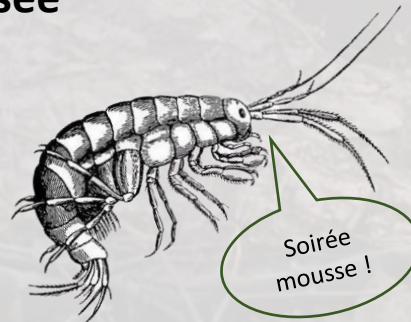
- ❖ Étude de la physico-chimie et de la biodiversité de zones de source en boisements humides exploités, en Finlande ; trois types de zones de source : naturelles, restaurées (suppression des fossés drainants à proximité), impactées (drainées)
- ❖ Résultats : la physico-chimie des zones restaurées s'approchent grandement de celle des zones naturelles, et ce rapidement après restauration (n+2) ; zones plus grandes aux eaux froides, plus profondes, à la stabilité chimique plus importante
- ❖ Des différences significatives avec les zones dégradées...
- ❖ Suppression du drainage : permet d'augmenter les temps de séjours de l'eau en profondeur ou semi-profonde, restitution naturelle en zones de source différés, entraînant une stabilité physico-chimique bien plus importante



Hydrologie : retenir l'eau lorsqu'elle tombe, et la retenir lorsqu'elle est déjà là

Lehosmaa et al., 2017 : impacts du drainage sur les caractéristiques physico-chimique et la biodiversité des zones de source en boisements humides

- ❖ Quelles conséquences de cette stabilité physico-chimique sur la biodiversité ?
- ❖ **Suivi des populations d'invertébrés et de bryophytes**, sur l'ensemble des espèces et les espèces crénophiles (qui aiment les sources), à n+2 pour les zones restaurées
- ❖ **Différences significatives en termes de nombre d'individus (invertébrés) et couverture (bryophytes)** pour les zones en bon état (naturelles ou restaurées)
- ❖ **Différences significatives également pour les espèces crénophiles**, forcément favorisées par la stabilité des conditions physico-chimique, **donc biodiversité spécifique favorisée**
- ❖ **Dédrainer, c'est faire la fête aux invertébrés !**
- ❖ **Dédrainer pour favoriser la qualité de l'eau, ainsi qu'une biodiversité spécifique associée**

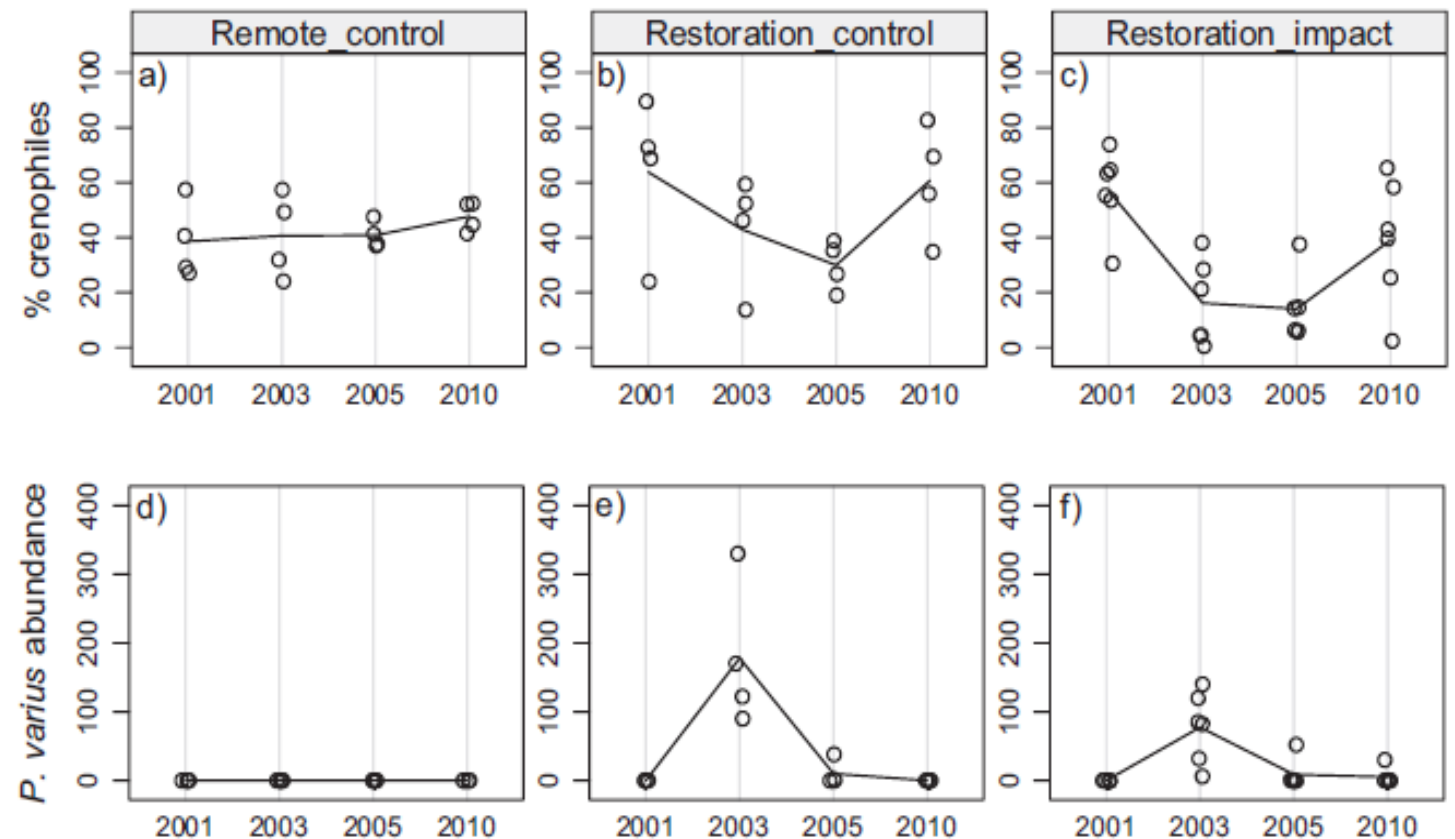
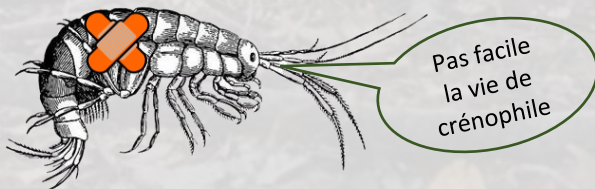


Hydrologie : retenir l'eau lorsqu'elle tombe, et la retenir lorsqu'elle est déjà là

Ilmonen et al., 2013 : impact du dédrainage à long-terme sur les populations d'invertébrés associées aux zones de source

- ❖ Suivi pluriannuel des populations d'invertébrés crénophiles et d'un généraliste (*P. varius*), sur des zones de sources restaurées (dédrainées), en boisements humides exploités en Finlande
- ❖ Suivi sur presque dix années, assez explicite quant aux dynamiques après restauration

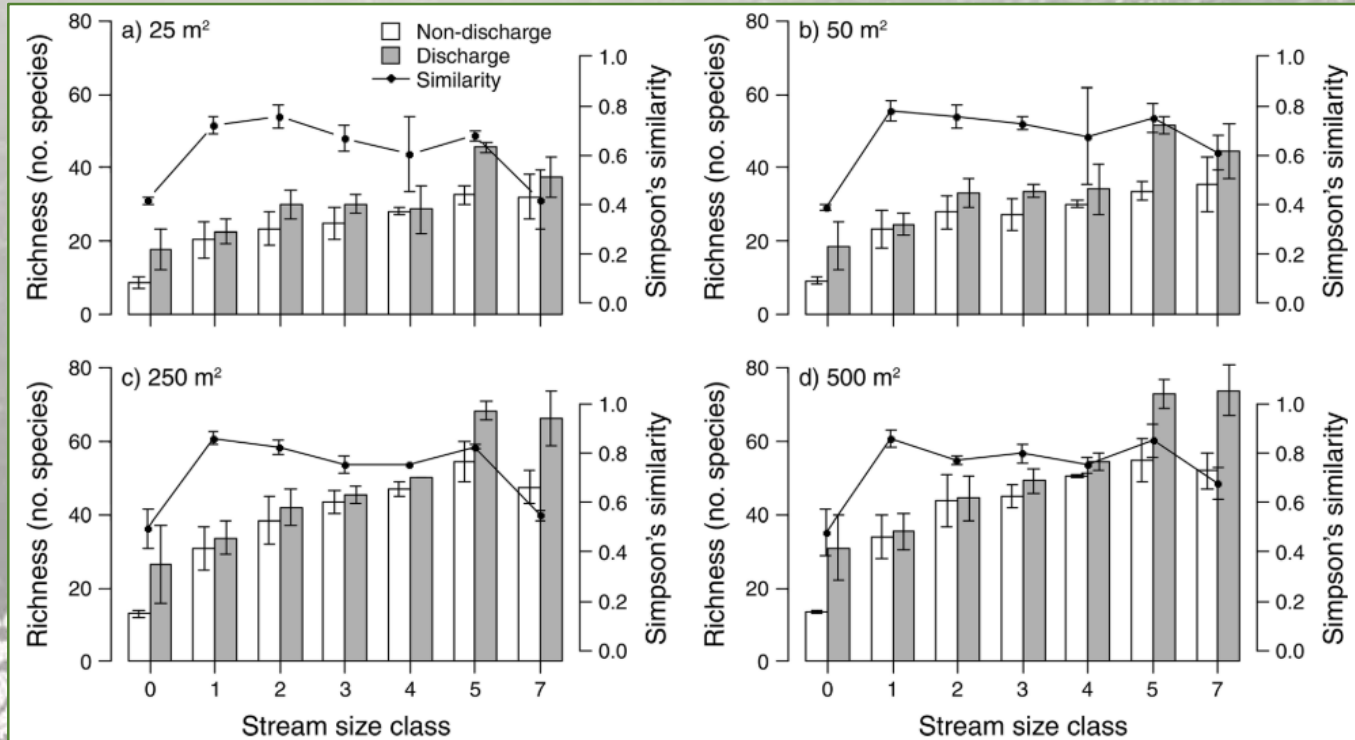
- ❖ Effets marqués des mesures de restauration (dédrainage) dans ce cas-ci
- ❖ **Impact sur la part des espèces crénophiles** au sein de la population d'invertébrés présente en zone de source
- ❖ **Généraliste largement favorisé** durant cette même période
- ❖ La restauration induit une perturbation physique et physico-chimique (modification des écoulements) qui n'est pas neutre, et peut mettre du temps à se résorber



Transition : et en dehors du lit mineur ?

Kuglerova et al., 2014 : évaluation de l'influence des écoulements souterrains sur la diversité des zones ripariennes de cours d'eau d'ordres différents

- ❖ Échantillonnage botanique des ripisylves, selon différentes surfaces depuis la berge, et différents ordre de cours d'eau ; cours d'eau alimentés ou non par la nappe (critère de pente), en zone de forêt boréale dans le nord de la Suède
- ❖ Richesse en espèces végétales des ripisylves significativement plus importante pour les cours d'eau alimentés par la nappe, effet d'autant plus marqué pour les rangs zéro et les grands cours d'eau
- ❖ Cet écart peut s'expliquer par la disponibilité accrue en isotopes C et N permise par l'alimentation de nappe, les écarts entre les cours d'eau étant significatifs
- ❖ Favoriser le dédrainage, c'est favoriser l'alimentation des cours d'eau par la nappe, et donc là encore une biodiversité spécifique au sein des ripisylves (les preuves s'accumulent...)

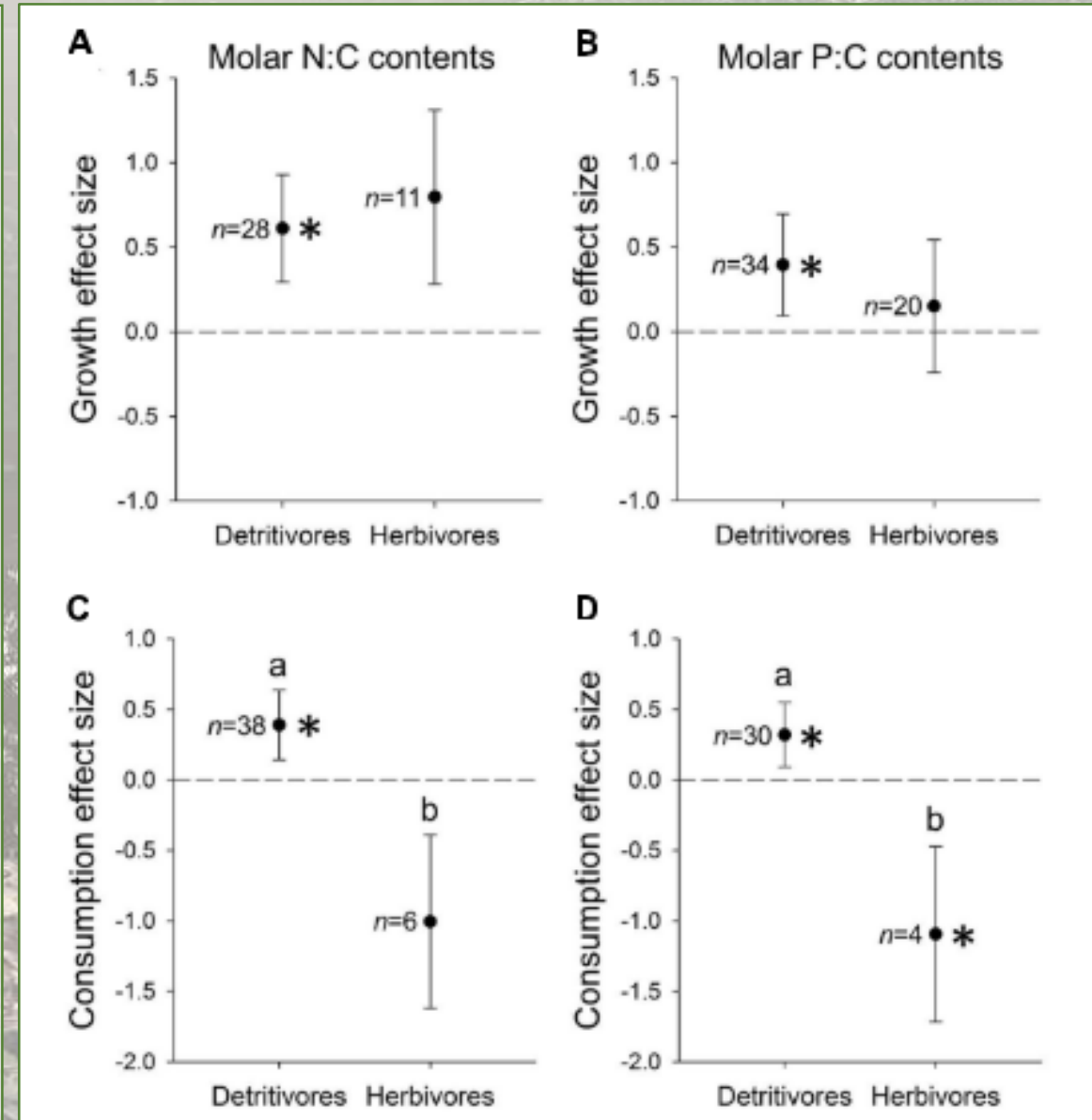


Variable	GW discharge	Non-discharge	Estimate	P	df	F
LMMs						
pH	4.9 ± 0.05	4.6 ± 0.05	0.42	>0.0001	94	
Organic content (%)	0.20 ± 0.03	0.17 ± 0.03	-0.03	0.8214	98	
C/N ratio (%)	19.3 ± 0.6	23.4 ± 0.9	-0.14	0.0001	91	
Total N (%)	0.46 ± 0.08	0.35 ± 0.06	0.13	0.3320	93	
Total C (%)	9.2 ± 1.8	8.5 ± 1.5	-0.01	0.9268	93	
δ ¹³ C (‰)	-28.2 ± 0.1	-28.0 ± 0.1	-0.21	0.0092	92	
δ ¹⁵ N (‰)	1.2 ± 0.2	1.9 ± 0.2	-0.24	0.0072	95	
Bare soil (%)	16.8 ± 2.2	22.0 ± 2.4	-0.06	0.0496	216	
ANOVA						
Slope (m/m)	18.0 ± 2.9	37.3 ± 5.1	-0.14	0.0046	2, 37	9.113
Aspect (°)	62.6 ± 11.6	89.7 ± 9.0	-27.15	0.0715	2, 37	3.443
Canopy openness (%)	20.0 ± 1.4	19.7 ± 1.4	0.01	0.8668	3, 36	0.029

Biodiversité : mieux vaut manger que faire à manger

Evans-White and Halvorson, 2017 : revue comparative du fonctionnement des réseaux trophiques primaires et secondaires en cours d'eau

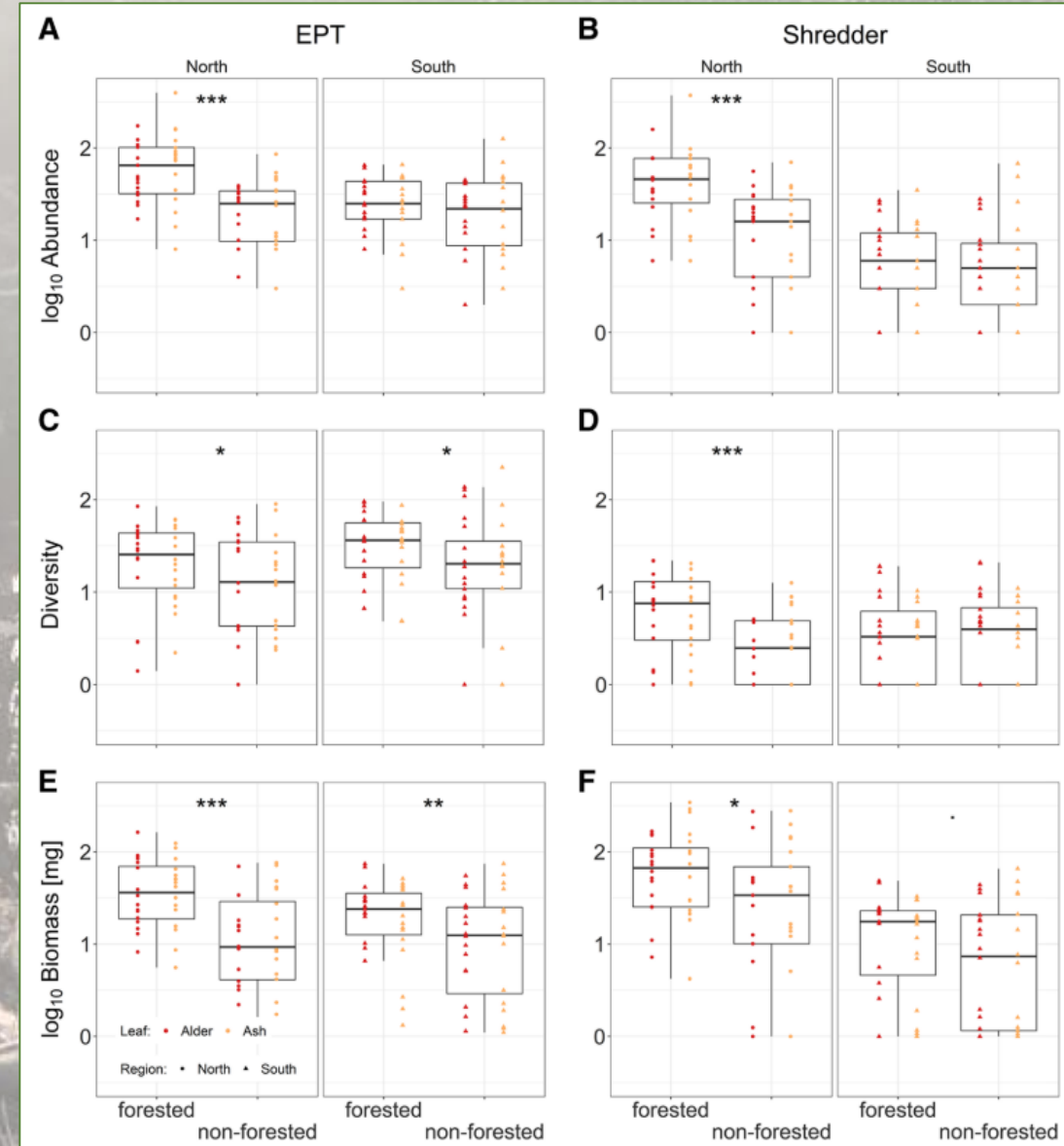
- ❖ Du fait de l'ombrage, la base de la chaîne trophique des cours d'eau forestier est essentiellement hétérotrophe : ce sont les invertébrés qui vont consommer la matière organique végétale entrant dans le cours d'eau, de la litière principalement
- ❖ La revue de littérature valorise par les statistiques des données de consommation de nutriments par des invertébrés détritiques et herbivores
- ❖ Lorsque le niveau de ressources trophiques augmente (Carbone, Azote, Phosphore), la consommation des détritiques augmente significativement, avec des effets visibles sur la croissance des individus et donc le taux de biomasse ; ce n'est pas le cas pour les herbivores
- ❖ On peut donc supposer que les flux de nutriments et donc d'énergie peuvent être plus importants au sein d'un réseau trophique de cours d'eau forestier, du fait de cette réactivité de la part des invertébrés détritiques



Biodiversité : dis-moi ce que tu manges, je te dirai qui tu es

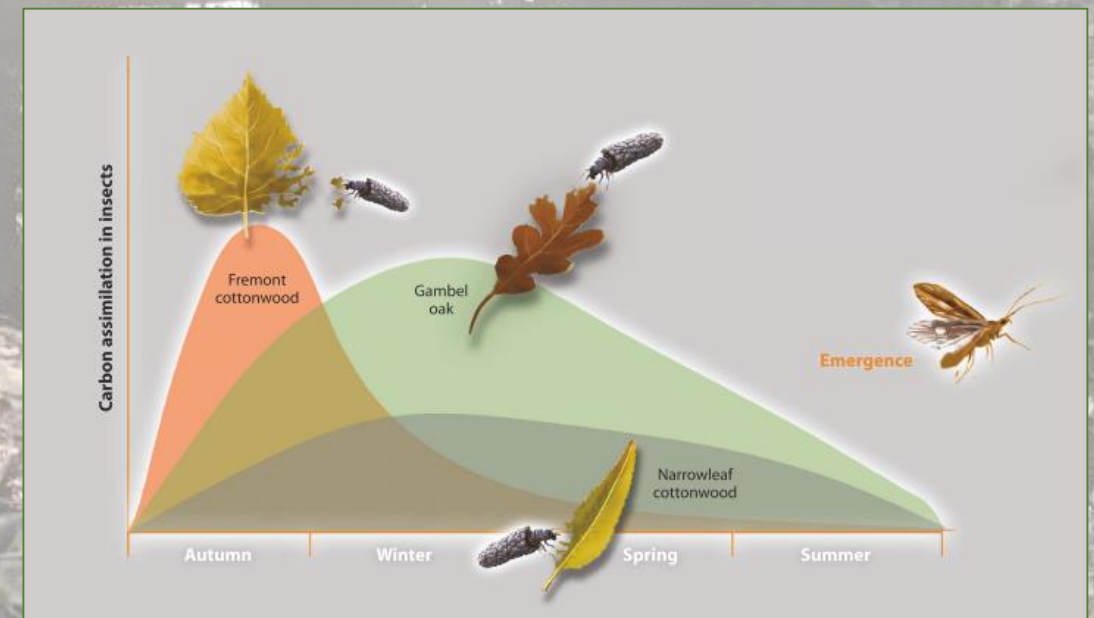
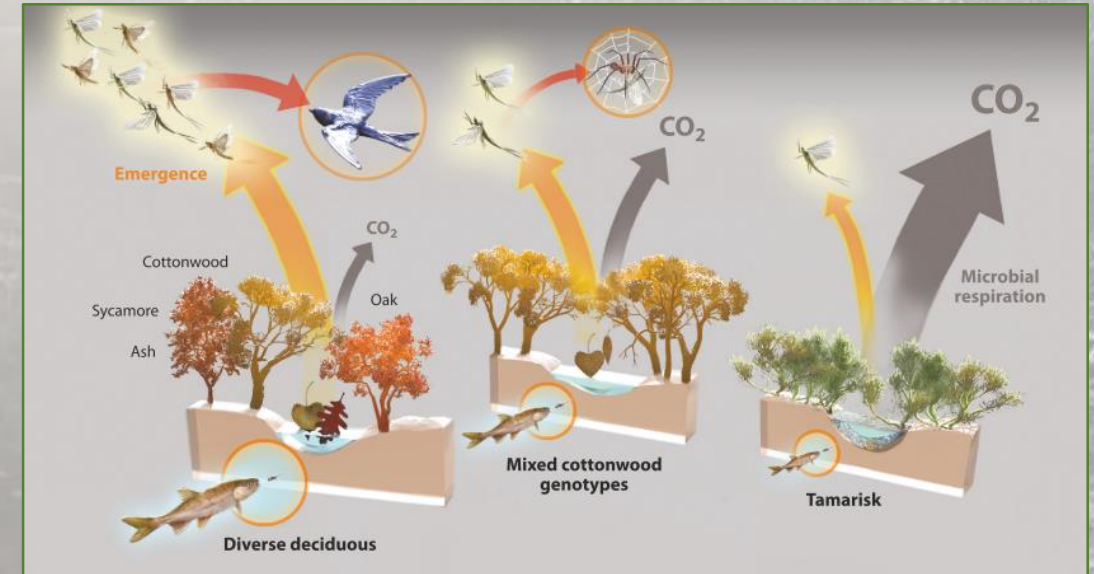
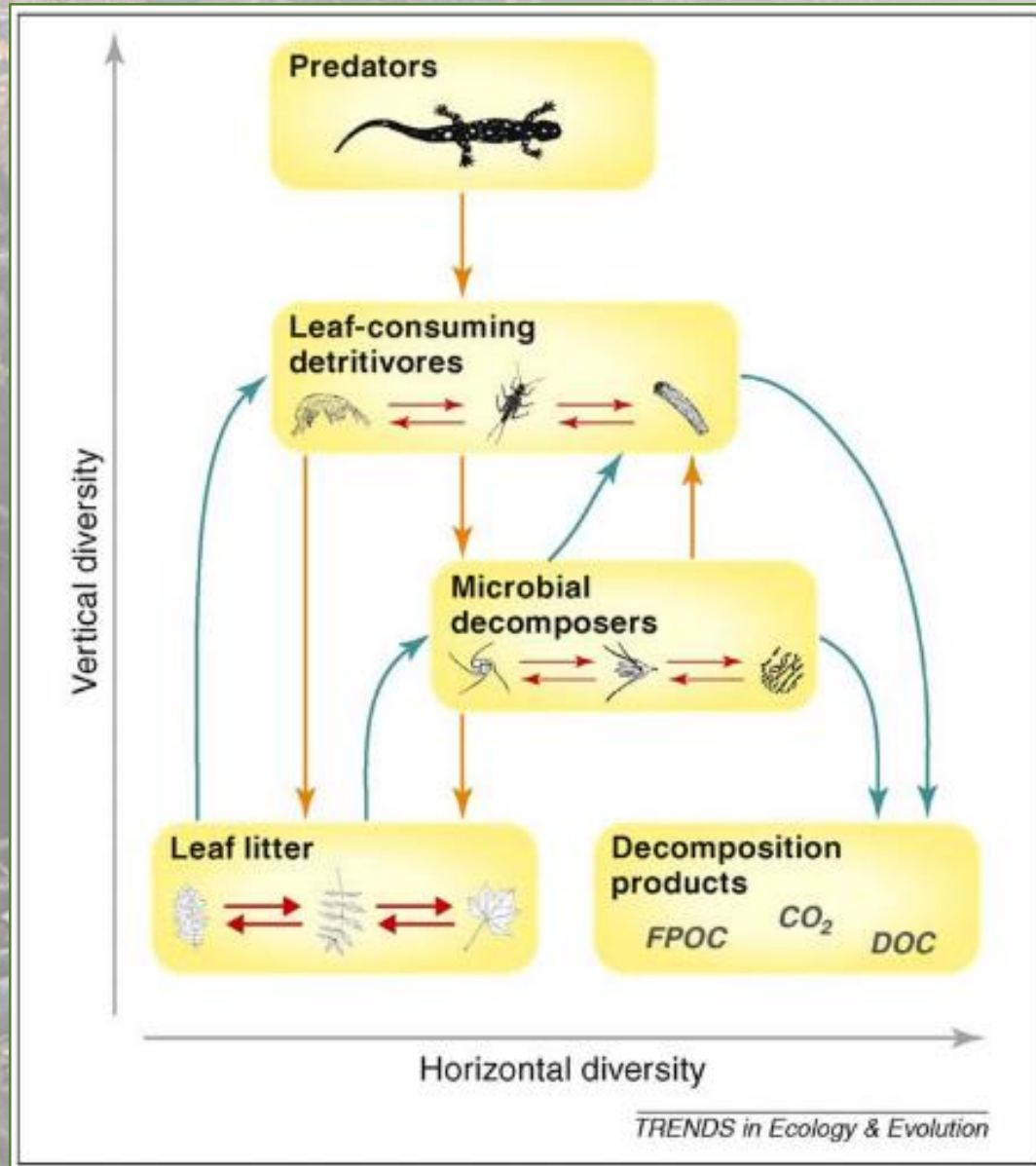
Oester et al., 2023 : réponse des communautés d'invertébrés à la composition végétale des ripisylves

- ❖ Échantillonnage de deux rang 1 en Suisse, chacun présentant un secteur forestier et un secteur non-forestier, et analyses statistiques permettant de comparer les différents secteurs
- ❖ Résultats significatifs à plusieurs titres, en particulier pour le cours d'eau « nord » : **secteur forestier montre une abondance, une diversité et une biomasse en EPT et détritivores plus importante que le secteur non-forestier** ; cela est très significatif pour l'abondance et la biomasse, significatif pour la diversité
- ❖ On observe donc que les espèces sensibles (EPT) semblent favorisées en milieu forestier : disponibilité de la ressource, stabilité des conditions physico-chimique, moindre colmatage...
- ❖ On retrouve cet élément de « surplus » d'énergie entrante à la base de la chaîne trophique, grâce à la consommation des détritivores



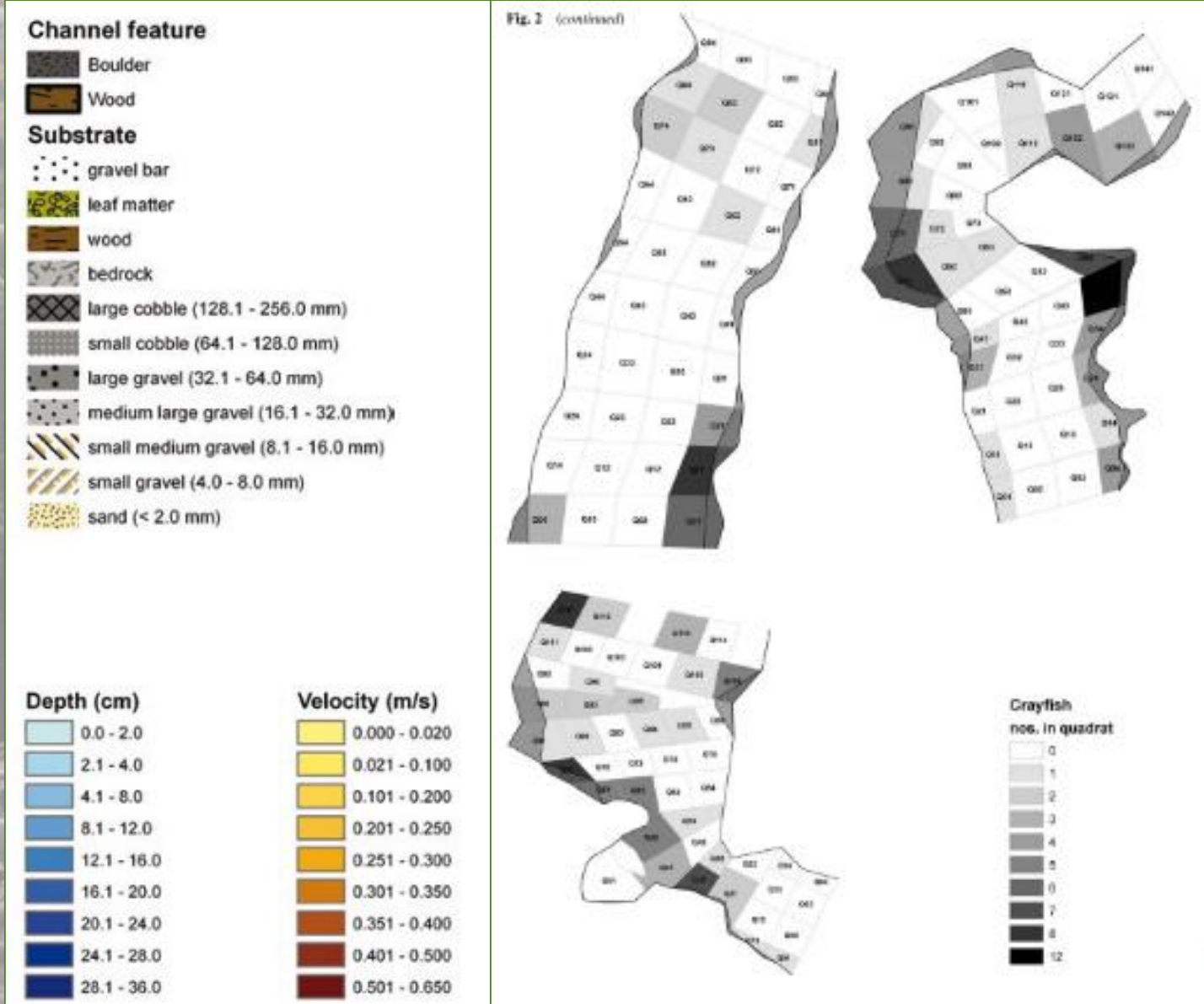
Biodiversité : dimension verticale, dimension horizontale

Gessner et al., 2010, Marks, 2019 : revues de littérature sur le fonctionnement des chaînes trophiques dans les petits cours d'eau forestiers



Biodiversité : dernière rengaine pour le bois, le GNR des rivières

Parkyn et al., 2009 : effet de l'ajout de bois en rivière sur la quantité et la qualité des habitats pour une espèce sensible d'écrevisse



- ❖ Étude comparative de l'ajout de bois en rivière ou non au sein de trois tronçons de sinuosité variable d'un rang 3 forestier aux États-Unis
- ❖ En n+1 après ajout de bois, **cartographie d'habitats, des vitesses d'écoulement et des profondeurs des trois tronçons** : sans surprise, diversité plus importante pour les tronçons avec bois...
- ❖ ...puis prospection / échantillonnage écrevisses pour les trois tronçons
- ❖ Résultats : fréquence d'observation des écrevisses positivement corrélée à la présence de zones calmes, profondes ou semi-profondes
- ❖ **Présence de l'écrevisse d'autant plus favorisée qu'un tronçon contiendra une importante diversité de ces habitats**

Bilan de l'argumentaire pour les cours d'eau forestiers

Des châteaux d'eau

- Des cours d'eau à faire déborder absolument
- Pour permettre la recharge des nappes
- Pour permettre un abattement des pollutions

Des réservoirs de biodiversité

- Des cours d'eau favorables à une biodiversité particulière
- Des têtes de ponts pour recoloniser les linéaires
- Une biodiversité favorisée à tous les étages

Mise en œuvre ?

- Des précautions d'interventions spécifiques
- Pour permettre la réalisation de ces fonctions
- Pour être certain de pouvoir revenir d'une année sur l'autre

Temps d'échanges

