

GUIDE DE TERRAIN

Régénération low-tech des milieux rivières fondée sur les processus *adapté du LT-PBR Pocket Guide du Riverscapes Consortium*

Avec le soutien de :



Riverscapes
Consortium





Sauf indication contraire, cette œuvre est mise à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution 4.0 International.

Traduction: Fanny Morizot (*Medis Terra*), Baptiste Morizot, Suzanne Husky

Édition: Nicole Vereau Kraemer & Evelyne Montagnon

Relecteur·ices: Aurélien Mathevon, Benoit Terrier, Cédric Cadet, Emmanuelle Tachioires, Eric Dedonder, Florence Javion, Frédéric Gruffaz, Nicolas Valé, Julien Bigué

Contributeur·ices (photos) : Cédric Cadet, Clément Délis, Christof Angst, Evelyne Montagnon, Félix Grippon, Julien Bigué, Nicole Vereau Kraemer, Nathalie Perrin, Marc Cladière, Patrick Destiné, Pierre-André Frossard, Pierre-Yves Brunaud, Sylvère Petit, Suzanne Husky

Première de couverture: © Christof Angst (*info fauna service conseil castor*)

Illustrations en aquarelle: © Suzanne Husky

Grâce au soutien technique et financier de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, l'Association Rivière Rhône-Alpes Auvergne (ARRA²) propose cette **traduction libre** du « *Low-tech Process-based Restoration of Riverscapes : Pocket Field Guide* », lui-même issu du « *Low-Tech Process-Based Restoration of Riverscapes: Design Manual* » édité par Wheaton J.M., Bennett S.N., Bouwes, N., Maestas J.D. and Shahverdian S.M. (Editors), 2019, Utah State University Restoration Consortium. Logan, UT. 286 pp.

À citer comme suit: « *Guide de terrain: Régénération Low-Tech Fondée sur les Processus* » du Riverscapes Consortium, traduit et adapté au contexte francophone par l'Association Rivière Rhône-Alpes Auvergne, 2025, 84 p.





Le guide que vous tenez entre vos mains n'est pas seulement un manuel technique. Nourri de nos meilleures sciences en hydromorphologie et en écohydrologie, c'est aussi une nouvelle approche quant aux relations que nous pouvons engager avec les rivières qui nous entourent et qui contribuent à la prospérité de la vie.

« Laisser la rivière faire le travail » un argument à l'origine économique et de bon sens, est l'un des principes clés pour redonner aux rivières leur agentivité dans la transformation de leur milieu. « Déléguer la prise de décision au système » implique, non plus de continuer à diriger les rivières selon notre vision ingénierique, mais, à chaque fois que cela est possible, de leur laisser l'espace latéral pour qu'elles puissent elles-mêmes redessiner et redécouvrir les formes qui leur sont possibles. Contrairement aux cathédrales et peintures qui, en tant qu'entités figées et passives, se dégradent au passage du temps et que l'on peut « restaurer », les rivières sont des entités actives et métamorphiques qui sont capables de se « régénérer ».

Lorsqu'on leur laisse la possibilité d'interagir avec des structures naturelles, la possibilité de divaguer latéralement, recharger les nappes et réouvrir des chenaux multiples, on leur permet de retrouver les dynamiques qui leur sont propres depuis des millions d'années et vitales pour maintenir leur biodiversité. On redonne résilience et robustesse à l'ensemble de leur milieu, face aux bouleversements climatiques et écologiques auxquels nous sommes confrontés au XXI^e siècle. Cette approche nous invite donc à transformer notre regard, d'une posture de « gestionnaires » des cours d'eau vers celle d'« accompagnateurs » dans la réactivation de leurs processus et l'amélioration de leur état de santé.

J'espère que ce guide donnera aux professionnels, aux praticiens de la rivière, des outils complémentaires à leurs pratiques et manières de se relier aux cours d'eau. Je soupçonne que beaucoup vont reconnaître dans ces pages des choses qu'ils sentent et qu'ils ont déjà comprises du fait de leur expérience de terrain et lien intime avec l'eau : c'est comme si ce guide ne découvrait rien de très original, mais qu'il mettait enfin des mots sur une compréhension de la rivière qui jusque-là trouvait peu sa formulation et son langage.

Bon travail !

Baptiste Morizot
- écrivain et philosophe de terrain

De la gestion à l'accompagnement des cours d'eau

Nous avons pu expérimenter sur notre territoire et dans différents contextes cette approche douce, sobre et adaptable, et constater rapidement des réponses spectaculaires et prometteuses pour tendre vers des milieux aquatiques plus fonctionnels et résilients face aux effets du dérèglement climatique et de certaines pratiques d'aménagement des territoires.

Ces expérimentations m'ont poussé à m'interroger sur ma perception d'une rivière réellement en bon état écologique et fonctionnelle. Aujourd'hui, je suis convaincu de disposer d'un levier d'action qui va profondément influencer mon métier de gestionnaire de milieux naturels.

Si cette approche ouvre de nouvelles perspectives sur de nombreux cours d'eau et zones humides, il est bon de rappeler qu'elle ne vient pas concurrencer l'ingénierie classique de restauration morphologique des milieux aquatiques. Dans bien des cas, lorsque le milieu est trop artificialisé et cadencé, cette approche serait inefficace et ne pourrait répondre à elle seule aux enjeux et aux objectifs.

Aussi, pour envisager une opération de régénération il est fondamental de bien connaître son territoire, d'identifier les altérations du milieu et d'être en capacité d'évaluer si les effets recherchés, si les processus régénérés, apporteront des réponses à ces altérations à court, moyen ou plus long terme. Ce sera le début de votre « conversation » avec la rivière.

Ce guide est une invitation à l'action qui doit permettre d'accélérer le retour et la consolidation du bon état écologique des milieux aquatiques et tendre vers des territoires plus résilients face au bouleversement climatique en marche. À vous de vous en emparer et de l'enrichir par vos propres expériences.

Bonne lecture et bonnes réalisations !

Cédric Cadet
- chef de projet GEMAPI à Valence Romans Agglo



GLOSSAIRE

Anastomose (Stade 0)

n. f. 1. Les cours d'eau anastomosés sont constitués de plusieurs chenaux se divisant autour d'îlots végétalisés relativement stables (faisant partie de la plaine inondable).

2. Un cours d'eau anastomosé se compose d'au moins deux chenaux interconnectés sillonnant la plaine inondable.

3. Schumm a défini en 1968 une forme de cours d'eau distincte des systèmes de tressage classiques. Il s'agit d'un système de chenaux multiples dominé par les charges en suspension, sinuant autour de grands îlots stables et excisés de la plaine d'inondation voisine. (D'après Carling et al. 2013)

Synonymes : chenaux en tresses, chenaux anabranches.

► Carling, P., Jansen, J. and Meshkova, L., 2013. *Multichannel rivers: their definition and classification. Earth Surface Processes and Landforms.*

Avulsion

n. f. 1. Processus par lequel un chenal en eau (encore appelé anabranch) change de position et dirige le flux d'écoulement dans un chenal différent, ou shunte l'écoulement vers l'un des deux chenaux au niveau d'une diffluence.

2. L'avulsion d'anabranche dans les rivières en tresses peut se produire selon trois mécanismes principaux : l'avulsion par « étouffement » causée par le blocage d'un chenal par une grande quantité de sédiments, l'avulsion par « constriction » produite par la déviation, le confinement puis la dérivation ultérieure de l'écoulement par un banc alluvial, et l'avulsion dite « d'apex » consécutive à l'érosion des berges extérieures des thalwegs sinueux et des coudes de méandre confinés. (D'après : Leddy et al. 1993.)

► Leddy, J.O., Ashworth, P.J. and Best, J.L., 1993. *Mechanisms of anabranch avulsion within gravel-bed braided rivers: observations from a scaled physical model. Geological Society, London, Special Publications.*

3. Changement soudain du tracé ou de la position d'un cours d'eau, en particulier par incision (érosion) des alluvions des basses terres, visant à court-circuiter un méandre pour raccourcir la longueur du chenal et augmenter sa pente. L'avulsion se produit le plus souvent au cours des inondations, mais peut également faire suite à des processus normaux de migration latérale d'un cours d'eau durant des décharges ne produisant pas d'inondation. (D'après : Osterkamp 2008.)

► Osterkamp, W.R., 2008. *Annotated Definitions of Selected Geomorphic Terms and Related Terms of Hydrology, Sedimentology, Soil Science and Ecology. In: U.S.G. Survey.*

Complexe

n.m. Un complexe est un ensemble de structures destinées à fonctionner de concert pour imiter et encourager des processus précis et servir des objectifs de régénération déterminés.

Effet castor

n.m. 1. Ensemble des effets générés par les activités de construction des castors : ralentir, diffuser, dépolluer et garder l'eau dans les terres pour hydrater les milieux.

2. L'effet castor permet de réduire les sécheresses, inondations, mégafeux et érosion de la biodiversité des milieux humides. (Morizot, B. et Husky, S., 2024. *Rendre l'eau à la terre, Actes Sud*)

Énergie structurante

Variante de traduction : Puissance fluviale

n. f. 1. Il s'agit d'une mesure de l'énergie d'écoulement permettant de quantifier le travail géomorphologique potentiel que peut réaliser un cours d'eau. Elle se calcule en faisant le produit des quatre grandeurs suivantes : la densité de l'eau, la gravité, le débit et la pente du chenal. ($\Omega = \rho g Q S$).

2. Elle désigne la capacité de l'eau courante à accomplir du travail (transport de sédiment, érosion) et est le produit du débit et de la pente de la ligne d'eau.

L'énergie structurante est en général exprimée par unité de longueur d'un chenal, à savoir en watts par mètre ($W \cdot m^{-1}$). (D'après Osterkamp 2008)

Autre référence : (Malavoi et al. 2010)

Low-tech

n. f. Antonyme du terme « high-tech » (*haute technologie*), la « low-tech » (*technologie douce, sobre ou résiliente*) est une démarche qui vise à obtenir un maximum d'effets avec un minimum de ressources employées. Elle se caractérise par l'usage de matériaux locaux, la réalisation de travaux sobres en énergie, souvent en alliance avec les forces motrices des écosystèmes.

Milieu rivière

Variante de trad. : Paysage ou hydrosystème fluvial

Traduction en français du concept anglophone « riverscape », construction terminologique entre « landscape » et « river » visant à restituer à la rivière son lit majeur ; la rivière pensée dans son espace de processus global.

n. m. 1. Les cours d'eau et les environnements riverains, ou milieux rivières, se composent des habitats prodigués par les chenaux et par la plaine alluviale qui leur est connectée ; cet ensemble constitue le fond de vallée.

2. Ce terme désigne de façon holistique les modèles et processus à large échelle associés aux systèmes fluviaux. (D'après Ward 1998)

► Ward, J.V., 1998. *Riverine landscapes: Biodiversity patterns, disturbance regimes, and aquatic conservation*. *Biological Conservation*.

3. Correspond spatialement à l'étendue d'un réseau d'écoulement, limité latéralement par les limites du fond de vallée.

Ouvrage type Castor ou Ouvrage castor-mimétique

n.m. Structure artisanale destinée à imiter et encourager les processus générés par les activités de construction des castors. C'est une structure perméable enjambant le chenal, caractérisée par une crête d'élévation régulière. Elle est constituée d'un mélange de débris de bois et de matériaux de remplissage (terre, pierres, végétaux liant tels le lierre, la ronce...) permettant l'accumulation temporaire d'eau en amont et une diffusion de l'eau latéralement pour réhydrater les marges alluviales et/ou réactiver des chenaux secondaires relictuels.

Régénération fondée sur les processus

n. f. Approche de restauration ayant pour objectif de rétablir le rythme et l'ampleur normatifs des processus

physiques, chimiques et biologiques qui créent et supportent les écosystèmes des cours d'eau et des plaines alluviales : niveaux d'érosion et de dépôt, migration de chenaux, croissance et remplacement de la végétation riveraine. (D'après Beechie et al. 2010)

► Beechie, T.J., Sear, D.A., Olden, J.D., Pess, G.R., Buffington, J.M., Moir, H., Roni, P. and Pollock, M.M., 2010. *Process-based principles for restoring river ecosystems*. *BioScience*, 60(3): 209-222

Structure Bois

n.f. Structure artisanale en bois destinée à imiter et favoriser les processus d'accumulation de bois. On l'érige en accumulant des matériaux ligneux de tailles diverses au sein d'un maillage de pieux en bois non traité plantés dans le lit du cours d'eau. Elle se décline en plusieurs variantes: traversante, rattachée aux berges ou bien en îlot.

Structures naturelles

n.f. 1. Éléments discrets ayant une influence directe sur le fonctionnement hydraulique d'un cours d'eau (blocs de pierres, bois, ouvrages de castors, roche mère, végétation.) (D'après Wheaton et al.2015)

Thalweg

n.m. Ligne de plus grande pente d'une vallée, suivant laquelle se dirigent les eaux courantes. (Forest. 1946)

1. PRINCIPES ET CLÉS DE LECTURE DES MILIEUX RIVIÈRES

Principes des milieux rivières en bonne santé -13

- Les rivières ont besoin d'espace
- Les structures naturelles créent de la complexité et engendrent de la résilience
- L'importance des structures est variable
- L'inefficacité dans l'acheminement de l'eau est souvent gage de bonne santé

Exemples de milieux rivières riches en structures -14

Symptômes clés d'un milieu rivière dégradé et objectifs clés pour sa régénération -16

- Affamé en structures
- Incisé dans son lit mineur
- Simplifié dans son nombre de chenaux
- Déconnecté de sa plaine alluviale
- La plaine alluviale comme aquifère

Deux processus "clés de voûte" -19

- Les effets de l'accumulation de bois mort
- Les effets de l'activité de construction des castors
- L'importance des structures est variable (*suite*)

Enrichir le milieu en structures pour réactiver les processus disparus -23

Principes de régénération fondée sur les processus -24

- Le désordre est un allié
- L'union fait la force
- Opter pour des matériaux de construction naturels
- Laisser le système faire le travail
- Déléguer la prise de décision au système
- Les systèmes autonomes sont la solution

Évolution d'un milieu rivière -26

- Incision, Élargissement, Aggradation, Anastomose
- La présence des castors permet d'accélérer les processus d'évolution des milieux rivières

Activation structurelle de la résilience -28

- face à la sécheresse
- face aux incendies

Imiter, développer, obtenir des systèmes autonomes -30

- Le temps profond des milieux rivières

2. UN ACCOMPAGNEMENT POUR LA RÉACTIVATION DES PROCESSUS

Étapes et règles fondamentales - 34

- Vérifier le statut de l'écoulement
- Solliciter la compétence GEMAPI
- Demander un accord foncier
- Réaliser un diagnostic et définir les objectifs de régénération
- Prendre en compte les réglementations
- Réunir les compétences
- Réaliser un état initial précis qui permettra d'évaluer les effets
- Faire des propositions et évaluer

Comment décrypter un milieu rivière ? - 36

- Exemple schématique d'un fond de vallée

Quelle portion du fond de vallée est disponible pour déployer les processus de régénération low-tech ? - 38

Kit de conception : les indispensables - 40

- Exemple d'une carte à grande échelle : hydrosystème complet
- Exemples de plans de conception d'un complexe

Aspects réglementaires - 44

3. UNE DÉMARCHE BIOMIMÉTIQUE & LOW-TECH

Présentation des différentes structures low-tech - 46

- Table de matières des variantes
- Composition des structures et ouvrages
- Matériaux low-tech usuels
- Types de pieux disponibles

Structures Bois - 56

- Construire une Structure Bois (étape par étape)
- Conseils Pratiques
- Structure Bois - type épi : le sculpteur de lit
- Structure Bois -type épi : le mange-berge
- Structure Bois -en îlot : le fendeur de flots
- Structure Bois - traversante : le nourrisseur de fond

Ouvrages type Castor (ou castor-mimétique) - 66

- Construire un Ouvrage type Castor (étape par étape)
- La construction illustrée pas à pas
- Orientation des crêtes des Ouvrages type Castor
- Conseils Pratiques
- Ouvrages type Castor "au naturel" : sans pieux
- Ouvrages type Castor renforcés par des pieux

Évaluation et accompagnement de l'évolution d'un complexe - 79

CHAPITRE 1

PRINCIPES ET CLÉS DE LECTURE DES MILIEUX RIVIÈRES



PRINCIPES DES MILIEUX RIVIÈRES EN BONNE SANTÉ

1 Les rivières ont besoin d'espace. Les cours d'eau en bonne santé sont **dynamiques**, ils changent régulièrement de position dans leur fond de vallée, remodelant sans cesse leur plaine alluviale et interagissant avec elle. Il est essentiel de permettre aux cours d'eau de **se déployer dans leur fond de vallée** pour préserver la santé des **milieux rivières**.

2 Les structures naturelles créent de la complexité et engendrent de la résilience. En modifiant les **conditions d'écoulement** des cours d'eau, les éléments structuraux – comme les ouvrages castors ou les amas de bois – produisent une **diversification des habitats**. Les habitats physiquement diversifiés sont bien plus résilients que les milieux simplifiés et homogènes.

3 L'importance des structures est variable. L'importance relative et l'abondance de ces éléments structuraux varient en fonction du type de tronçon, de la configuration de la vallée, du régime d'écoulement et des caractéristiques du bassin versant. (► p.20) **Identifier le type de cours d'eau** auquel vous avez affaire vous permettra de développer des attentes réalistes quant à l'**aspect** (forme) que pourrait prendre ce cours d'eau et au **comportement** (processus) qu'il pourrait adopter.

4 L'inefficacité dans l'acheminement de l'eau est souvent gage de bonne santé. L'inefficacité hydrologique est caractéristique d'un système sain. Il faut entendre ici "inefficacité" au sens hydraulique: le transport de l'eau est inefficace quand il est complexe, ralenti, ramifié, et pas optimisé dans son accélération. La **diversification des temps de résidence de l'eau** permet d'atténuer les crues, de remplir les fonds de vallée agissant comme des éponges et de libérer l'eau progressivement, en soutenant ainsi le débit du cours d'eau et en contribuant à améliorer la santé des écosystèmes et leurs bienfaits sur les santés humaines.

EXEMPLES DE MILIEUX RIVIÈRES RICHES EN STRUCTURES



© Christof Angst

► **Vue aérienne d'un milieu rivière en tresse**, où, sur un petit affluent de la Singine en Suisse, les castors ont transformé la plaine alluviale en lac, en construisant un ouvrage de 90 mètres de long.



© Patrick Destiné

► **Vue aérienne de complexes d'ouvrages castors**, sur le ruisseau de la Maladrie -à déclivité régulière-qui se jette dans l'Ourthe à Marcourt. 3 sites castors repérés en 2021 à Marcouray, commune de La Roche-en-Ardenne, Belgique.

SYMPTÔMES D'UN MILIEU RIVIÈRE DÉGRADÉ ET OBJECTIFS CLÉS POUR SA RÉGÉNÉRATION



A Affamé en structures (*amas de bois, ouvrages castors, arbres morts...*) Le bois dans la rivière se comporte comme une structure mobile permettant de récolter sporadiquement du sédiment, diffuser l'énergie structurante de l'eau et diversifier les écoulements.

> **Réintroduire du bois dans la rivière**



B Incisé dans son lit mineur. Le manque de structures réduit les verbes d'action du cours d'eau à son accélération, s'enfonçant par sa force érosive dans son propre lit jusqu'à parfois atteindre la roche mère.

> **Rehausser le lit du cours d'eau**



C Simplifié dans son nombre de chenaux. Le manque de structures et par conséquent, de perturbations dans l'écoulement, le réduisent à un monochenal avec très peu de variations de vitesse dans son écoulement. Or, c'est la diversité de ces variations qui permet, entre autres, une diversité d'habitats.

> **Complexifier le flux et réactiver des chenaux secondaires**



D Déconnecté de sa plaine alluviale. L'enfoncement du cours d'eau dans son lit mineur déconnecte l'eau du 'sol-éponge'. En période de crue, le cours d'eau n'enrichit plus les sols en sédiments et ne les recharge plus en eau, pour la stocker et qu'elle lui soit restituée en saison sèche. (p.18)

> **Rétablir les échanges entre le cours d'eau et sa plaine alluviale**



La plaine alluviale comme aquifère

Lorsque le cours d'eau est connecté à sa plaine alluviale, le sol agit comme une **éponge**. Lors des hautes eaux, il est hydraté et accumule l'eau qu'il peut ensuite restituer au cours d'eau lors des périodes de sécheresse.

Il faut noter que, quand il est saturé, la quantité d'eau qui entre dans le système est égale à celle qui sort, mais celle dans le milieu est démultipliée.

Reconnecter le cours d'eau à sa plaine alluviale peut permettre de **garder plus longtemps de l'eau dans le système**, favoriser les "petits cycles" de l'eau et activer structurellement de la résilience dans les milieux face aux incendies et à la sécheresse. (► p.28)

DEUX PROCESSUS « CLÉS DE VOUTE »

Les processus d'une rivière (hydrogéologiques, hydrauliques, morphologiques, écologiques, biologiques...) sont nombreux et complexes, de telle sorte qu'il est difficile de déterminer lesquels réactiver en priorité. Cependant, certains représentent des points clés dans l'action sur leur milieu, permettant d'employer une **énergie minimale pour des effets régénérateurs maximaux** voués à s'autonomiser.

Ces **deux processus fondamentaux** pour la bonne santé de la plupart des milieux rivières sont :

1. Les effets de l'accumulation de bois mort



Drôme © N. Vereau

« Le cycle de mort des forêts vivantes fait la vie de la rivière. Les arbres qui poussent sur les rives puis tombent dans le courant lui donnent des structures pour faire de l'exercice, se façonner, se complexifier et exprimer ses verbes d'action. » ¹

2. Les effets de l'activité de construction des castors



Doty Ravine © S. Husky

« L'effet castor est capable d'hydrater et de repeupler de flux divers les milieux rivières. Il réactive le plan de l'espace de liberté latéral potentiel de la rivière et la profondeur tridimensionnelle (...) des aquifères, des nappes d'accompagnement et des sols-éponges. » ¹

¹ « Rendre l'eau à la Terre », B. Morizot, S. Husky, Actes Sud, 2024

L'importance des structures est variable

L'importance relative de l'accumulation de bois mort et des activités de construction des castors dépend des caractéristiques géomorphologiques de l'écosystème et du régime d'écoulement du milieu rivière.



© M. Cladière

Dans ce cours d'eau de tête de bassin versant encaissé, l'accumulation de bois joue un rôle primordial.



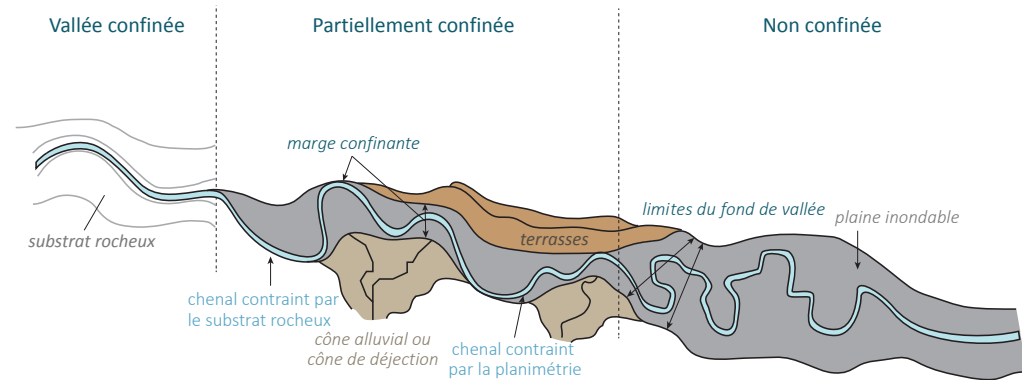
© C. Angst

Sur ce tronçon partiellement contraint entre les versants, les activités de construction des castors jouent un rôle majeur.



© P-A Frossard

Sur ce tronçon de rivière torrentielle, les effets structurels sont mineurs. C'est ici le régime d'écoulement du bras principal qui joue un rôle majeur.



- Dans les **vallées confinées**, le lit du cours d'eau est bordé par une marge confinante sur plus de 90 % de sa longueur.
- Dans les **vallées partiellement confinées**, le lit du cours d'eau est bordé par une marge confinante sur 10 à 90 % de sa longueur.
 - Les cours d'eau contrôlés par le substrat rocheux ont des lits bordés par une marge confinante sur 50 à 90 % de leur longueur.
 - Les cours d'eau contrôlés par leur planimétrie ont des chenaux qui jouxtent une marge confinante sur 10 à 50 % de leur longueur.
- Dans les **vallées non confinées latéralement**, le chenal jouxte une marge confinante sur moins de 10 % de sa longueur.



La Lierne © Clément Délis

ENRICHIR LE MILIEU EN STRUCTURES POUR RÉACTIVER LES PROCESSUS DISPARUS

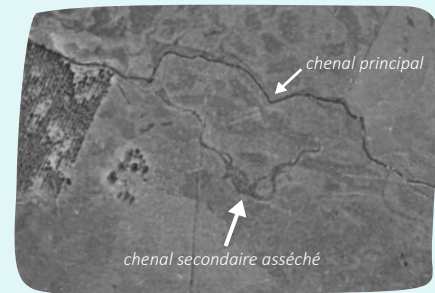
Cette image illustre un concept évoqué dans les principes de bonne santé des milieux rivières (►p.13) : "les structures naturelles créent de la complexité et engendrent de la résilience".

L'usage d'**éléments structurels** (amas de bois ou ouvrages type Castor) entraîne des **modifications hydrauliques** (érosion, dépôt, transport et stockage de sédiments...) qui amplifient les **processus géomorphologiques** et augmentent la **diversité des faciès d'écoulement**.

Ils ont pour vocation de modifier les vitesses et les lames d'eau par **diversification** ou **séparation des flux**, à la fois **en profondeur** (ralentissement à l'amont, écoulement par surverse ou à travers la structure) et **latéralement** (par contournement en alimentant d'autres bras).

Ceci favorise des **habitats plus complexes et hétérogènes**, ayant pour effet, **l'amplification de la biodiversité** des écosystèmes fluviaux.

Un chenal relictuel et asséché



► La petite Leyre, Landes - Géoportail

L'ajout d'Ouvrages type Castor sur le cours d'eau permet d'**inonder légèrement** la zone en amont et de **réhydrater** des chenaux secondaires.

En complément du terrain, une analyse des vues aériennes du cours d'eau dans le temps peut aider à repérer les **bras asséchés** et les **chenaux potentiellement réactivables**.

Sur des cours d'eau très incisés, il peut s'avérer plus simple d'identifier d'abord l'**exutoire**, puis de remonter le courant pour retrouver le chemin de l'*ancien bras* jusqu'à la première **bifurcation**.

PRINCIPES DE RÉGÉNÉRATION FONDÉE SUR LES PROCESSUS



1 Le désordre est un allié. Les structures ajoutées dans les cours d'eau ont pour fonction d'imiter et de favoriser les processus d'accumulation de bois et l'activité des castors. Elles alimentent le cours d'eau et doivent ressembler aux structures naturelles (embâcles, ouvrages de castors, arbres morts) présentes dans les milieux naturellement « désordonnés ». Une conception parfaite des structures n'est pas indispensable à l'obtention des effets désirés. Concentrez votre attention et vos efforts sur les processus que la structure sera capable de favoriser plutôt que sur sa forme.

2 L'union fait la force. L'association de nombreuses petites structures travaillant de concert aura bien plus d'effet que quelques structures isolées, surdimensionnées et hautement sécurisées. La redondance obtenue par l'accumulation de plusieurs petites structures permet de réduire l'importance propre de chaque édifice. C'est le grand nombre de structures articulées en véritables complexes qui favorise de façon optimale les processus d'accumulation de bois, l'effet castor et qui permet d'atteindre les objectifs.

3 Opter pour des matériaux de construction naturels. Les structures n'étant pas pérennes sont vouées à initier les processus de régénération puis à disparaître avec le temps. Il est important de privilégier des matériaux naturels et biodégradables. L'usage de matériaux d'origine locale permet de réduire les coûts, la logistique et l'empreinte carbone.

4 Laisser le système faire le travail. Pour permettre une régénération à la hauteur de la dégradation constatée sur la plupart des cours d'eau, l'idée est de procurer aux milieux rivières et/ou aux castors des outils – les structures décrites dans ce guide – capables de favoriser des processus basés sur l'énergie structurante des cours d'eau, l'ingénierie animale des écosystèmes et non sur les énergies fossiles.

5 Déléguer la prise de décision au système. Autant que possible, laissez le milieu rivière prendre ses propres décisions cruciales concernant la forme qu'il va prendre en lui fournissant simplement les outils et l'espace nécessaires à son déploiement. Vous réduirez ainsi la part d'incertitude inhérente à toute conception planifiée dans un contexte d'information incomplète. Vouloir niveler la plaine inondable sur la base de projections théoriques sur un site dont vous maîtrisez mal l'hydrologie peut s'avérer aussi compliqué qu'aléatoire. Mais si vous laissez les caractéristiques hydrologiques de ce milieu déterminer son propre système de régulation des inondations, vous limiterez les erreurs de projection liées à une connaissance limitée.

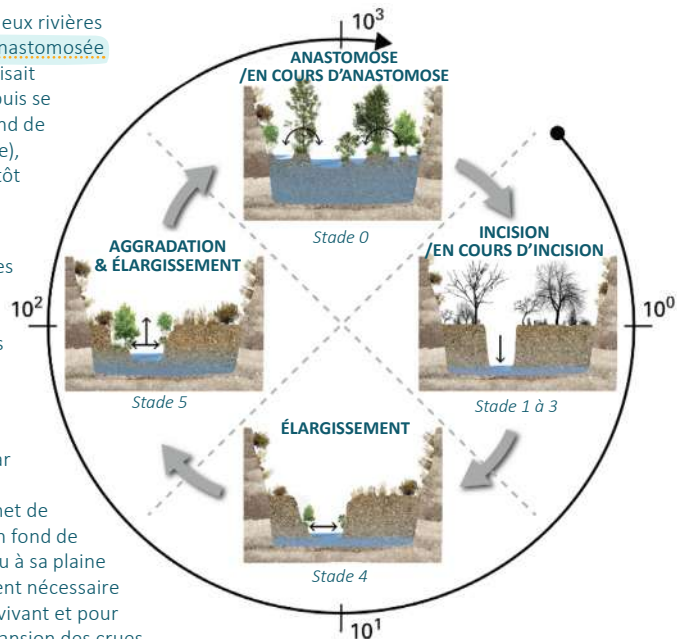
6 Les systèmes autonomes sont la solution. Les démarches de régénération low-tech ne constituent pas une solution en elles-mêmes. Leur véritable finalité est d'initier des processus et d'encourager leur évolution vers un objectif ultime : régénérer un milieu rivière résilient et autonome.

ÉVOLUTION D'UN MILIEU RIVIÈRE

- Historiquement, la plupart des milieux rivières présentaient une **géomorphologie anastomosée** (Stade 0). Le parcours de l'eau se divisait en plusieurs chenaux se dispersant puis se rejoignant sur toute la surface du fond de vallée (allure tressée en vue aérienne), séparés par des îlots végétalisés plutôt stables, des zones humides et des forêts régulièrement inondées.

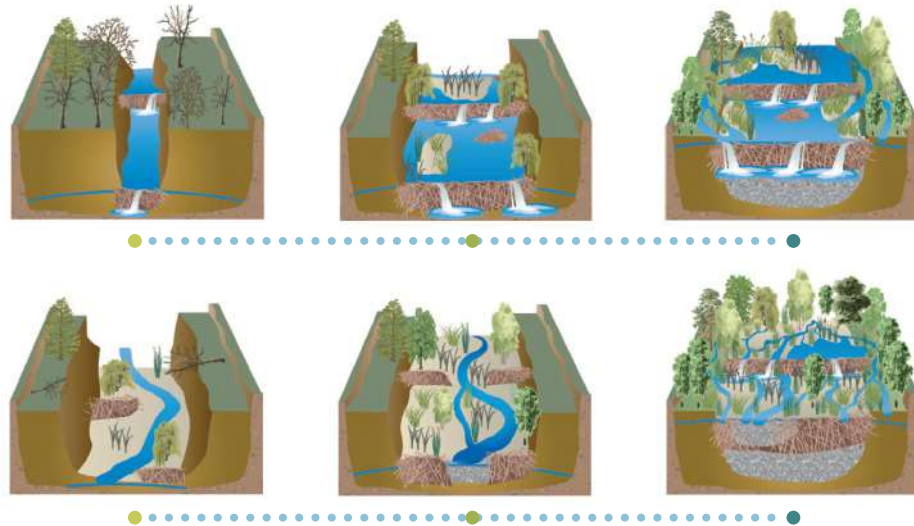
- À force des dégradations de natures diverses, de nombreux milieux rivières se sont rapidement incisés et se retrouvent aujourd'hui bloqués dans un état d'**incision dégradé**.

- Le retour à un stade « zéro » anastomosé se fait par **élargissement** (érosion latérale de ses berges) et par **aggradation** (rehaussement du lit). Le processus d'érosion latérale permet de rétablir la topographie naturelle d'un fond de vallée en reconnectant le cours d'eau à sa plaine alluviale, en lui fournissant le sédiment nécessaire pour rendre cet espace alluvial plus vivant et pour rétablir de plus vastes champs d'expansion des crues.



Cluer & Thorne, 2014

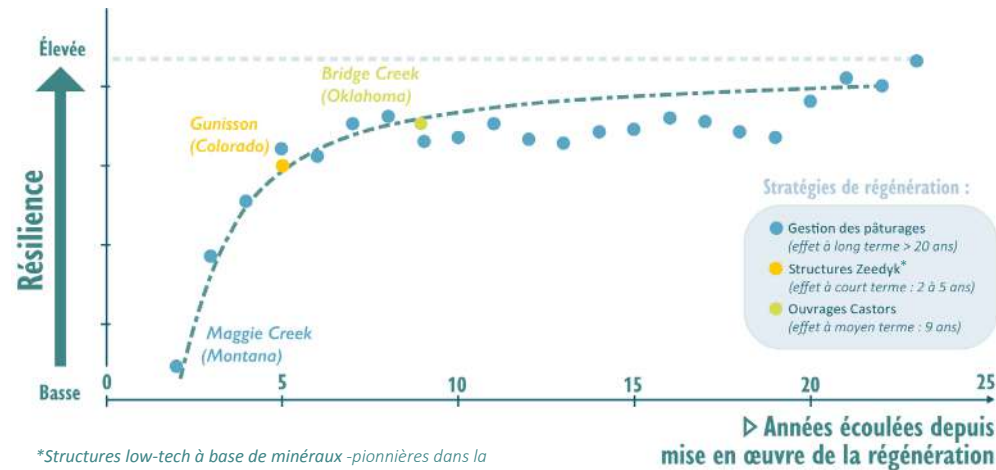
La présence des castors permet d'accélérer les processus d'évolution du milieu rivière



Les ouvrages construits par les castors sur des chenaux incisés finissent souvent par se désagréger à leurs extrémités, ce qui accélère les processus d'évolution du chenal (cf. Pollock et al, 2014 ; Cluer and Thorne, 2013) et sa reconnexion à la plaine alluviale.

ACTIVATION STRUCTURELLE DE LA RÉSILIENCE FACE À LA SÉCHERESSE

La résilience peut se caractériser par l'absence de sensibilité face aux perturbations. Dans les fonds de vallée ayant bénéficié de la régénération low-tech, la productivité de la végétation en saison sèche n'est plus dépendante des variations de précipitations (et donc de l'intensité de la sécheresse).



*Structures low-tech à base de minéraux-pionnières dans la restauration des processus- visant à ralentir les débits d'eau et/ ou induire un méandrement en piégeant les sédiments et en augmentant l'humidité du sol.

Graphique adapté de Silverman et al. (2014).

ET FACE AUX INCENDIES

Cette image illustre l'activation de la résilience face au feu grâce aux activités de construction des castors. Les portions de fond de vallée bénéficiant de la présence de constructions de castors ne brûlent pas. Elles constituent à la fois des refuges vitaux pour la faune sauvage et le bétail lors des incendies, et des réserves de biodiversité précieuses à la régénération du milieu après l'incendie.

Exemple : Baugh Creek, Idaho, 2018

Dans la majeure partie du bassin versant, les zones riveraines ont été réduites en cendres sur toute la largeur du fond de vallée.

SAUF sur les tronçons où des complexes d'ouvrages de castors ont généré la création de zones humides et imbibé les sols.

© Joe Wheaton

IMITER, DÉVELOPPER, OBTENIR DES SYSTÈMES AUTONOMES

Dans l'exemple suivant, tiré de Goldfarb (2018), l'usage d'ouvrages type Castor permet d'imiter le dynamisme des ouvrages naturels de castors et de recréer un milieu autonome favorable au retour des rongeurs. Une fois réinstallés, les castors prennent le relai des ouvrages : entretien et extension des structures en place, construction de nouveaux ouvrages. Ils assurent l'équilibre et le maintien de ce milieu complexe enrichi en biodiversité.

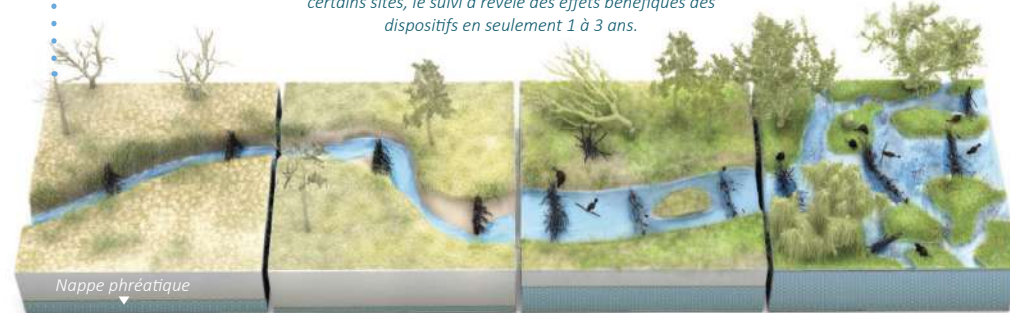
Sur ce site, 25 ouvrages type castor ont été construits dans un milieu où les castors étaient absents depuis plus de 30 ans. L'objectif était d'imiter la présence des ouvrages pour accueillir 9 castors. Dans les 3 années suivant leur arrivée, les castors ont entretenu et étendu 22 des 25 ouvrages et construit plus de 140 ouvrages supplémentaires.

OUVRAGES TYPE CASTOR

© Joe Wheaton



Cours d'eau incisé



Un cours d'eau revient à la vie.

Dans l'Ouest des États-Unis, des scientifiques et des propriétaires terriens construisent des ouvrages type Castor pour guérir les cours d'eau dégradés, restaurer les populations de castors et soutenir la faune sauvage. Sur certains sites, le suivi a révélé des effets bénéfiques des dispositifs en seulement 1 à 3 ans.



Cours d'eau régénéré

Ajout d'ouvrages type Castor

Le piégeage massif des castors (ayant mené à leur disparition) et le surpâturage ont entraîné l'incision profonde de très nombreux cours d'eau, ainsi que la baisse du niveau des nappes phréatiques, asséchant les plaines inondables adjacentes. Dans ces milieux dégradés, les ouvrages type Castor peuvent aider à la régénération.

Élargissement du lit incisé

En déviant le parcours de l'eau, les ouvrages type Castor entraînent l'érosion des berges et l'élargissement du chenal incisé. Les sédiments issus de l'érosion se déposent sur le fond du lit du cours d'eau et contribuent à son élévation.

Retour des castors

Les sédiments étant piégés par les ouvrages type Castor, le lit du cours d'eau se reconstitue et l'eau se répand latéralement sur la plaine inondable, rechargeant la nappe. L'écoulement ralentit et devient favorable au retour des castors.

Refuge écosystémique complexe

L'activité des castors a de multiples effets : elle entraîne le remplissage des nappes phréatiques, l'irrigation de nouveaux peuplements de saules et d'aulnes, et la création d'un labyrinthe de bassins et de chenaux secondaires, habitats providentiels pour les poissons et la faune sauvage.

Figure © Science par V. Altourian

Le temps profond des milieux rivières

Terre minérale
Apparition de l'eau liquide
4,4 milliards d'années

La vie invente les arbres
400 millions d'années

Le castor apparaît
8 millions d'années

Début de la simplification des rivières :
déforestation, éradication du castor
1200 ap. J.-C.

Ère du drainage, XX^e

Risque de retour de certains milieux rivières à un niveau de
pauvreté *analogue* à celui de la période géologique minérale

CHAPITRE 2 UN ACCOMPAGNEMENT POUR LA RÉACTIVATION DES PROCESSUS



 **Vérifier le statut de l'écoulement :** Est-il classé cours d'eau au titre de la loi sur l'eau ? (généralement consultable sur le site des DDT). Si oui, votre projet est alors soumis à cette réglementation et vous devez, après diagnostic du site, déposer un dossier de demande de travaux en rivière auprès de votre Direction Départementale des Territoires (DDT).

 **Solliciter la compétence GEMAPI** (Gestion des Milieux Aquatiques et Prévention des Inondations) : Dans le cas où l'écoulement est classé cours d'eau, se rapprocher de la structure qui porte la compétence GEMAPI sur votre territoire (communauté de communes, d'agglomération ou syndicat de rivières). Cette structure est le gestionnaire institutionnel du cours d'eau et vous ne pouvez logiquement pas initier et porter un projet sans son implication.

 **Demander un accord foncier :** En France, les rivières sont majoritairement « non domaniales », c'est-à-dire qu'elles traversent des propriétés privées. Vous ne pouvez pas intervenir et réaliser des aménagements sans l'accord des propriétaires riverains jusqu'à la moitié du lit (même si vous n'êtes pas soumis à la loi sur l'eau).

 **Réaliser un diagnostic et définir les objectifs de régénération :** Votre projet doit s'appuyer sur un état des lieux et un diagnostic robuste réalisé par un professionnel de la rivière. Il doit permettre de répondre à une problématique, à une altération du milieu clairement identifiée. Les effets qui seront amorcés et produits par les aménagements devront être anticipés et répondre aux altérations constatées. Sans cela, il y a un réel risque de produire des effets non recherchés et contre-productifs : « le remède ne doit pas être pire que le mal ».

 **Prendre en compte les réglementations :** Dans le cadre du diagnostic, étudiez les règles relatives à l'urbanisme (ex : Espaces Boisés Classés...) et à la biodiversité (ex : espèces protégées, espèces exotiques envahissantes...).

 **Réunir les compétences :** La mise en œuvre nécessite d'être formé, on ne s'improvise pas « castor ». Il convient d'acquérir le savoir-faire par la formation pratique, ou d'être accompagné par des professionnels déjà formés.

 **Réaliser un état initial précis qui permettra d'évaluer les effets :** L'établissement d'un état des lieux rigoureux des caractéristiques initiales du milieu permettra de suivre et d'étudier avec précision les effets des structures low-tech (niveau piézométrique, température, charge sédimentaire...) tout au long du processus.

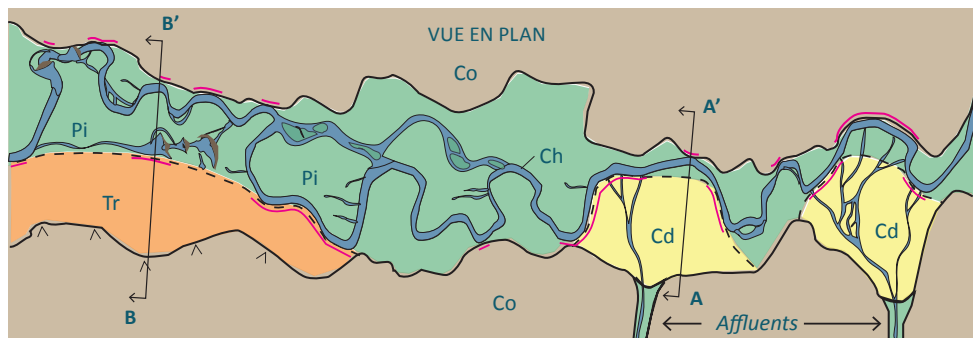
 **Faire des propositions et évaluer :** Dans la régénération low-tech fondée sur les processus, le rôle des humains n'est pas de régénérer la rivière, mais de l'aider à réactiver les processus qui la rendent vivante et autonome, et lui permettront donc de se régénérer elle-même. Dans ce sens, les complexes d'ouvrages réalisés dans les cours d'eau sont des « propositions ». Par leur caractère éphémère et réversible, ils seront amenés à bouger, à se réadapter, voire disparaître, en fonction de la « réponse » du cours d'eau (accélérée par les crues). C'est ce que l'on appelle « converser avec la rivière ». Il est important alors d'apprendre à lire, observer et interpréter les dynamiques, pour ajuster et affiner nos propositions aux demandes du système lui-même, jusqu'à ce que le milieu soit à nouveau fonctionnel et autonome.



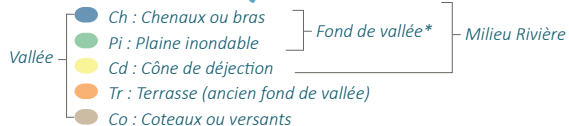
COMMENT DÉCRYPTER UN MILIEU RIVIÈRE ?

Exemple de représentation schématique d'un fond de vallée

Les cours d'eau et les environnements riverains, ou milieux rivières, se composent des habitats prodigués par les chenaux et par la plaine alluviale qui leur est connectée; cet ensemble constitue le **fond de vallée**.



UNITÉS GÉOMORPHOLOGIQUES

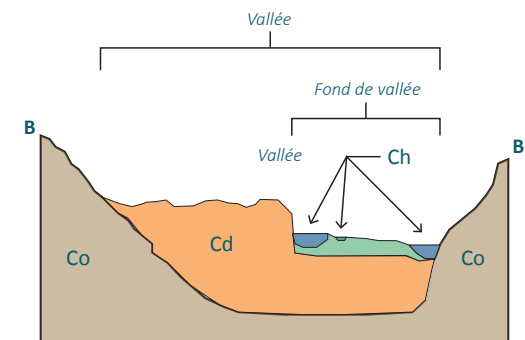
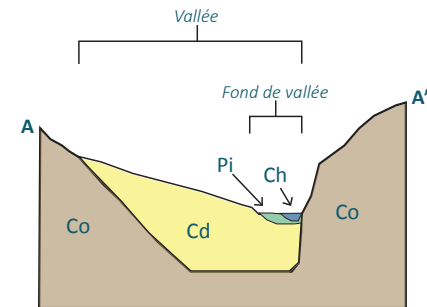


*Le fond de vallée comprend toutes les zones susceptibles d'être inondées sous le régime d'écoulement actuel.

LIMITES

- Limites de la vallée
- - Limites du fond de vallée
- Limites de l'espace contraint actif (i.e. érodable)

COUPES TRANSVERSALES

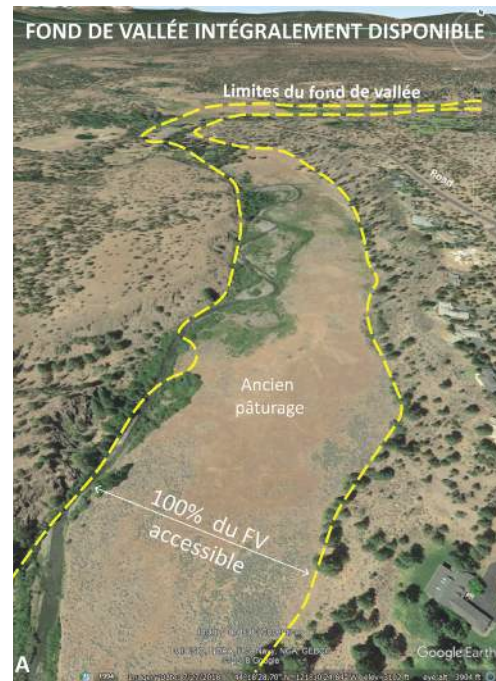
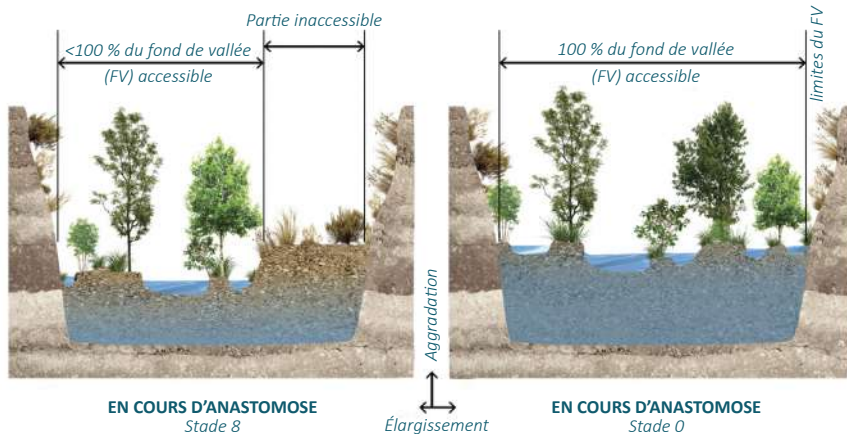


► La légende de ce schéma s'applique à un cours d'eau peu incisé dont le lit majeur reste accessible à la régénération. En France, de nombreux cours d'eau ont subi un tel niveau d'incision que les limites de leur lit majeur sont aujourd'hui inaccessibles (parfois à plus de 10 mètres au-dessus du lit actuel). Dans ces cas-là, les objectifs de régénération visent la recolonisation du lit moyen (ou lit intermédiaire).



QUELLE PORTION DU FOND DE VALLÉE EST DISPONIBLE POUR DÉPLOYER LES PROCESSUS DE RÉGÉNÉRATION LOW-TECH ?

L'objectif théorique de la régénération low-tech est de revenir à un fond de vallée qui soit le plus **anastomosé possible**. Idéalement, on vise le stade 0 partout où cela semble réalisable. Mais en pratique, lorsqu'on suit un plan de conservation, il faut tenir compte des contraintes imposées par l'**organisation du fond de vallée** (présence d'infrastructures, incompatibilité avec certains usages du sol...). Ainsi, seule une portion du fond de vallée sera parfois disponible pour le déploiement du cours d'eau anastomosé. On ne pourra alors viser que le stade 8. (►p.26)





KIT DE CONCEPTION : LES INDISPENSABLES

Afin de visualiser les emplacements et objectifs de régénération de vos complexes, définis lors du diagnostic (► p.16), vous pouvez vous munir des éléments suivants :

- **Carte à grande échelle avec vue d'ensemble du projet :**
Permet de localiser les complexes au sein du réseau hydrographique.

- **Cartes centrées sur chaque complexe :**
Permettent de situer les positions relatives de chaque complexe, leur zone d'influence, le type de structures ajoutées au milieu rivière et les limites du fond de vallée.

- **Tableaux récapitulatifs des caractéristiques des divers complexes :**
Permettent de visualiser clairement les objectifs et les hypothèses en matière de conception des complexes.

Note : ces tableaux ne sont pas des outils indispensables ; sur le terrain, les structures ne respectent pas toujours les plans de conception initiaux. La flexibilité est fondamentale en matière de mise en œuvre !

- **Schémas des structures de base :**
Les schémas en vues multiples (vue en plan, coupes transversale et longitudinale) sont utiles pour visualiser l'aspect des structures de base, mais ne doivent pas nécessairement être suivis à la lettre.

► Exemple d'une carte à grande échelle : Hydrosystème complet

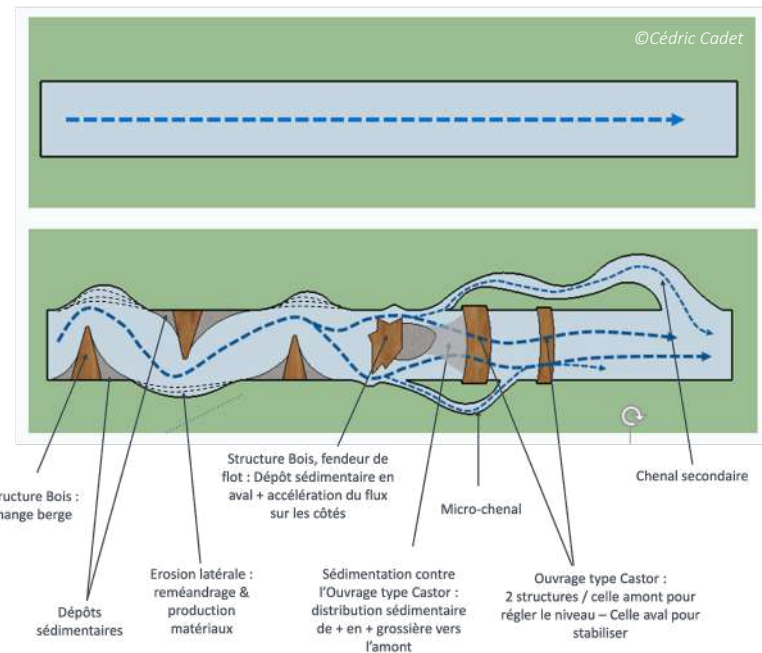
Une carte à grande échelle permet de visualiser la position des complexes ainsi que leurs limites amont et aval. Elle précise également les objectifs principaux de chaque complexe.





► Exemples de plan de conception d'un complexe (► p.47)

Un plan de conception d'un complexe permet d'étudier les effets des ouvrages par rapport au fond de vallée et ses limites.





ASPECTS RÉGLEMENTAIRES

Afin de réaliser des projets en accord avec les réglementations, voici quelques conseils :

- Employez-vous toujours à comprendre les enjeux des réglementations en vigueur.
- Adoptez la perspective du législateur ou service instructeur (Police de l'Eau en France) pour mieux comprendre ses intentions.
- Établissez une relation de confiance avec les services instructeurs, les techniciens en charge de faire appliquer la réglementation ou les instructeurs de vos dossiers réglementaires.
- Communiquez avec eux de façon claire et régulière pour entretenir et consolider cette relation.
- Soyez réalistes quant aux délais, le temps d'instruction administrative d'un dossier doit passer plusieurs étapes et il faut bien l'anticiper.
- Faites des demandes de permis pour les complexes entiers plutôt que pour des structures isolées.

- Certains projets ne requièrent pas d'autorisation réglementaire ; **consultez quand même le législateur/ service instructeur et tenez compte de son avis.**

- Assurez-vous que l'autorisation dont vous disposerez couvre à la fois les travaux et leur entretien éventuel, de manière à pouvoir retourner sur le site pour intervenir sur les ouvrages et structures réalisés.

CHAPITRE 3 UNE DÉMARCHE BIOMIMÉTIQUE & LOW-TECH

PRÉSENTATION DE DIFFÉRENTES STRUCTURES LOW-TECH

Pour rappel, les ouvrages mis en œuvre pour la régénération low-tech des milieux rivières sont fondés sur la réactivation de deux processus « clés de voute » : les effets de l'**accumulation du bois mort des ripisylves** et de l'**activité de construction des castors** (► p.19). Deux catégories d'ouvrages sont donc distinguées :



LES STRUCTURES BOIS



© J. Wheaton

Les **Structures Bois** sont des structures artisanales en bois destinées à imiter et favoriser les processus d'**accumulation de bois mort des ripisylves**. On les érige en accumulant des matériaux ligneux de tailles diverses au sein d'un maillage de pieux en bois non traité plantés dans le lit du cours d'eau. Elles peuvent être traversantes, rattachées aux berges ou en îlots.



LES OUVRAGES TYPE CASTOR



© J. Wheaton

Les **Ouvrages type Castor** (ou castor-mimétiques) sont des structures artisanales destinées à imiter et encourager les processus générés par les **activités de construction des castors**. Ce sont des structures perméables enjambant le chenal, caractérisées par une crête d'élévation régulière.



- Ils sont constitués d'un mélange de débris de bois et de matériaux de remplissage (terre, pierres, végétaux liant tels le lierre, la ronce...) permettant l'accumulation temporaire d'eau en amont et le renvoi d'eau latéralement pour réhydrater les marges alluviales et/ou réactiver des chenaux secondaires relictuels.

- Bien que leur fonction initiale est celle d'imiter les effets des ouvrages naturels des castors, ils peuvent encourager par la suite l'activité des castors présents sur le territoire.

- Une grande partie des bénéfices générés par ces ouvrages est due à leur caractère éphémère et à leur possibilité d'évolution : entretien actif, destruction, brèche, comblement et/ou abandon. En fonction du niveau de durabilité souhaité, il est possible de réaligner ces ouvrages avec ou sans pieux.

Un complexe



► La lierre © E. Montagnon

Un **complexe** est un ensemble de structures destinées à fonctionner de concert pour imiter et encourager des processus précis et servir des objectifs de régénération déterminés.

En suivant le principe de régénération "l'union fait la force" (► p.25), multiplier les structures c'est enrichir leur résilience et nourrir les possibilités de dialogue avec le cours d'eau qui sera amené à les transformer au rythme de ses crues.

TABLE DES MATIÈRES DES VARIANTES

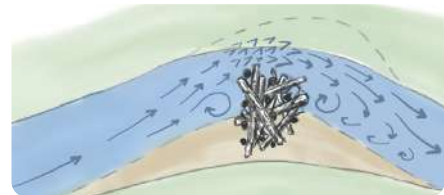


Les Structures Bois - p.56



Variante 1 ► Le sculpteur de lit - p.58

Orienté et concentre l'écoulement entre son extrémité et un élément résistant situé sur la berge opposée.



Variante 2 ► Le mange-berge - p.60

Accélère l'effet d'élargissement du lit en encourageant l'érosion de la berge opposée à la structure.



Variante 3 ► Le fendeur de flot - p.62

Réparti le courant de part et d'autre de la structure favorisant le dépôt de sédiments au milieu du lit.

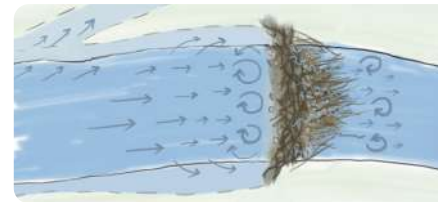


Variante 4 ► Le nourrisseur de fond - p.64

Génère une retenue d'eau en amont favorisant l'accumulation de bois, de matière organique et le dépôt de sédiments, permettant d'élargir le chenal.

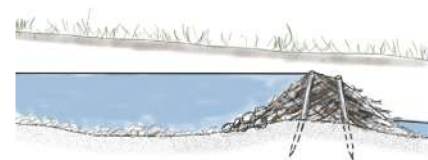


Les Ouvrages type Castor - p.66



Variante 1 ► Au naturel : sans pieux - p.76

Accumule temporairement de l'eau en amont et le renvoi d'eau latéralement pour réhydrater les marges alluviales et réactiver des chenaux secondaires relictuels.



Variante 2 ► Renforcé par des pieux - p.78

Mêmes effets, les pieux offrent un ancrage et une stabilité temporaire supplémentaire afin de sécuriser l'ouvrage pour des hydrosystèmes ayant des régimes de crues rapides ou intenses.



© N. Perrin



© P-Y. Brunaud

COMPOSITION DES STRUCTURES ET OUVRAGES



Les Structures Bois

- **Branches primaires et secondaires, rondins de petite taille, branchages pour le remplissage** : il est souhaitable d'utiliser des sections de bois ne mesurant pas plus de 4,5 m de long et 40 cm de large, afin qu'ils puissent être déplacés facilement par 1 à 3 personnes, et érigés sur la structure par 2 à 4 personnes.
- **Pieux en bois non traité** : ils doivent mesurer entre 1,5 et 2,5 m de long, et pas plus de 10 cm de diamètre. Vous pouvez les tailler sur place à partir de petits troncs ou de branches si vous ne construisez qu'un petit nombre de structures.
- **Les ressources ligneuses disponibles liées aux travaux de coupe et d'entretien** prodiguent d'excellentes sources de matériaux pour les milieux affamés en structures.



Les Ouvrages type Castor

- **Pièces de bois pour la trame de la structure et le remplissage** : branches primaires et secondaires, rondins de petite taille, branchages.
- **Matière organique fine pour le remplissage** : mottes de terre, racines, feuilles, aiguilles de conifères, herbes, ronces, lierres, etc.
- **Matière minérale fine pour le remplissage** : terre, sédiments, limons, argiles, graviers, etc.
- **En option**, si présents sur site : des troncs, gros galets et blocs de pierre peuvent être utilisés comme pièces maîtresses pour consolider la base des structures; pieux en bois non traité si besoin.

Conseil : Les branchages doivent être taillés en biseau lors de leur coupe et prélèvement, pour faciliter leur ancrage dans le lit ou dans les autres branchages en place...

À l'image des castors, vous disposez d'une immense variété de **matériaux ligneux pour le maillage** et de **matériaux fins de remplissage**. Dans les milieux rivières pas ou faiblement boisés, les castors arrivent à construire des ouvrages très robustes seulement avec des matériaux fins.



© E. Montagnon



© E. Montagnon



MATÉRIAUX LOW-TECH USUELS

À l'image des éléments naturels présents au sein des ouvrages de castors et des amas de bois, les matériaux utilisables pour la construction des structures low-tech sont très variés :

- Privilégiez les **matériaux disponibles localement**, et que vous pourrez extraire de façon durable (Principe de régénération ►p.21).
- L'importation de matériaux extérieurs peut faire grimper les coûts de réalisation ainsi que l'impact écologique du chantier. Il est toujours préférable d'opter, quand cela est possible, pour des **alternatives locales** (bois issu de coupe locale ou de l'extraction de bois énergie).
- Lors de la construction d'ouvrages destinés à accueillir des castors, si les essences de bois les plus favorables (celles que les castors privilégient spontanément comme source de nourriture et de matériaux de construction) sont peu disponibles localement, remplacez-les par des **espèces locales** abondamment présentes sur site.
- Vous pouvez utiliser également des branches et tiges issues d'opérations d'entretien de berges, d'ouvrages en génie végétal. Ces branches sont alors regroupées en fagots et distribuées au droit de la future structure.

Outils et équipement

- **Équipement de protection individuel**: bottes de sécurité, pantalons longs, gants, casque de chantier, lunettes de protection, casque antibruit. Une combinaison étanche ou des cuissardes peuvent également être utiles.
- **Outils de découpe**: cisailles d'élague, à compléter éventuellement d'une tronçonneuse, de scies manuelles et de sécateurs pour les travaux d'approvisionnement, d'élague et de coupe des pièces de bois de remplissage.
- **Outils pour creuser**: pelles. Des pioches et des barres à mines peuvent également être utiles pour aller chercher du matériel de remplissage plus fin en profondeur.
- **Seaux de 20 litres ou petite barque flottante** (d'un plus gros volume que le seau): pour déplacer le matériel de remplissage fin de son lieu d'extraction vers la structure.
- **Sangles** (en option): pour regrouper les branches et faciliter leur transport.





© E. Montagnon



© N. Perrin

TYPES DE PIEUX DISPONIBLES

Les pieux permettent d'assurer la **stabilité** et l'**ancrage** des structures low-tech de façon **temporaire**. Ils doivent être pointus afin de pouvoir être aisément enfoncés dans le sol. Si besoin, un opérateur expérimenté peut facilement les tailler en pointe en quatre coups de tronçonneuse. Ils pourront ensuite être stockés sur site, à proximité de la future structure.

Les **pieux de clôture**, de grosse section, réguliers et bien droits issus de noyaux de déroulage non traités (robinier, faux acacia ou châtaignier) sont prêts à l'emploi et très faciles d'utilisation, mais plus onéreux.

Les **pieux plus fins** (5 à 8 cm de diamètre) ou les tuteurs d'arboriculture (3 à 5 cm de diamètre) sont moins chers et facilement disponibles (produits résiduels de l'extraction de bois combustible ou d'opérations de prélèvement en foresterie).

⚠ L'usage de bois traité sous pression est déconseillé (risque de lessivage des produits chimiques dans l'eau). Les billes de bois brut ébranchées représentent une option intéressante et peu coûteuse.

Quel enfonce-pieux choisir ?

Les enfonce-pieux permettent de planter les pieux en profondeur dans le lit du cours d'eau pour assurer l'**ancrage** et la **stabilité temporaires** des structures low-tech.

Ils existent sous plusieurs formes, chacune d'entre elles présentant un compromis en termes de **coût d'équipement**, d'**expertise requise par l'opérateur**, de **diamètre maximal des pieux** pouvant être plantés (variable selon le substrat), d'**efficacité globale** et bien sûr d'**adaptabilité** lorsqu'il s'agit de construire des dizaines ou des centaines de structures de natures diverses sur des kilomètres de cours d'eau.



	Masse	Enfonce-pieux manuel	Enfonce-pieux thermique	Enfonce-pieux hydraulique
Coût	€	€	€€	€€€
Expertise	Début.	Débutant	Initié	Confirmé
Diamètre	1-5 cm	1-6.5 cm	2.5-6.5 cm	2.5-10,5 cm
Efficacité	Faible	Faible	Moyenne	Forte
Adapt.	Basse	Basse	Modérée	Élevée



Le Chalon © P-Y. Brunaud



CONSTRUIRE UNE STRUCTURE BOIS

► Suivez le guide, étape par étape...



Le Charlet © E. Montagnon

- 1 **Déterminez la position et la configuration** (orientation et type) de la Structure Bois, en tenant compte de son intégration au sein du complexe (ensemble de structures fonctionnant de concert).
- 2 **Installez les plus grosses sections** de troncs à la base de la structure pour lui donner sa forme globale.
- 3 **Élaguez les branches** situées sur la partie des troncs en contact avec le fond du lit. En augmentant la surface de contact entre le bois et le fond du cours d'eau, vous maximiserez les interactions entre le courant et la structure, même en étiage.
- 4 **Stabilisez les troncs** à l'aide de pieux plantés dans le fond du lit. Les pieux doivent être inclinés et positionnés en aval des pièces maitresses (gros troncs

constituant la base de la structure) afin de retenir la structure en hautes eaux.

- 5 **Ajoutez des branches** et des rondins sur la structure, puis tassez et calez des matériaux plus petits pour combler les espaces béants.
- 6 **Élevez la structure** jusqu'à la hauteur de crête souhaitée. Notez que cette dernière ne doit pas nécessairement être uniforme pour les Structures Bois.

CONSEILS PRATIQUES

- Il est important de déterminer à l'avance le **degré d'interaction** souhaité entre la structure et l'écoulement de l'eau, ainsi que le **débit** pris en charge par la structure (débit courant, crues fréquentes, crues rares).
- Érigez des structures aux **formes irrégulières**, en utilisant des branches et des débris pointant dans toutes les directions : plus la structure est **désordonnée** - avec des branches enchevêtrées -, plus elle est efficace !
- Pensez à construire un **matelas de branchages** à l'aval de la base des Structures Bois destinées à être submergées, afin de dissiper l'énergie d'écoulement de l'eau par-dessus ces structures. Si toutefois votre objectif est d'encourager la formation d'une fosse de dissipation, construisez un **matelas partiel** ou laissez le fond du lit tel quel pour permettre à l'eau de le creuser.
- Pour les Structures Bois traversantes et les Structures Bois rattachées aux berges, n'hésitez pas à faire **dépasser** les structures sur la plaine inondable et à les **fixer** à des éléments de végétation existants (troncs, racines...) de part et d'autre du chenal. Quand vous construisez des Structures Bois rattachées aux

berges, pensez à élargir leur base immergée côté berge afin d'optimiser la déviation de l'eau vers la berge opposée.

- Les Structures Bois traversantes doivent avoir une **base** suffisamment large (relativement à la largeur du chenal) pour éviter un effet « mur ». Érigez plusieurs **rangées de pieux décalés** pour élargir la structure.
- Pour les Structures Bois en îlot, disposez de **longs troncs de large section** perpendiculairement au courant sur la face amont de la structure pour mimer la forme d'un système racinaire (forme globale d'allure triangulaire).
- Plus la structure est **large** relativement à la largeur du chenal, plus ses effets hydrauliques – et donc géomorphologiques – seront importants en hautes eaux.
- La présence de **pieux** n'est pas indispensable dans toutes les structures. On peut construire des Structures Bois à partir de gros galets et de blocs de pierre, ou en calant des pièces maitresses entre des arbres ou des racines déjà présents sur site, qui remplaceront les pieux et retiendront temporairement la structure.



VARIANTE 1 : STRUCTURE BOIS – TYPE ÉPI

► LE SCULPTEUR DE LIT



La Lierne © S. Petit

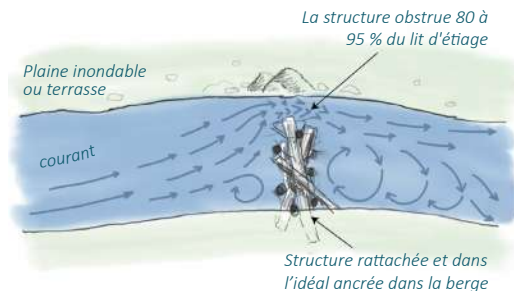
- Le « sculpteur de lit » oriente et concentre l'écoulement entre son extrémité et un élément résistant (rocher, racines, bois) situé sur la berge opposée.

- Il génère ainsi des variations hydrauliques conduisant à la formation d'un remous en amont de la structure, de fortes turbulences au droit de la constriction et de courants de retour en aval où le jet s'affaiblit.

- Il active la formation de mouilles, comme en aval de la structure dans les fosses, de radiers (là où le courant s'accélère - reconnaissables visuellement à la présence de vaguelettes de surface - et où la turbulence est forte) et de bancs alluviaux.

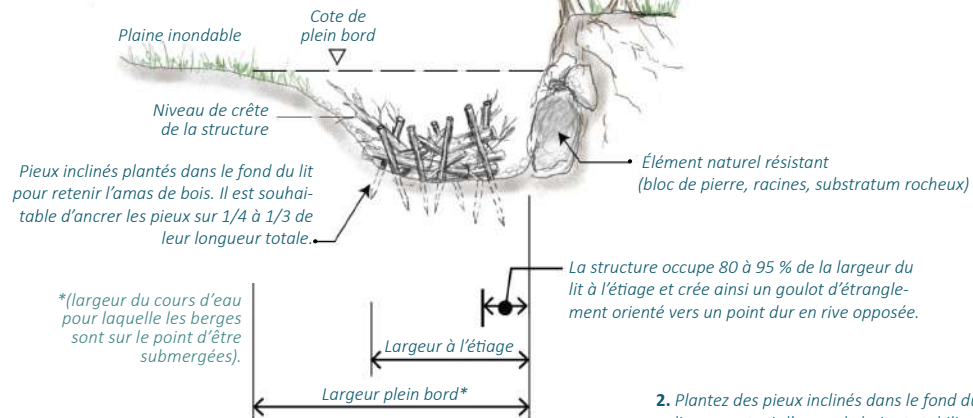
- Les dépôts d'alluvions en amont de la structure en assurent la stabilité et le développement.

VUE EN PLAN



- Il favorise les processus d'accumulation de bois.

VUE TRANSVERSALE



VUE LONGITUDINALE

1. Commencez par disposer les pièces maitresses (larges troncs) dans le sens du courant, en orientant leur plus large extrémité ou leur réseau racinaire vers l'amont afin d'élargir un maximum la structure et de créer un courant divergent de part et d'autre.



2. Plantez des pieux inclinés dans le fond du lit pour retenir l'amas de bois et stabiliser la structure, afin d'éviter que les troncs ou branches ne se détachent et dérivent lors des hautes eaux.

3. Utilisez des bois de taille variable et faites un maillage avec les branches.



VARIANTE 2 : STRUCTURE BOIS - TYPE ÉPI

► LE MANGE-BERGE



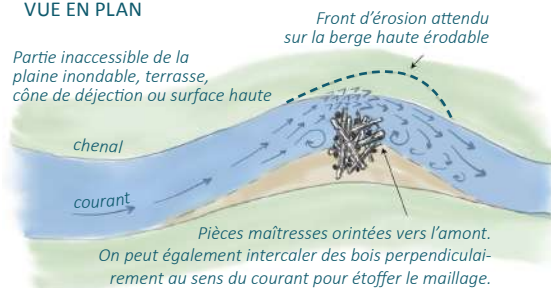
La Lierne © J. Bigué

- Le « mange-berge » accélère l'effet d'élargissement du lit en encourageant l'érosion de la berge opposée à la structure.

- La déviation du courant génère des variations hydrauliques à l'origine d'un remous en amont de la structure, de fortes turbulences au droit de la constriction, et d'un jet dirigé vers la berge opposée. Ce jet sous pression érode progressivement la berge, d'où le terme « mange-berge », et élargit ainsi le chenal.

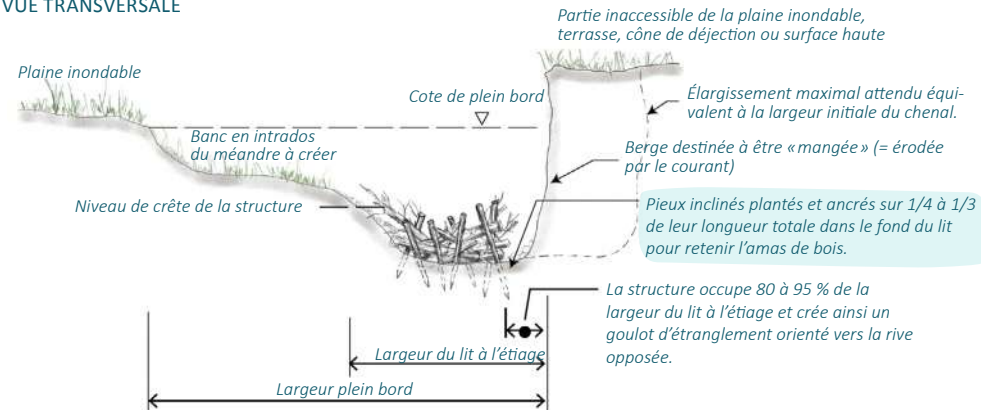
- On obtient un décalage latéral du chenal du côté de la berge « mangée », qui n'excède généralement pas la largeur initiale du lit. Si le banc situé en intrados du méandre généré continue à s'élargir et si l'accumulation de bois se poursuit sur la structure, le cours d'eau peut à terme se décaler de plus en plus loin latéralement.

VUE EN PLAN



- Si la surface de la berge opposée est boisée, la structure peut permettre le recrutement de bois de la berge vers le chenal et alimenter le processus d'accumulation de bois.

VUE TRANSVERSALE



VUE LONGITUDINALE

- Commencez par disposer les pièces maîtresses (larges troncs) dans le sens du courant, en orientant leur plus large extrémité ou leur réseau racinaire vers l'amont afin d'élargir un maximum la structure et de créer un courant divergent de part et d'autre.



2. Plantez des pieux inclinés dans le fond du lit pour retenir l'amas de bois et stabiliser la structure, afin d'éviter que les troncs ou branches ne se détachent et dérivent lors des hautes eaux.

3. Utilisez des bois de taille variable et faites un maillage avec les branches.



VARIANTE 3 : STRUCTURE BOIS - EN ÎLOT

► LE FENDEUR DE FLOTS



Le Charlet © E. Montagnon

- Mis en place au milieu du lit, le « fendeur de flots » permet de répartir le courant de part et d'autre de la structure. Il génère des variations hydrauliques créant un remous en aval de la structure.

- En générant des diffiultances, il favorise le dépôt de sédiments au milieu du lit, créant des bancs, eux-mêmes susceptibles d'aider à la formation de radiers pour dissiper l'énergie du courant. Cela permet d'apporter des hétérogénéités sur des lits à fond plat.

- Dans les rivières à large chenal, on pourra disposer plusieurs Structures Bois en îlot à proximité les unes des autres; c'est souvent plus efficace qu'une seule et grande structure.

- Quelle que soit leur disposition, elles encouragent les processus d'accumulation de bois sur la structure même.

VUE EN PLAN

Plaine inondable ou terrasse

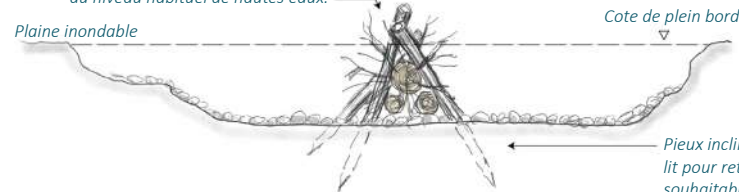


N'hésitez pas à vous appuyer sur les branches des pièces maitresses pour positionner les pieux d'ancrage destinés à sécuriser et maintenir temporairement la structure en place.

Positionnez la structure au milieu du chenal, sur la crête d'un radier ou au milieu d'un faciès plat lentique ou lotique.

VUE TRANSVERSALE

Le choix du niveau de crête du « fendeur de flots » par rapport à la cote de plein bord n'est pas primordial, le flux étant divisé de part et d'autre de la structure. La structure peut donc s'élever au-dessus de cette cote ou du niveau habituel de hautes eaux.



Il est souhaitable d'ancrer les pieux sur 1/4 à 1/3 de leur longueur totale.

VUE LONGITUDINALE

1. Commencez par disposer les pièces maitresses (larges troncs) dans le sens du courant, en orientant leur plus large extrémité ou leur réseau racinaire vers l'amont afin d'élargir un maximum la structure et de créer un courant divergent de part et d'autre.



2. Plantez des pieux inclinés dans le fond du lit pour retenir l'amas de bois et stabiliser la structure, afin d'éviter que les troncs ou branches ne se détachent et dérivent lors des hautes eaux.

3. Utilisez des bois de taille variable et faites un maillage avec les branches.



VARIANTE 4 : STRUCTURE BOIS - TRAVERSANTE

▶ LE NOURRISEUR DE FOND



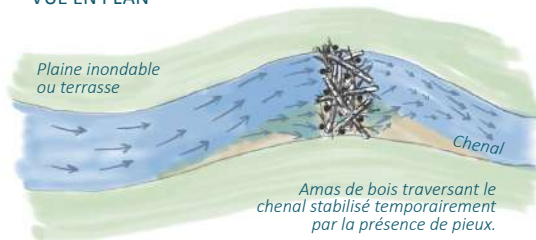
Le Chalon © P-Y Brunaud

- Le « nourrisseur de fond » traverse intégralement le chenal en étant ancré sur les deux berges, ce qui permet d'avoir une influence hydraulique même en basses eaux, en générant une retenue d'eau en amont. Le « nourrisseur de fond » peut présenter une crête d'élévation variable – contrairement aux ouvrages type castors dont la crête est homogène – ainsi qu'un niveau de finition plus basique et une bien plus grande porosité.

- À moyen terme, l'augmentation de la hauteur d'eau et l'abaissement de la vitesse d'écoulement à l'amont de la structure favorisent l'accumulation de bois, de matière organique et le dépôt de sédiments. Ces processus contribuent à la stabilisation de la structure.

- Si le niveau de la crête est plus haut que la plaine inondable adjacente, la fréquence d'inondation de

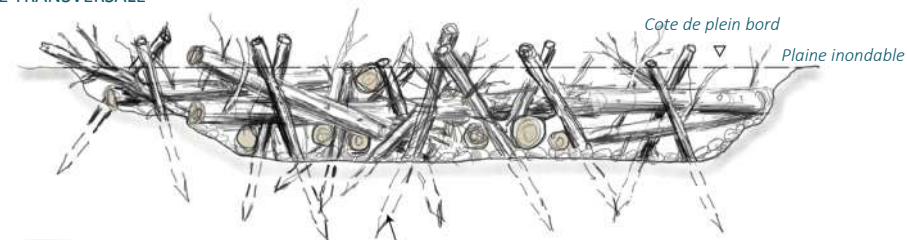
VUE EN PLAN



cette plaine peut augmenter; générant de nouvelles diffusions et encourageant les processus d'avulsion (abandon d'un bras pour un nouveau tracé).

- Ils peuvent être utilisés pour élargir le chenal autour de la structure (d'un côté ou des deux).

VUE TRANSVERSALE



❗ **REMARQUE :** Le choix du niveau de crête du « nourrisseur de fond » par rapport à la cote de plein bord est important. Si la surinondation de la plaine est souhaitée, la structure pourra s'élever au-dessus de cette cote ou du niveau habituel de hautes eaux.

Pieux inclinés plantés dans le fond du lit pour retenir l'amas de bois. Il est souhaitable d'ancrer les pieux sur 1/4 à 1/3 de leur longueur totale.

VUE LONGITUDINALE

1. Commencez par disposer les pièces maitresses (larges troncs) dans le sens du courant, en orientant leur plus large extrémité ou leur réseau racinaire vers l'amont afin d'élargir un maximum la structure et de créer un courant divergent de part et d'autre.



3. Utilisez des bois de taille variable et faites un maillage avec les branches.



CONSTRUIRE UN OUVRAGE TYPE CASTOR

► Suivez le guide, étape par étape...



Le Chalon © E. Montagnon

1 Déterminez la localisation de l'ouvrage ainsi que son orientation, sa configuration (rectiligne, convexe...) et la hauteur de sa crête. Utilisez des marquages, piquets ou balises, si besoin.

Voici quelques conseils pour vous aider à déterminer le niveau de la crête (Schémas ► p.72) :

- Positionnez votre regard au niveau de la crête pressentie (en vous assurant que sa hauteur ne dépasse pas 1,5 m), puis regardez vers l'amont pour déterminer jusqu'où la retenue créée va remonter.
- Ajustez alors la hauteur de crête en fonction des objectifs souhaités : taille du plan d'eau, champ d'inondation généré, conditions d'écoulement des débordements.
- Si la hauteur de chute (dénivelée entre les niveaux

d'eau en amont et en aval de la structure) vous semble excessive, vous pouvez construire un Ouvrage Type Castor secondaire en aval, avec un niveau permettant de retenir l'eau jusqu'à la base de l'ouvrage principal. Vous réduirez ainsi la hauteur de chute générée par l'ouvrage principal.

2 Construisez la première couche de la structure : sa crête doit dépasser de 15 à 30 cm au-dessus du niveau de l'eau et sa base doit être plus large que la crête (aussi bien vers l'amont que vers l'aval). Assurez-vous que la structure retient l'eau.

a. Si vous disposez localement de grosses pièces maitresses (gros troncs, galets ou petits blocs), utilisez-les pour matérialiser la position de la crête à travers le chenal. Ces pièces peuvent éventuellement être semi-

enterrées dans une petite tranchée préalablement creusée sur le fond du chenal (dont la profondeur ne dépassera pas 1/3 du diamètre des pièces maitresses) et recouvertes par le matériel excavé.

Conseil : Il n'est pas indispensable d'utiliser de trop gros morceaux de bois. Un bon maillage de morceaux de bois plus petits et de matériel fin de remplissage est souvent plus robuste. Si vous utilisez des troncs de gros calibre, pensez à ébrancher le côté au contact avec le fond du lit du cours d'eau.

b. Disposez une première couche de matériel de remplissage grossier (sans dépasser de plus de 15 à 30 cm au-dessus du niveau de l'eau). Cette première couche doit simplement permettre de retenir une surface d'eau calme.

Conseil : Si vous ébranchez une partie du tronc des pièces maitresses, utilisez les branches dans le maillage des couches supérieures. Dans ce cas, veillez à tailler les branches de la dernière couche afin de ne pas dépasser le niveau de crête souhaité.

c. À l'aide de matériaux provenant du lit dans la zone de retenue amont (boue, sables et graviers, herbes et feuilles) et de branches de taille variable, colmatez les fuites et consolidez la base de la structure. Cette

dernière doit être suffisamment large pour supporter l'ouvrage à créer (fruit amont/aval compris entre 3H/2V et 3H/1V).

d. Consolidez cette première couche uniquement au-dessus des pièces maitresses. Assurez-vous que la crête présente un niveau constant et que l'eau s'accumule en amont jusqu'à ce niveau provisoire.

3 Ajoutez ensuite des couches successives de 15 à 30 cm d'épaisseur, en colmatant bien à l'aide de boue, d'herbes, de feuilles, de sédiments et autres matériaux fins à disposition, jusqu'à ce que l'eau s'élève au niveau temporaire suivant.

- Répétez l'opération jusqu'à atteindre le niveau de crête souhaité.
- Pour dissiper l'énergie liée à la surverse sur la structure, construisez un matelas de branches disposées parallèlement au courant sur la face aval de celle-ci.
- Si vous avez le temps et l'envie, peaufinez encore le colmatage de l'ouvrage à l'aide de boue et de matière organique. Vous pouvez également déléguer ces soins d'entretien aux castors, ou laisser les feuilles, débris ligneux et sédiments venir naturellement consolider la structure.

LA CONSTRUCTION ILLUSTRÉE PAS À PAS

Étape 1 : Situer l'ouvrage



- Déterminez la position de l'Ouvrage type Castor sur le cours d'eau.

❗ **Remarque :** Les Ouvrages type Castors ne doivent pas nécessairement être installés au niveau de bancs ou de radiers, mais le choix d'un emplacement légèrement surélevé permet de réduire la hauteur de la structure à implémenter et la quantité de matériaux nécessaire.



© E. Montagnon



© E. Montagnon

Étape 2 : Placer les fondements et la crête



- Construisez la première couche au niveau de la surface de l'eau existante. Assurez-vous que le niveau de la crête soit constant sur toute la largeur du chenal et que l'eau s'accumule bien en amont jusqu'à ce niveau.

- Élargissez la base de la structure avec des matériaux issus du lit (boue, sables et graviers, herbes et feuilles), combinés à des branches de taille variable ainsi que des végétaux liants (tels le lierre, la ronce...). Assurez-vous que cette base est suffisamment large pour la hauteur souhaitée.



© N. Perrin



© N. Perrin

Étape 3 : Répéter les couches

Plaine inondable



- Ajoutez ensuite des couches successives de 15 à 30 cm d'épaisseur, en colmatant bien à l'aide de boue, d'herbes, de feuilles, de sédiments et autres matériaux fins à disposition, jusqu'à ce que l'eau s'élève au niveau temporaire suivant.
- Pour dissiper l'énergie liée à la surverse sur la structure, **construisez un matelas de branches** disposées parallèlement au courant sur la face aval de celle-ci.



© N. Perrin



© N. Perrin

Étape finale : Définir la hauteur définitive



- Élevez l'ouvrage jusqu'au niveau souhaité, en vous assurant toujours que celui-ci soit bien homogène (vérifiez qu'il n'y a ni chemin préférentiel ni obstruction trop forte pour l'écoulement).
- Si le cours d'eau s'écoule (c.-à-d. qu'il n'est pas asséché au moment de la construction), l'eau devra être retenue par l'ouvrage et former un plan d'eau. Mais, une fois la retenue remplie, le débit entrant dans celle-ci sera égal au débit sortant par l'ouvrage, et on fera en sorte d'équilibrer ce débit entre ce qui surverse par-dessus d'une part et ce qui s'infiltre à travers d'autre part; la structure de l'ouvrage étant perméable.



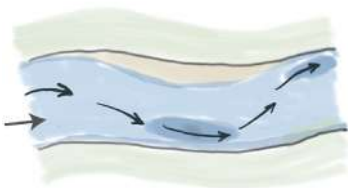
© J. Bigué



© J. Bigué

ORIENTATION DES CRÊTES DES OUVRAGES TYPE CASTOR

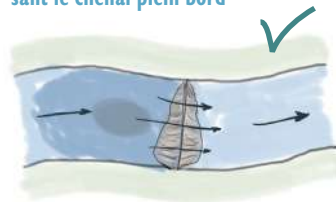
Chenal sans ouvrage



À faible débit et en l'absence d'ouvrages, les courants suivent le thalweg dans le lit d'étiage en étant déviés par les bancs d'alluvions.

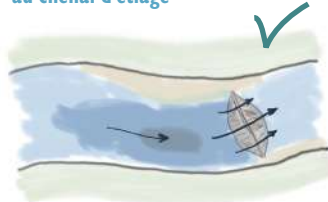
Les ouvrages étant construits à un niveau de crête constant, ils sont analogues à une courbe de niveau. Quand l'ouvrage est intact, l'eau s'écoule perpendiculairement à la courbe de niveau et au-dessus de la crête.

Crête perpendiculaire traversant le chenal plein bord



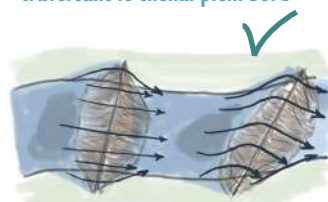
Un ouvrage qui traverse le chenal à plein bord, mais dont la crête est inférieure au niveau de la plaine inondable adjacente, contiendra les débits en basses eaux au sein du chenal. Orienté perpendiculairement au chenal, il retiendra l'eau et modifiera les flux comme si on avait un écoulement de plein bord.

Crête perpendiculaire au chenal d'étiage



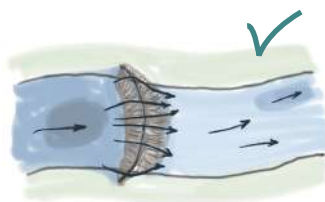
Un ouvrage plus petit destiné à ne contenir que les faibles débits sera plutôt orienté perpendiculairement au chenal d'étiage, mais il pourra être oblique par rapport au chenal principal de plein bord, du fait de la présence de bancs.

Crête perpendiculaire / oblique traversant le chenal plein bord



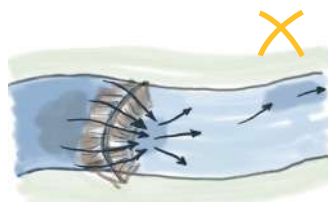
Les ouvrages traversants dont la crête est supérieure au niveau de plein bord, et qui s'étendent au-delà dans la plaine inondable adjacente, génèrent des débordements en lit majeur. Pour un ouvrage traversant perpendiculaire, la majeure partie du débit restera dans le chenal principal, tandis qu'un ouvrage traversant oblique dirigera le courant vers l'un des côtés du chenal (précisons toutefois que c'est la perte de charge générée par la chute qui permet de dissiper l'essentiel de l'énergie hydraulique).

Crête convexe vers l'aval



On trouve parfois des ouvrages de castors incurvés de façon convexe vers l'aval du chenal, ce qui permet de créer des flux divergents sur l'ouvrage. Ce modèle d'écoulement permet une dissipation d'énergie efficace.

Crête concave vers l'aval



Les ouvrages de castors ressemblent rarement à l'ouvrage voute de Tignes (qui du reste n'a pas été conçu pour supporter une surverse sur sa crête). Les ouvrages à crête concave concentrent le flux à leur base, creusant une profonde fosse de dissipation susceptible d'altérer fortement l'intégrité de la structure.

CONSEILS PRATIQUES

Concernant l'organisation de la disposition des branchages sur les berges :



- Classer les petites branches d'abord en berges, puis les branches de plus gros diamètres derrière...
- Les branches doivent être disposées à l'inverse des tuiles d'un toit afin que les matériaux soient facilement attrapables/utilisables par les constructeurs se trouvant dans le lit du cours d'eau...
- Préparer des endroits de **dépose et stockage** des matériaux liants.
- **Prévoir des zones de terrassement à la pelle** proches des ouvrages pour amener facilement et efficacement les matériaux de colmatage...

Concernant la construction des ouvrages :

- On a souvent tendance à vouloir élever d'emblée la structure sans s'assurer que chaque nouvelle couche est stable et retient bien l'eau en amont. Pour construire un ouvrage réussi, soyez patient et veillez à **élever la structure progressivement** jusqu'à sa hauteur de crête définitive.
- Veillez autant que possible à construire des structures qui ne soient pas plus hautes que les personnes qui les érigent. Ne cédez pas à la tentation de surdimensionner.
- Il est plus approprié d'équiper un cours d'eau pérenne ou disposant d'une source permanente; cela permet de visualiser instantanément la capacité de retenue d'eau de l'ouvrage. Il est possible d'implanter une structure sur un chenal intermittent ou sur une zone supposée se mettre en eau dans le futur; mais vous ne pourrez alors pas évaluer immédiatement le **potentiel d'accumulation d'eau** en amont de la structure, comme le fait le castor.
- Si vous construisez un **ouvrage « majeur »** – c'est-à-dire une vaste structure suffisamment profonde pour accueillir une entrée immergée de hutte de castor –, appréciez l'emprise du futur plan d'eau de manière à

favoriser les abris et refuges potentiels offerts par les berges, notamment face aux prédateurs (berges sous-cavées, végétation surplombante...)

- Si vous construisez plusieurs **ouvrages en série** pour constituer un complexe (ouvrage principal avec ouvrages secondaires, par exemple), évaluez le positionnement (distance entre 2 ouvrages successifs) et la hauteur de crête des ouvrages de sorte que chaque ouvrage aval forme un plan d'eau ennoyant juste la base de l'ouvrage situé à l'amont.

Concernant la 'durabilité' des ouvrages :

- La « robustesse » de la structure provient essentiellement de la **matrice de fibres végétales** que vous construisez en combinant des matériaux de type et de taille variables (terre, pierres, végétaux liant tels le lierre, la ronce...). On peut comparer cette matrice à du béton; le « ciment » en lui-même n'est pas particulièrement résistant, mais ce sont les agrégats et/ou l'armature qui confèrent sa solidité à la structure.
- Un Ouvrage type Castor qui « se casse » ou « se rompt », comme le font les vrais ouvrages de castors, ne doit pas être considéré comme un « échec », surtout s'il a été conçu pour s'adapter à ce résultat. En effet, ceux qui se désagrègent favorisent souvent l'enrichissement

et la complexification des habitats.

- Il faut considérer que la durée de vie d'un Ouvrage type Castor low-tech est inférieure à un an, et cela même si dans les faits, il pourra rester en place plusieurs années, voir des décennies.

Pour préserver la circulation de la faune piscicole :

- Il conviendra d'adapter les caractéristiques des structures de manière à accroître la **variabilité des écoulements** en permettant aux poissons d'emprunter des passages que l'on retrouve habituellement à travers, par-dessus et autour des ouvrages « naturels » de castors.
- Il pourra s'agir alors de créer des **chenaux latéraux de débordement** qui feront office de rivière de contournement; de casser la pente de la face aval de la structure avec des redans générant des **microretenues** ou d'y ajouter plus de branches parallèles au courant; de réduire la hauteur de chute générée par un grand ouvrage en construisant une ou des structure(s) secondaire(s) en aval de l'ouvrage principal (ennoyant celui-ci jusqu'à sa base); ou bien de favoriser des passages permettant aux poissons (et à l'eau) de traverser l'ouvrage. (►p.81)



VARIANTE 1 : OUVRAGE TYPE CASTOR « AU NATUREL »

► SANS PIEUX



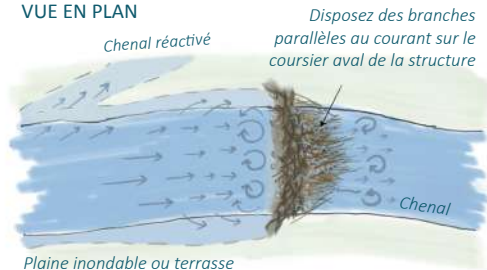
Ouvrage naturel castor © Félix Gripon

- Les **Ouvrages type Castor sans pieux** s'inspirent des ouvrages naturels de castors: ils ne requièrent pas de pieux de clôture, de cloche de battage ou d'équipement lourd. Ils sont adaptés aux milieux déjà susceptibles d'accueillir des ouvrages naturels de castors.

- Les ouvrages naturels de castors et les Ouvrages type Castor ont un niveau de crête constant afin de répartir la surverse de façon homogène (et non de la concentrer en un point). C'est un élément essentiel de la structure.

- Généralement, les ouvrages principaux sont plus hauts et plus larges que les ouvrages secondaires (ils s'étendent sur les bancs d'alluvions, les risbermes ou jusqu'à la plaine alluviale) afin d'atténuer la puissance unitaire du courant).

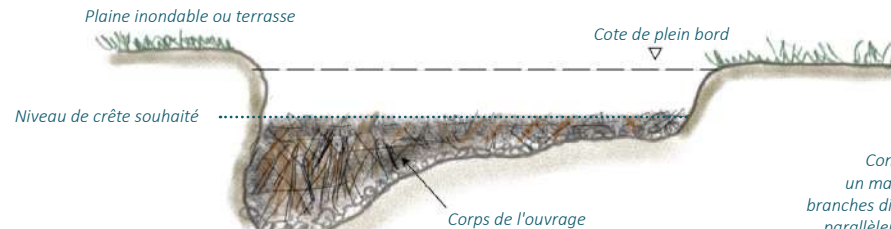
VUE EN PLAN



Disposez des branches parallèles au courant sur le coursier aval de la structure

- Les ouvrages secondaires doivent être assez hauts pour enoyer la base de l'ouvrage amont. Ils peuvent aussi être construits plus haut pour abaisser la perte de charge générée par l'ouvrage amont.

VUE TRANSVERSALE



Construisez un matelas de branches disposées parallèlement au courant sur la face aval de celle-ci et ancré dans le maillage de la base. Ce matelas permet de dissiper l'énergie liée à la surverse sur la structure.

VUE DE PROFIL



❗ **REMARQUE** : Au-dessus d'une large base dans le sens de l'écoulement, élevez progressivement la structure en construisant des couches successives de 15 à 30 cm de hauteur. Assurez-vous que chaque couche permet de retenir l'eau et de créer une retenue en amont avant de passer à la couche suivante.



VARIANTE 2 : OUVRAGE TYPE CASTOR ► RENFORCÉ PAR DES PIEUX

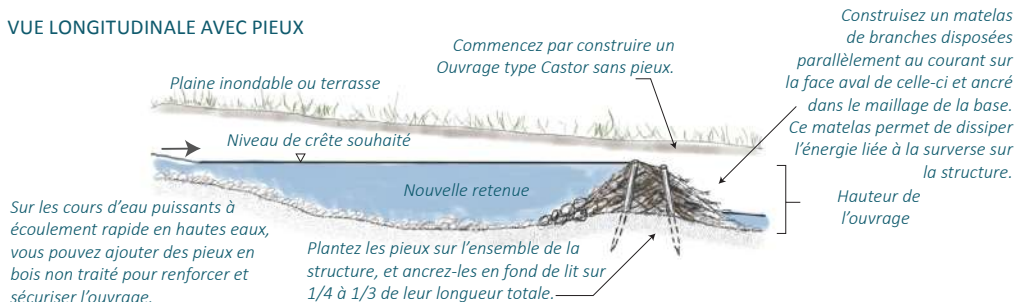


La Lierne © S. Petit

• Dans les **Ouvrages type Castor renforcés par des pieux**, les pieux offrent un ancrage et une stabilité temporaire afin de sécuriser l'ouvrage initial pendant les hautes eaux pour des hydrosystèmes ayant des régimes de crues rapides ou intenses.

• Dans les cas où un renfort additionnel de la structure est jugé nécessaire, nous vous conseillons de suivre les étapes de construction des Ouvrages type Castors « au naturel » sans pieux, puis d'ajouter des pieux en fin de construction pour renforcer la structure.

VUE LONGITUDINALE AVEC PIEUX



ÉVALUATION ET ACCOMPAGNEMENT DE L'ÉVOLUTION D'UN COMPLEXE

Afin de pouvoir évaluer les réponses du **traitement**, voici quelques questions clés à se poser régulièrement, au fur et à mesure de son évolution :

- Le complexe a-t-il imité ou favorisé les processus souhaités ?
- Le complexe a-t-il eu des effets négatifs sur le milieu ? Si oui, comment les atténuer ?
- Les structures du complexe ont-elles atteint leur durée de vie fonctionnelle ?
- Les processus souhaités et observés sont-ils autonomes à ce stade ?
- Pourraient-ils gagner en autonomie grâce à des traitements additionnels ?
- Quelles seraient les nouvelles options de traitement pour imiter et favoriser les processus souhaités ?

La réautonomisation du milieu quant à la réactivation de ses processus, induite par les structures, doit être le **marqueur de succès** d'un complexe.

Comme évoqué précédemment, une Structure Bois ou un Ouvrage type Castor qui « se rompt », ne doit pas être considéré comme un « échec », cela fait partie de la **réponse** du cours d'eau au traitement.

Il faut savoir que les ouvrages ou structures qui se désagrègent favorisent souvent l'**enrichissement** et la **complexification** des habitats. Noter et prendre en compte ces réponses est indispensable pour pouvoir faire évoluer le traitement en faveur du milieu et de son autonomie.

RESSOURCES & OUTILS

Le Riverscapes Consortium (<https://www.riverscapes.net/>) développe une série d'outils pour accompagner les professionnels et praticiens de l'eau dans leurs projets de régénération low-tech fondée sur les processus.

- Le **LT-PBR Explorer** est une plateforme de cartographie participative à échelle mondiale, où les praticiens de l'eau peuvent inscrire leurs projets de régénération low-tech fondée sur les processus : <https://pbr.riverscapes.net/>
- Le **Riverscapes Data Exchange** est un portail gratuit où les professionnels de l'eau peuvent échanger des données relatives aux milieux rivière. L'objectif est de faciliter la découverte, le partage et la récupération des données relatives à la santé de ces milieux : <https://data.riverscapes.net/>
- Le **Riverscapes Viewer** est une application web et de bureau permettant d'accélérer la visualisation des données géospatiales relatives à la santé des milieux rivières : <https://viewer.riverscapes.net/>
- **Phlux** est un dispositif conçu comme un moyen rapide et peu coûteux de surveiller la santé des milieux rivière. Il facilite la collecte participative de photos répétées

grâce à une application mobile facile à utiliser qui fonctionne hors ligne : <https://phlux.riverscapes.net/>

- **QRIS** (QGIS Riverscapes Studio) est un plugin qui vous aide à numériser vos données sur les milieux rivières. Il offre une structure flexible et extensible pour vos couches spatiales, ainsi qu'une symbologie cohérente pour rationaliser la saisie, le suivi et l'analyse de vos données : <https://qris.riverscapes.net/>
- Tous les outils d'analyse de données : <https://tools.riverscapes.net/>

.....
Pour accéder à l'intégralité des ressources en anglais concernant la régénération low-tech fondée sur les processus : <https://lowtechpbr.restoration.usu.edu/resources/>
.....

.....
Pour accéder à des ressources en français, le site du MapCa (Mouvement pour une Alliance avec le Peuple Castor) : <https://mapca.eu/ressources/>
.....

RÉFÉRENCES

- Bouwes, N., Bennett, S. and Wheaton, J., 2016. Adapting Adaptive Management for Testing the Effectiveness of Stream Restoration: An Intensively Monitored Watershed Example. *Fisheries*, 41(2): 84-91
- Cluer, B. and Thorne, C., 2014. A stream evolution model integrating habitat and ecosystem benefits. *River Research and Applications*, 30(2): 135-154. DOI: 10.1002/rra.2631
- Goldfarb, B., 2018. Beavers, Rebooted: Artificial beaver dams are a hot restoration strategy, but the projects aren't always welcome. *Science*, 360 (6393) : 1058-1061. DOI: 10.1126/science.360.6393.1058
- Morizot B., Husky S., 2024. "Rendre l'Eau à La Terre", Actes Sud.
- Pollock, M.M., Beechie, T.J., Wheaton, J.M., Jordan, C.E., Bouwes, N., Weber, N. and Volk, C., 2014. Using Beaver Dams to Restore Incised Stream Ecosystems. *Bioscience*, 64 (4) : 279-290. DOI: 10.1093/biosci/biu036
- Silverman, N.L., Allred, B.W., Donnelly, J.P., Chapman, T.B., Maestas, J.D., Wheaton, J., White, J. and Naugle, D.E., 2018. Low-tech riparian and wet meadow restoration increases vegetation productivity and resilience across semi-arid rangelands. *Restoration Ecology*. DOI: 10.1111/rec.12869
- Wheaton, J., Fryirs, K., Brierley, G.J., Bangen, S.G., Bouwes, N. and O'Brien, G., 2015. Geomorphic Mapping and Taxonomy of Fluvial Landforms. *Geomorphology*, 248: 273-295. DOI : 10.1016/j.geomorph.2015.07.010



Pour une analyse approfondie, bibliographique et de terrain, sur les effets des ouvrages low-tech sur les cours d'eau (notamment sur les enjeux de thermie, transport sédimentaire et continuité piscicole), vous pouvez consulter l'étude : "Les techniques de restauration Low-Tech et basées sur la régénération des processus, quelle application sur les cours d'eau du Bassin Rhône - Méditerranée et Corse ?" de Kevin Vical sur [ResearchGate](#).

Pour une santé des rivières globale

Partout dans le monde, les milieux rivières ont été systématiquement drainés, dégradés et simplifiés. La régénération low-tech basée sur les processus s'appuie sur des structures simples, traditionnellement construites à la main, pour invoquer des processus naturels tels que l'activité des castors et l'accumulation de bois afin de restaurer la santé de ces milieux complexes.

Ces techniques sont accessibles à des personnes de tous horizons, qui peuvent participer à leur construction - depuis les écoliers jusqu'aux retraités qui peuvent aider à « jeter quelques bâtons » dans le système et à réhydrater leurs territoires desséchés. Cette participation est essentielle pour briser les idées préconçues de ce qui constitue un milieu rivière sain.

Ce guide de poche est une adaptation d'un guide que nous avons produit à l'origine pour le public anglophone. Il n'a pas seulement été traduit, mais les illustrations ont été sensiblement développées, mises à jour et mieux communiquées. Le travail récent de Baptiste Morizot et Suzanne Husky dans « Rendre L'Eau à la Terre » approfondit la conceptualisation entière de ce qu'il est possible de réaliser en France.

Tant de milieux rivières pourraient bénéficier d'un tel travail. Grâce à ces collaborations uniques entre collègues français, « adopteurs précoces » et visionnaires du potentiel de cette approche, la France est bien placée pour rétablir la notion de santé des milieux rivières dans les imaginaires et réalités de son territoire. Je suis ravi de participer à ce mouvement dans le monde entier, en particulier en France, et j'ai hâte de mettre à jour notre version anglaise avec les améliorations que les auteurs auront apportées ici !

Joseph Wheaton

- professeur des Milieux Rivières à l'Université d'État de l'Utah,
fondateur du Riverscapes Consortium et cofondateur d'Anabranch Solutions





Avec le soutien de :



CC BY 4.0
Publié en 2025
Prix indicatif : 17€

Ce guide de poche est conçu pour accompagner les professionnels et praticiens de rivière qui souhaitent intégrer la **régénération low-tech fondée sur les processus** dans leur pratique de restauration des cours d'eau.

Dans cette approche, l'idée n'est pas de tenter de reproduire et de figer ce à quoi une rivière ressemble, mais plutôt de réactiver ce qu'une rivière fait, comment elle se comporte, pour retrouver un **milieu rivière sain et autonome**.

Il aborde en trois temps :

- les principes et clés de lecture des milieux rivières
- des conseils et étapes pour la mise en place d'un projet d'accompagnement des cours d'eau dans la réactivation de leurs processus
- une description détaillée des ouvrages low-tech employés pour imiter deux processus 'clés de voute' : les effets de l'accumulation de bois mort et de l'activité de construction des castors (*Structures Bois et Ouvrages Type Castor*)

Il comprend un **glossaire**, qui traduit l'attention particulière portée sur le choix du vocabulaire employé, ainsi qu'une liste de **ressources documentaires** pour aller plus loin : publications récentes, études, sites et plateformes dédiées...

Il s'agit d'une **adaptation libre** du « Low-tech Process-based Restoration of Riverscapes: Pocket Field Guide » du Riverscapes Consortium, **au contexte francophone** pour faciliter la compréhension et la mise en œuvre de cette approche en Europe.