



CASTOR VS HUMAIN, BARRAGE OR NOT BARRAGE ?

20ème FORUM Rivières
Lathus-Saint-Rémy
13 et 14 novembre 2025
Michel Bramard



Barrage or not barrage : beaucoup d'exhortations peuvent apparaître contradictoires

- Suppression ou création de seuils ?
- Protection des berges (des terres riveraines) ou mise en place de « mangeurs de berges » ?
- Enlèvement ou réinjection de bois mort
- High tech, modélisation, Low tech, Low Ingénierie ?
- ...

Mise en garde

La mise en œuvre d'ouvrages de génie végétal doit être strictement réservée à la protection des biens et des personnes lorsque ces enjeux sont immuables et nécessitent une protection en raison de leur importance. Dans ces cas, le recours au génie végétal est justifié. Toutefois, il est crucial de reconnaître que l'érosion est un processus naturel nécessaire au bon fonctionnement des cours d'eau tant sur les plans écologiques que géomorphologiques. Ainsi sur des terrains présentant des enjeux mineurs, l'érosion peut et doit être acceptée, les protections de berges ne doivent pas être systématiques mais réservées aux seuls cas où l'ampleur des enjeux impose de stabiliser.



HAL Id: hal-05215778
<https://hal.science/hal-05215778v1>
Submitted on 20 Aug 2025

Alors on fait quoi ?

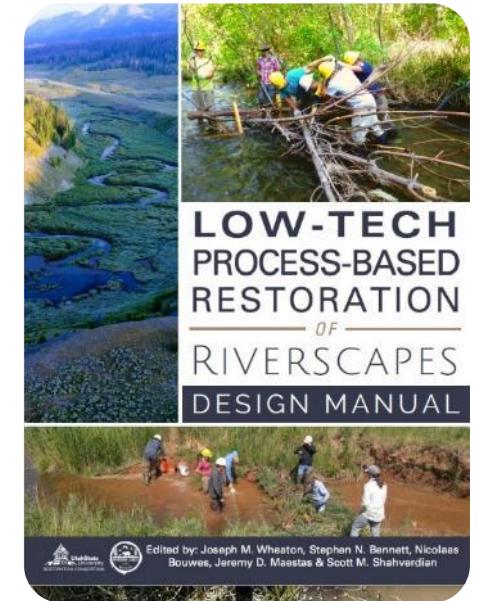
Solutions Naturelles sans Structures Rigides. Guide technique Office Français de la Biodiversité et Institut National de Recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement.

Marie Didier, Sarah Menoli, André Evette, Pierre-André Frossard, Anne Vivier



Projet GeniBois Caractérisation technique et retour d'expérience des ouvrages bois « low-tech »

<https://sfecologie.org/offre/caracterisation-technique-et-retour-dexperience-des-ouvrages-bois-low-tech/>



Les ouvrages castor mimétiques, une révolution ou simplement un nouvel outil ?

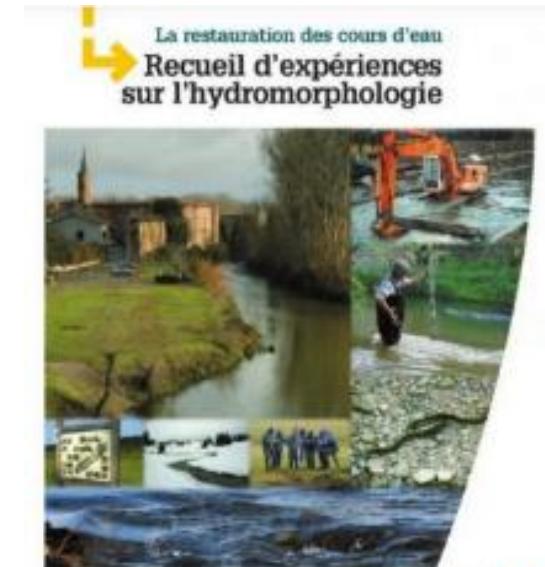
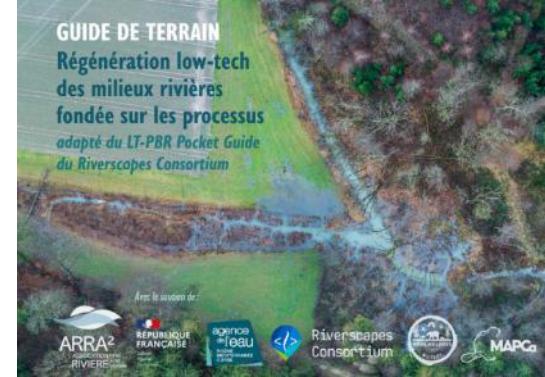


Constat d'échec d'un certain nombre de travaux avec les méthodes classiques

(efficacité insuffisante, mauvaise résilience, coût élevé...)

Le dernier outil est-il le plus performant ?

Les précédents outils ont-ils été bien utilisés ?



La communication sur les « échecs » des travaux a-t-elle été suffisante ?

<https://professionnels.ofb.fr/fr/node/193>

Les ouvrages Castor Mimétiques, Beaver Dam Analog, PBR...

→ **Un engouement fort, surtout auprès des néophytes, du « grand public ».** Opinion plus partagée pour beaucoup de professionnels de la restauration (avec une communication très clivante).

« Avant on répare les formes maintenant on va restaurer les processus »

Critiques (parfois fondée) des projets lourds visant à redessiner un cours d'eau, s'adaptant (sous entendu trop) aux contraintes sociales :

- Un gabarit trop grand (pour éviter les sur-inondations)
- Des seuils de contrôle
- Des mesures pour éviter ou retarder les désordres et les risques de migration latérale (talus des berges en pente douce, protections des berges en dur ou en bétonnage végétal...).

Critiques (parfois fondée) des projets de restauration de la continuité qui n'ont pas pris correctement en compte les problèmes d'incision, de maintien des nappes et des zones humides (naturelles et ou artificielles ?).



« Avant on répare les formes maintenant on va restaurer des processus »

Pour le niveau d'ambition, le problème reste entier :

- Les « nouvelles » techniques proposées seront également soumises aux contraintes socio économiques (espace disponible, usages...) **avec adaptations le cas échéant** :
 - seuils fortement ancrés pour faire durer les effets recherchés à une zone circonscrite, éviter les risques d'embâcles à l'aval
 - fixation du bois mort (ou pièges à embâcles en aval du tronçon restauré...),
 - surveillance régulière et interventionnisme important après travaux
 - Qualité d'eau
 - ...

Le guide SN faisait déjà état en déc. 2007 du besoin d'espace disponible

Paramètre	Note	0	2.5	5	10
Puissance spécifique		< 10 W/m ²	10-30 W/m ²	30-100 W/m ²	> 100 W/m ²
Erodabilité des berges		Nulle	Faible	Moyenne	Forte
Potentiel d'apports solides		Nul	Faible	Moyen	Fort
Emprise disponible		1 largeur de lit	1 à 3 L	3 à 10 L	> 10 L
Qualité de l'eau		Mauvaise	Médiocre	Passable	Bonne

Score d'efficience probable des travaux : mini = 0, maxi = 50

Figure 13 : Variables permettant d'évaluer un « score d'efficience probable » de la restauration envisagée.



Restaurer des processus: vocabulaire, principes, objectifs, techniques et outils du LT PBR Pocket guide)

- **Les objectifs opérationnels** : restaurer, recréer un maximum d'anabanches, réhumidifier les terres riveraines, remettre du bois dans les « systèmes rivière », bloquer ou limiter l'incision.
- Mettre plus de sauvage (du désordre ?), plus de résilience, plus de diversité...
- **La manière : Converser avec la rivière**
- Démarche essai- erreur, empirisme, intuition ?
- Approche plus ludique (le *die and retry* des jeux vidéo ?) que le recours à des méthodes trop techniques, à des calculs scientifiques des modélisations etc.
- Plus pédagogique ? Plus aventurier ? Plus fun ?
- Postulat que le castor fonctionne de cette manière ?
- Comme il apporte globalement des bienfaits à la rivière, en « faisant le castor » (ouvrages castor mimétiques) on fait du bien à la rivière.

La méthode

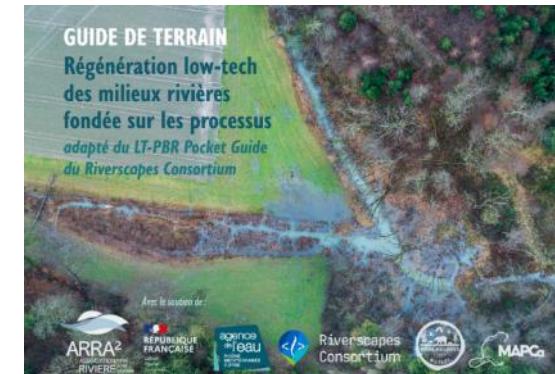
- On érode des berges par endroits, on stocke des sédiments à d'autres.
- On essaie de réalimenter d'anciens chenaux ou on en crée de nouveaux pour remobiliser des sédiments et combler les retenues.
- On fait varier les formes du lit (au feeling).
- On multiplie au maximum les structures (points durs) pour diversifier et pour qu'il y en ait suffisamment qui aient un effet morphogène.

Questionnements

- Cote des ouvrages ? Répartition des débits dans les bras ?
Vitesses de courant ? Répartition des faciès ? Caractéristiques des sédiments ? ...

Il faut déterminer à l'avance le degré d'interaction entre la structure et le débit de l'eau (débit courant, crues fréquentes, crues rares...)

p 57 →



Restaurer des processus: les outils

- Un « complexe »
- Barrage de castor
- Ouvrage(s) secondaire(s)
- Mange-berge
- Sculpteur de lit
- Fendeur de flot
- Chenal secondaire
- Micro chenal
- Tronçon aménagé
- Seuil
- Seuil(s) intermédiaire(s), pré-barrage(s)
- Epi latéral
- Epi de pleine eau
- Rivière de contournement, annexe hydraulique, passe rustique...

Restaurer des processus: les milieux

- Un barrage ou un seuil ?
 - Une retenue
 - Un étang à castor
 - Une prairie à castor
 - Une zone humide
-
- Un lit en tresse
 - Un lit anastomosé* ou anabanché
 - Un lit vagabond

Au sens du type 1 des lits anabanchés : cours d'eau de puissance spécifique < à 15W/m² à charge en suspension dominante

L'anastomose du fleuve Charente : apports de la quantification des formes fluviates à la connaissance des processus géomorphologiques et des facteurs de contrôle

2023 Carozza JM, Duquesne A et Vayssière A

<https://doi.org/10.4000/geomorphologie.17431>

On a pas beaucoup d'exemples de seuils castors mimétiques mais :

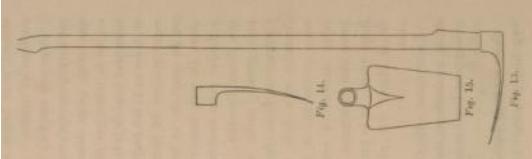
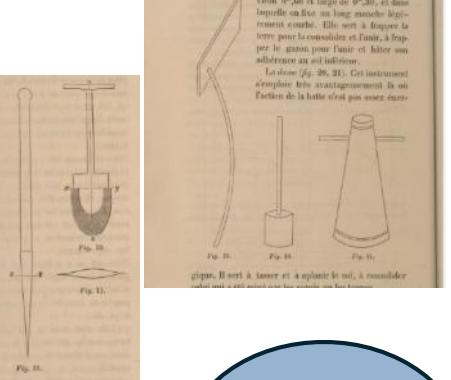
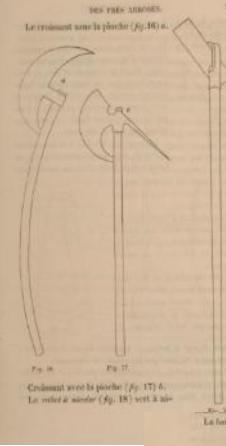


Appelons un chat un chat !

On n'a en France plus de 100 000 seuils (généralement avec retenue) référencés dans le ROE, sans compter les milliers non recensés, provisoires, refaits tous les ´ t  s, les ´étangs...

<https://www.ign.fr/mag/il-y-plus-de-856-000-plans-deau-en-france>

Les techniques historiques de génie biologique appliquées aux cours d'eau



Connues depuis l'antiquité la rationalisation de ces pratiques s'est fortement développée au 19^{ème} s

Il est parfois recommandé de faire des ouvrages en fascines, terre, gazon là où l'énergie est trop forte pour pouvoir conserver durablement le seuil !

Mais très vite les ingénieurs ont proposé des techniques plus dures pour éviter les affouillements, fractionner les chutes, mieux répartir les débits



Historique des techniques de génie biologique appliquées aux cours d'eau

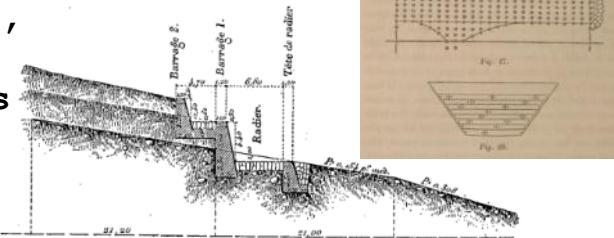
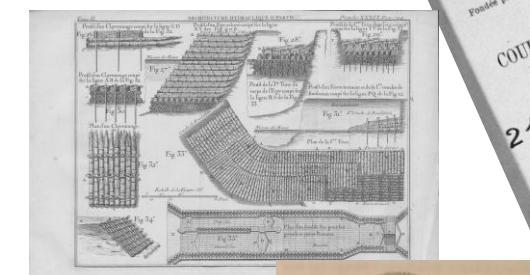
Sophie Labonne ^a, Freddy Rey ^a, Jacky Girel ^b et André Evette ^a

Les techniques de tressage, fascinage, tunage etc.

L'utilisation de seuils.

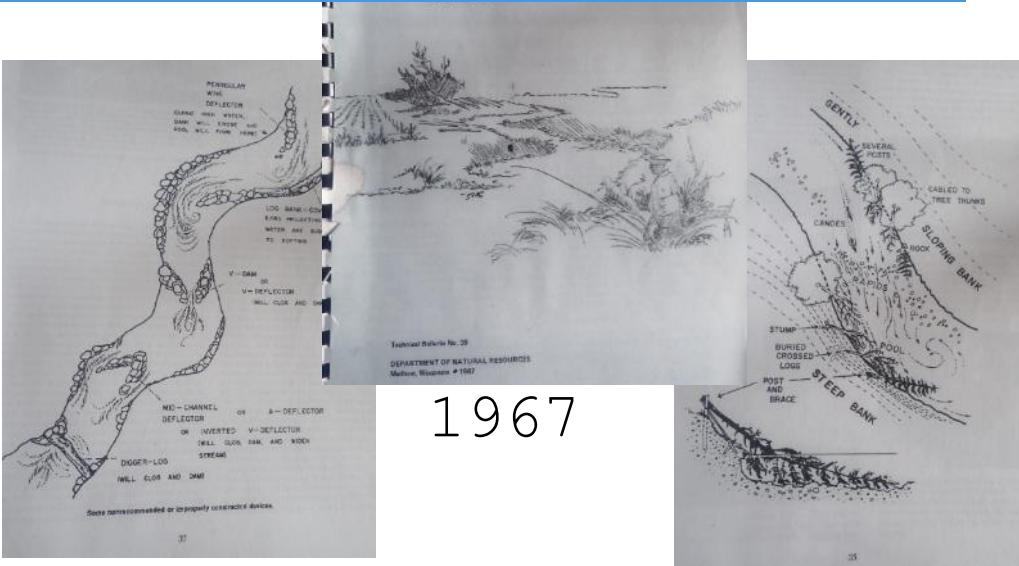
Petite irrigation, flottage, pêcheries, réserves à poissons, rouissement du chanvre ou du lin, cressonnières, nettoyage de minerais, ... et moulins...

Tenue des terres de montagne

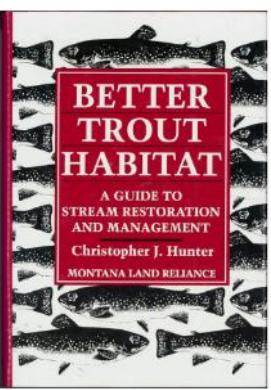
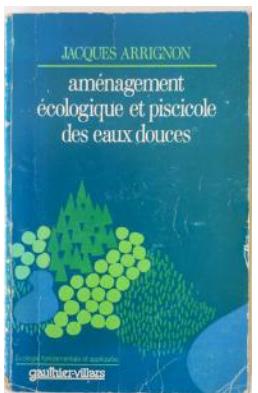


TORRENT DU FAUCON. — VALLEE DE BAUGLONNETTE (Hautes-Alpes).
Fig. 101. — Barrages en Gradiés. — Coupe en travers suivant l'axe.

Les techniques de restauration (après les grands travaux d'hydraulique agricole)



Les techniques d'épis et seuils, en bois ou mixtes, ont toujours fait partie de la panoplie du restaurateur aménageur

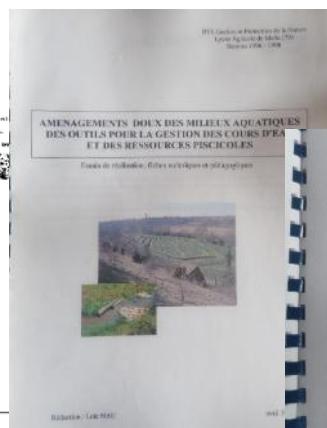
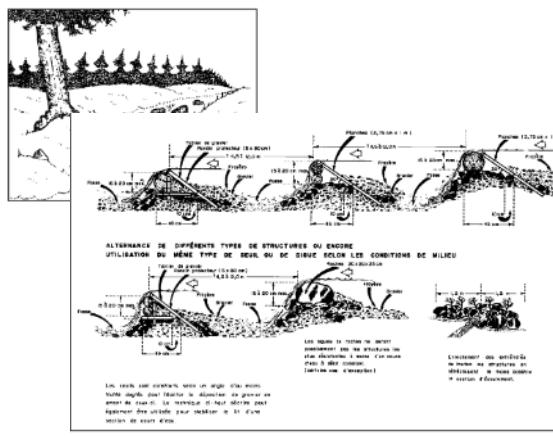


1976 - 97

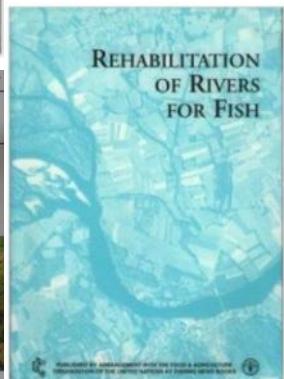
GUIDES TECHNIQUES
8 Aménagement et protection des ruisseaux en forêt privée

1996

AMÉNAGEMENT DES BOISÉS ET TERRES PRIVÉS POUR LA FAUNE



1998

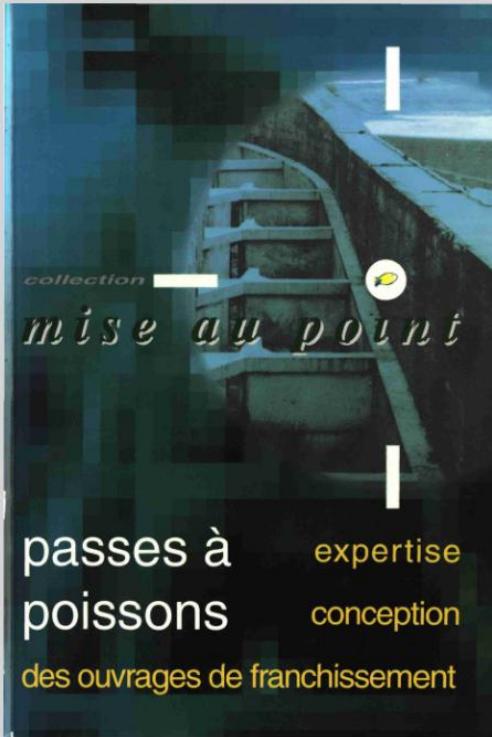


1999



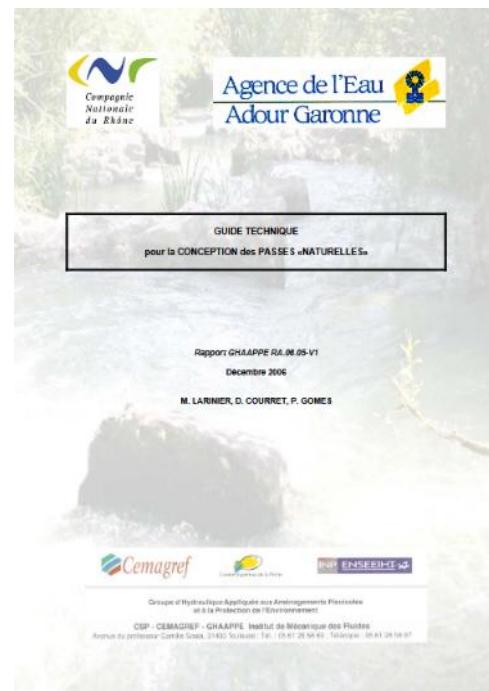


Les seuils : plus d'inconvénients que d'avantages !



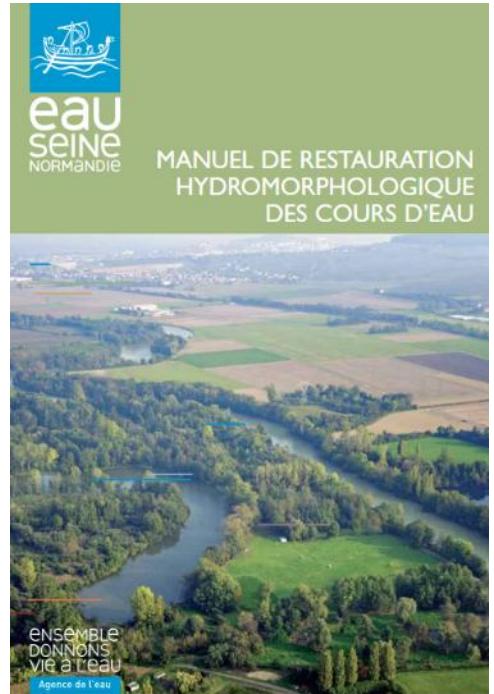
passes à
poissons
des ouvrages de franchissement

expertise
conception



Après 2000

Le guide SN garde la proposition des seuils pour maintenir ou restaurer le niveau des nappes, mais assorti d'une forte mise en garde sur la continuité biologique et sédimentaire.



Quelques projets revendentiquent leur emploi pour maintenir un volume d'eau à l'étiage, pour maintenir l'alimentation des zones humides.

Les seuils ne sont plus à la mode (pour la restauration) mais restent utilisés lorsqu'on ne peut faire autrement pour :

- Les passes à poissons.
- Parfois en accompagnement de travaux de restauration (R1 R2) y compris pour accompagner des effacements d'ouvrages.
- Pour « sécuriser » certains travaux vis-à-vis de l'incision qualifiée souvent à tort d'érosion régressive (seuils noyés, seuils fer à cheval, rides de blocs...).

Effet d'un barrage de castor

Qu'est-ce qu'une zone humide fonctionnelle ?

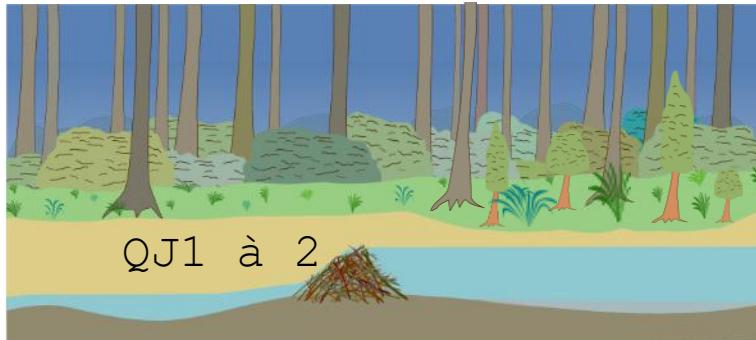
- Gain potentiel immédiat pour les fonctions ZH
- Gain potentiel pour la biologie du cours d'eau ?
- Gain potentiel pour la morphologie du cours d'eau ?



?



Si j'avais su !



Pas d'inondation (que pour les crues de fréquence rare) pas de ZH

Inondation quelques jours ou semaines par an ou tous les deux ans

Disparition des arbres à bois dur, développement végétaux de zones humides

Inondation 5 à 6 mois par an

Disparition des espèces sensibles à une inondation prolongée

Inondation permanente

Disparition végétaux de zones humides

Apparition Algues, lentilles puis... végétaux aquatiques...

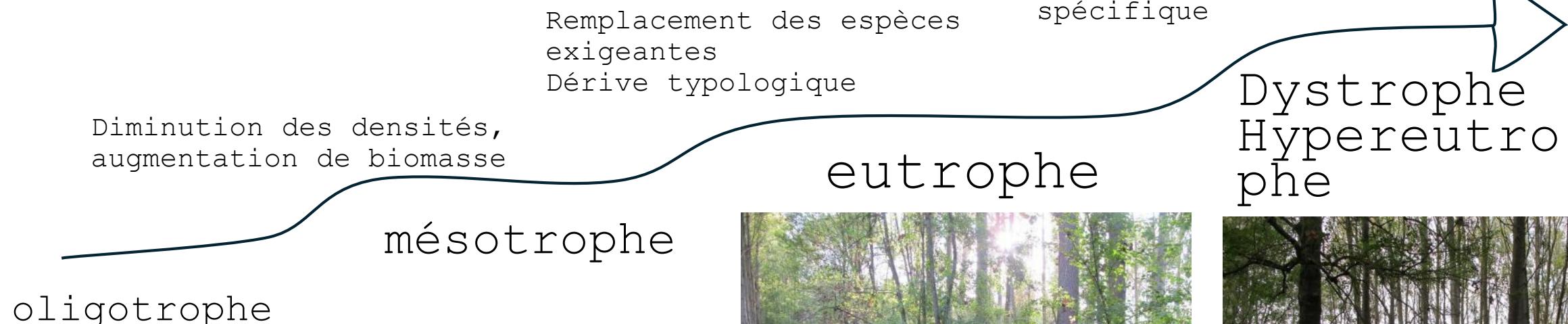
Effet d'un barrage de castor

Comparaison n'est pas raison!



Au delà des différences comportementales du castor américain, pression de prédation, contraintes du régime de crue, des glaces etc...

T° : en milieu naturellement froid et oligotrophe le réchauffement va augmenter le niveau de trophie (mais baisse de l'O2).

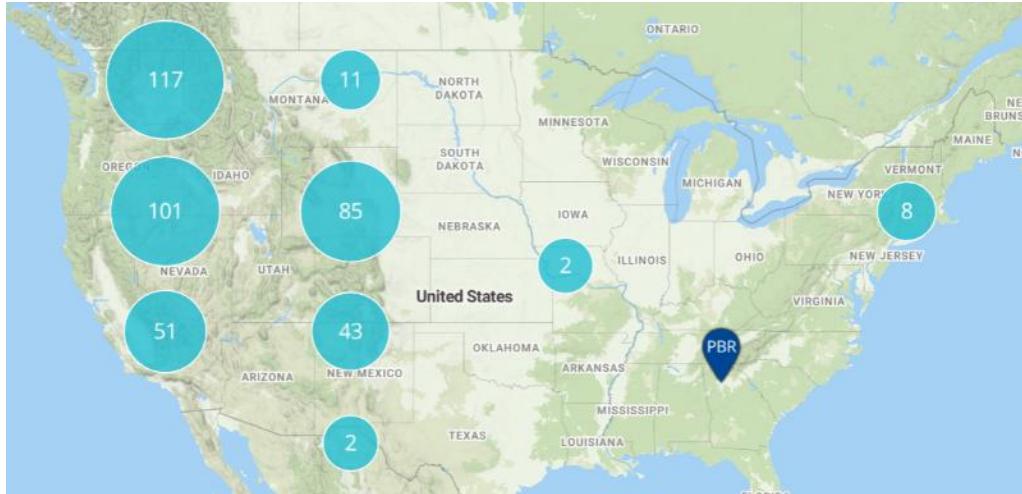


L'augmentation de la biomasse et de la richesse spécifique peut être interprété comme un « enrichissement » du milieu.



Quels impacts des BDA pour le fonctionnement des cours d'eau ?

Les résultats sont très variés et souvent contradictoires (T°, PC, Poissons etc.)*



La grande majorité des données sont issues des régions montagneuses de l'EST des Etats Unis

Côté Europe peu de retours et plutôt en région montagneuse ou semi montagneuse, ou plus septentrionale
Mais il y a également des retours négatifs en plaine***).



* VICAL K.28.08.2025

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 ?

<https://veille-eau.com/files/techniques-low-tech-bassin-rmc-kevin-vical.pdf>

*** Pro-ecological and conservation activities are not always beneficial to nature: a case study of two lowland streams in Central Europe
Janusz Golski, Wojciech Andrzejewski , Maria Urbańska , Sławomir Runowski , Krzysztof Dajewski & Lilianna Hoffmann 2023

** https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/cdr-ce/Bressan_2023_CommentLesCastorsEtLeursBarragesChangentLaVieDesRivieres.pdf

Et dans notre voisinage? Que nous apprennent les castors

Exemple de la Choisille en 37 (suivi SSM) :

2017 : Dérivation de plan d'eau (compromis) en lit emboité.

Ouvrage de répartition

Rétablissement de la continuité piscicole et sédimentaire

Bonne qualité des eaux et de l'habitat (restauration de la population de truite et espèces d'accompagnement sur la dérivation).

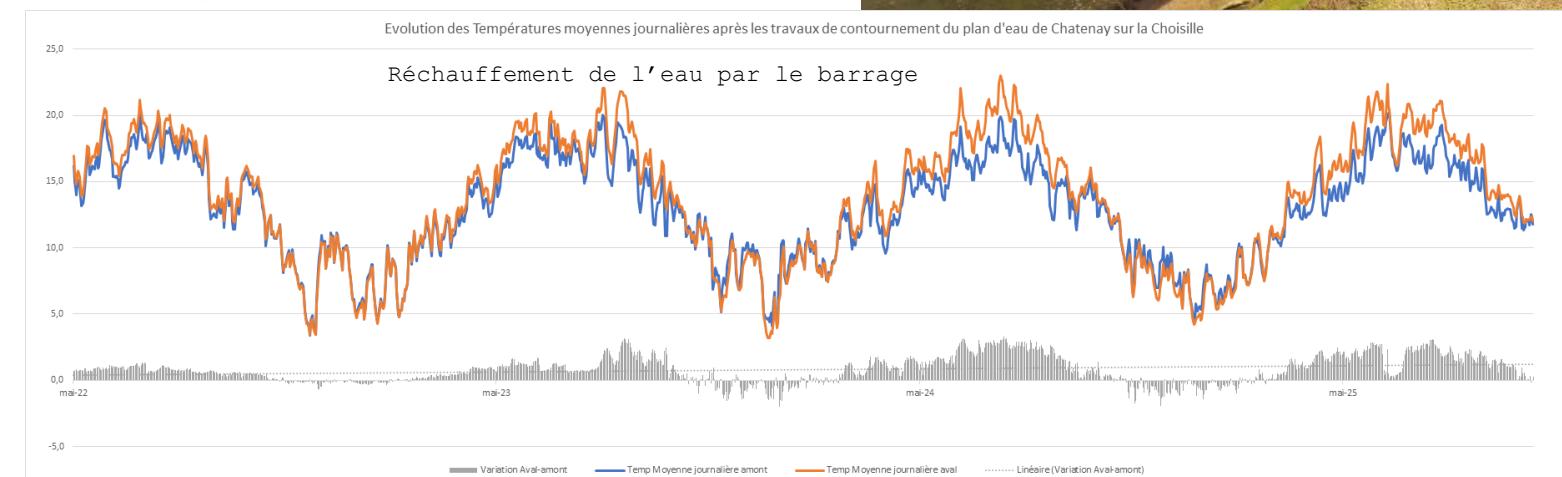
(suivi SSM réseau national des sites de démonstration)



2024 – 2025

Installation d'un seuil de castor.

Déviation des eaux vers l'étang
Quasi disparition en aval des truites et espèces d'accompagnement



Et dans notre voisinage? Que nous apprennent les castors

Exemple de l'Auxances en 86 :

Un bief de moulin (usage d'habitation) perché présentant plusieurs fuites dont une importante déjà ancienne

En 2023, 24, 25 : Les castors bouchent les fuites empêchant le retour du cours d'eau et de son affluent dans leur talweg



Et dans notre voisinage? Que nous apprennent les castors

Exemple de la Boivre en 86 :

Seuil de castor
inondant une zone
fonctionnelle
pendant un peu
plus de deux ans

Production
ponctuelle de bois
mort
réchauffement,
eutrophisation,
envasement,
espèces pénalisées
espèces favorisées

Intérêt pour le
fonctionnement du
cours d'eau et la
restauration de la
morphologie ?



Extrait IGN Géoportail
<https://www.geoportail.gouv.fr>
Date de la prise de vue aérienne : 12-07-2020
Résolution : 20 cm



Un sol inondé ou saturé en permanence ne joue plus le rôle d'éponge, il favorise le ruissellement...

Si la saturation peut être favorable pour certains processus chimiques (dénitrification), la dégradation de certaines molécules nécessite des conditions aérobies.

G. Barnaud, E. Fustec

Conserver les zones humides : pourquoi ? comment ?



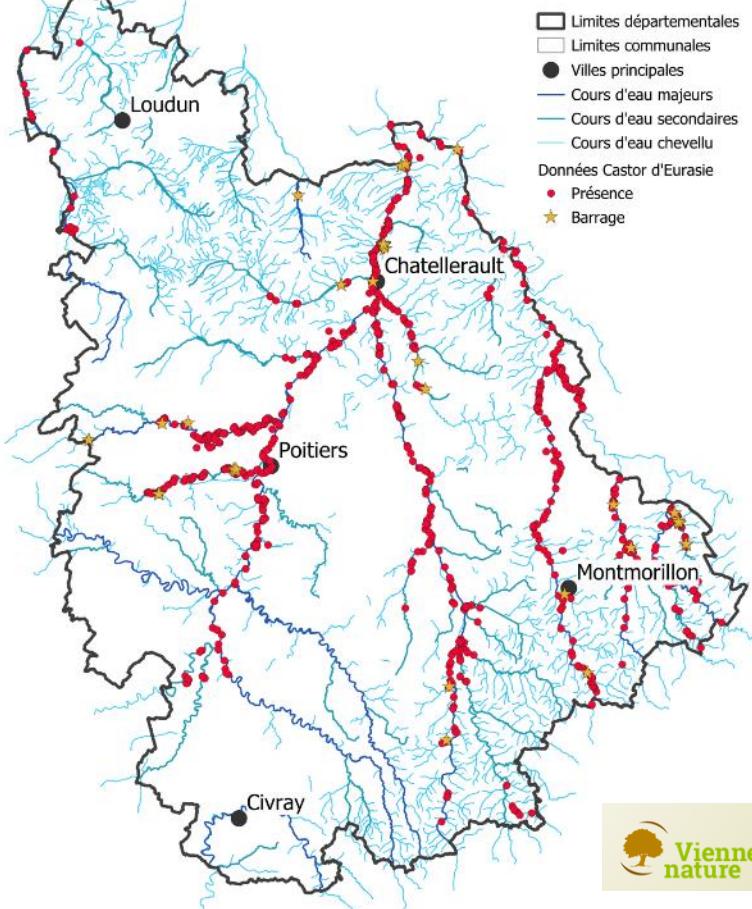
Sciences en partage

Quæ
éditions

educagri
éditions

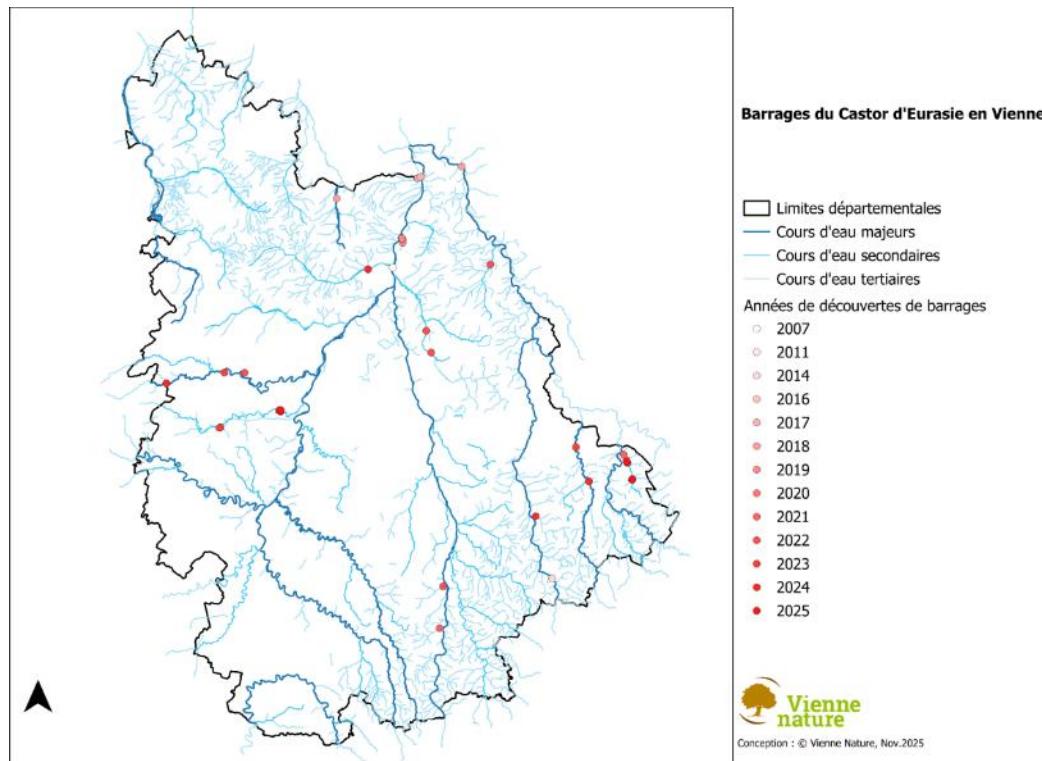
En Vienne après 24 ans de présence du castor quelles leçons ?

Castor d'Eurasie en Vienne - 2025



**20 à 25 sites recensés avec seuils
La majorité temporaires (1 à 2 ans)
Sur 7 cours d'eau les seuils sont régulièrement observés sur les mêmes tronçons mais avec un décalage fréquent (Adaptation à la ressource en nourriture ? Opportunités ? Dérangement ?).**

Recensement des seuils de castor en Vienne



La majorité créent des remous assez longs (compte tenu des faibles pentes), ou de petits étangs

Auxances, Boivre, Corchon, Pallu, Pargue, Ozon, Salleron

Finalement peu de secteurs concernés et effets peu durables

Exemple de barrage de castor



OFB 86 Mansiet M.



OFB 86 Mansiet M.



OFB 86 Mansiet M.

Photos © OFB



OFB 86 Mansiet M.

Exemple de barrage de castor



OEB 86 Mansiet M.

Saint Romain/Vienne.
R des trois moulins



Boivre Biard

Ingrandes. R de Batreau.



OEB 86 Mansiet M.



Archigny. L'Ozon.

Le-Vigeant. La Pargue



OEB 86 Mansiet M.

Questionnement sur l'impact des barrages de castor sur la continuité écologique

Ben quoi ! C'est bien les seuils !



M. Bramard

La percolation de l'eau à travers n'est pas forcément un avantage

L'absence de fosse impacte aussi bien les poissons sauteurs que nageurs !



M. Bramard

Questionnement sur l'impact des barrages de castor sur la continuité écologique



Dans la région les bras naturels sur ces ruisseaux n'offrent pas souvent les conditions favorables aux migrations (vitesses de courant, hauteur d'eau, zones de repos) et sont généralement rapidement bouchés par d'autres seuils de castor.

Seule une crue (au moins Q2) permet généralement la réouverture de l'axe.

Pour la truite d'ici mi décembre 2025 c'est pas gagné !

L'impact varie selon les régions, les périodes de reproduction des espèces vs les débits (régime nival, pluvial...), le nombre et l'âge des seuils...
Mais aussi de l'état de santé des populations, les autres pressions...



Questionnement sur l'impact des barrages de castor sur la biodiversité



Attention au biais observateur !

←espèces impactées négativement
espèces impactées positivement→

M. Bramard

Le castor et le paysage



Figure 2



Figure 2 : aperçu schématique des modifications du paysage induites par l'exploitation et la ré-exploitation de groupes de castor (schéma A. Liarsou)

Dans un paysage très forestier le castor va ouvrir des clairières (dans une trame plus ouverte ou riche en plans d'eau l'intérêt est plus limité). Ca peut être intéressant partiellement pour l'homme (mais marécage difficilement accessible), pour le castor (il consomme des hélophytes et végétaux aquatiques à la belle saison) et certaines espèces forestières comme la cigogne noire).

Cependant en inondant le milieu il asphyxie les arbres (même l'aulne glutineux), ce qui l'oblige à se déplacer vers de nouveaux territoires. La pérennisation de ces milieux ouverts (ayant potentiellement contribué à la formation de tourbières*) nécessite que l'espèce revienne régulièrement à des pas de temps de 20-30 ans...

Le castor fournit ponctuellement une grande quantité de gros bois pour la rivière (dans une portion très variable), mais il en prive ensuite celle-ci pendant de longues durées.

* Liarsou A. 2013 Prise en compte de l'incidence des activités du castor (*C. fiber L.*) sur la reconstitution des dynamiques l'évolution du couvert végétal et des processus de turbification : quelques pistes de réinterprétation des diagrammes palynologiques.

Quel bilan hydro des barrages castor ? 0

- Le blocage de l'incision
- La remobilisation de sédiment
- L'amélioration du gabarit
- L'amélioration du rapport de forme
- L'amélioration du tracé en plan
- La restauration des faciès d'écoulement
- La remise en fond de talweg
- La recharge de la nappe

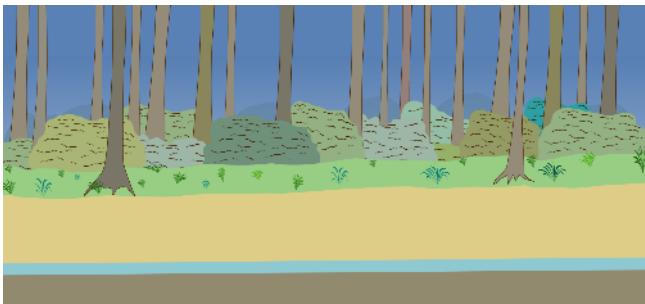
Une question de point de vue mais pas que.



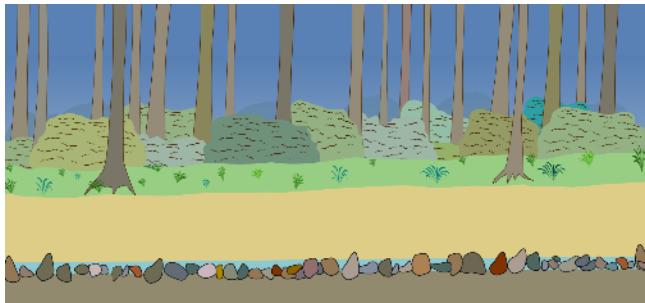
C'est mieux qu'un cours d'eau assec, qu'un cours d'eau qui coule sur la roche mère

Mais on peut être très loin de la référence (et du bon état écologique

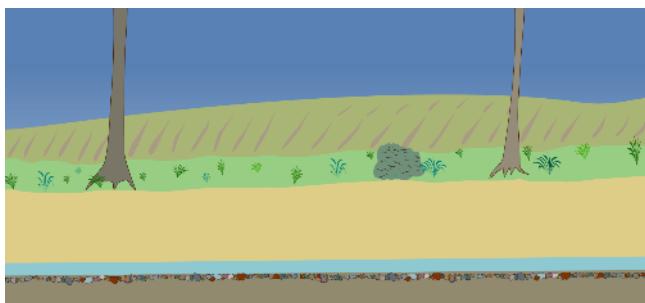
Le blocage de l'incision, quelles sont les questions à se poser ?



Roche mère à nu



Pavage grossier



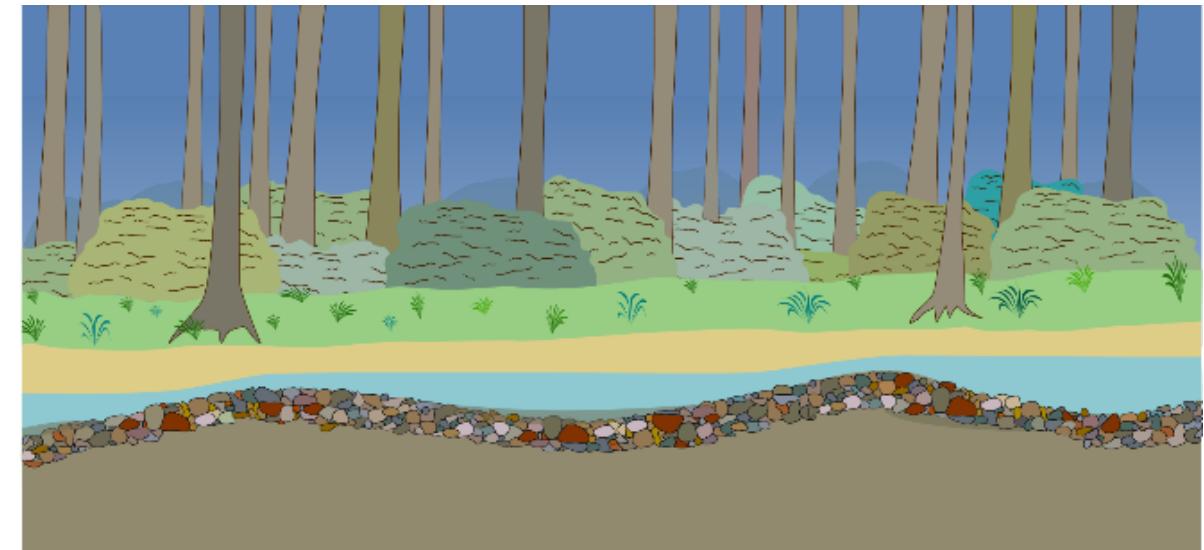
Roche mère à nu + sable ou gravier



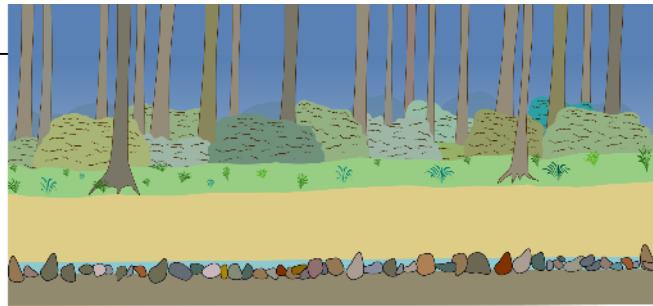
Roche mère à nu + sable gravier et un peu de bois mort

Quelles sont les causes ? Erosion régressive ou progressive ??? Ou pose-t-on les seuils et combien ?

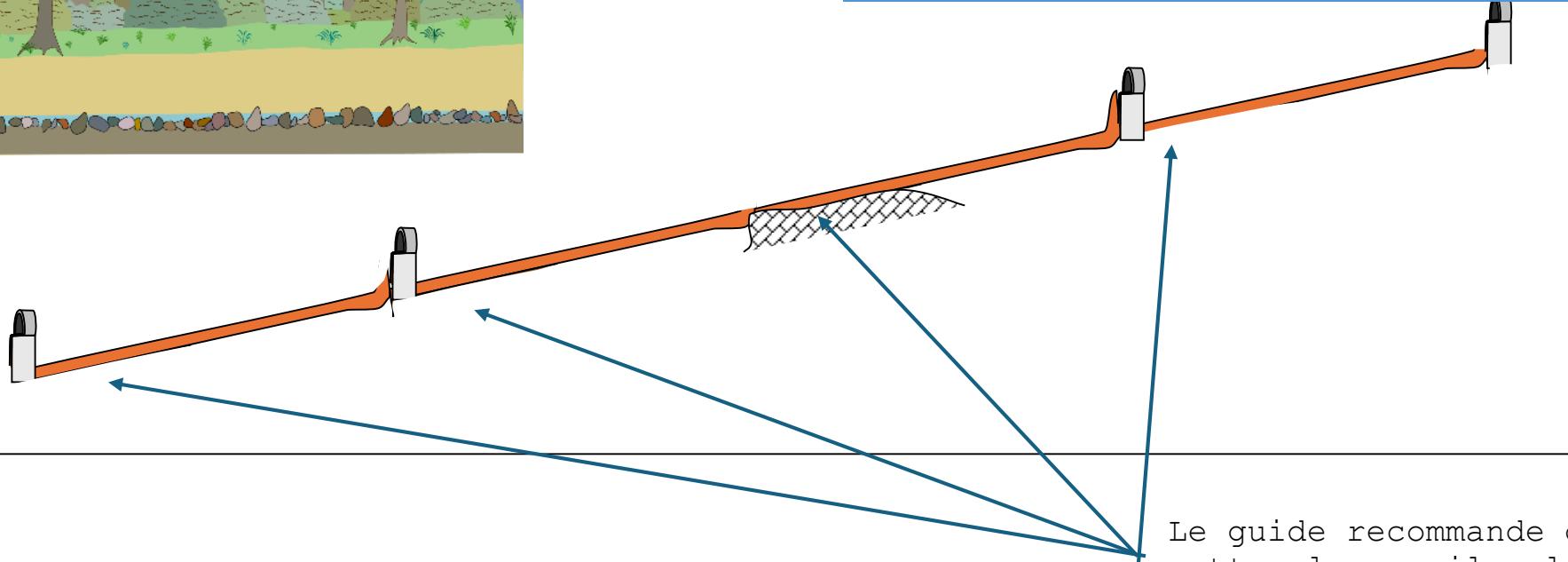
Cours d'eau de référence
Matelas hétérogène protégeant de l'incision



+ Fraction héritée + ou - mobilisable



Le blocage de l'incision résulte de quoi ?



D'un déficit de matériaux (charge grossière) :

D'une augmentation de la pente accélérant les vitesses (rectification) :

D'un agrandissement de gabarit augmentant les capacités de chargement :

D'un pincement excessif (digues) :

D'un ou plusieurs curages ayant ôté la fraction la plus grossière du matelas alluvial (pierres blocs ou gros bois) :

D'un effet combiné :

Le guide recommande de mettre les seuils plutôt en zone élargie et de dépôt pour favoriser le stockage de matériaux.



L'incision se fait à l'amont de ces zones de dépôt
Les seuils ne protègent pas de l'érosion progressive et vont même aggraver le déficit sédimentaire en aval (production « d'eau claire »)

D'une augmentation de la pente accélérant les vitesses (rectification) :

D'un agrandissement de gabarit augmentant les capacités de chargement :

Le blocage de l'incision résulte de quoi ?

L'allongement de la pente et la réduction du gabarit par seuils et reprise d'anciens tracés (anabranches ou tresses) est théoriquement possible si toutefois le régime actuel correspond encore à ce style fluvial (forte énergie et transport sédimentaire important).

Il faut donc que le BV amont et les terrasses alluviales soient peu végétalisées, que les terrasses soient riches en éléments grossiers facilement mobilisables.

Un Bassin très boisé fournit peu de sédiments grossiers, mais plus de bois mort.

Mais de nombreux aménagements peuvent bloquer ces sédiments grossiers en amont (barrages, étangs, seuils, noues, bassins de décantation, oh mal calés...).

Beaucoup de bois morts ne saurait compenser complètement une granulométrie grossière et étendue.

Si le transit sédimentaire venant de l'amont n'est pas excédentaire, il faut que les sédiments grossiers mobilisés dans les nouveaux chenaux compensent ceux qui seront piégés dans les retenues des seuils !

Attention : si les travaux anciens ou l'incision ont creusé une roche normalement peu érodable (marnes grés etc.), le remplacement par des alluvions ne remplira pas les mêmes fonctions...

Le blocage de l'incision résulte de quoi ?

D'une augmentation de la pente accélérant les vitesses (rectification) :

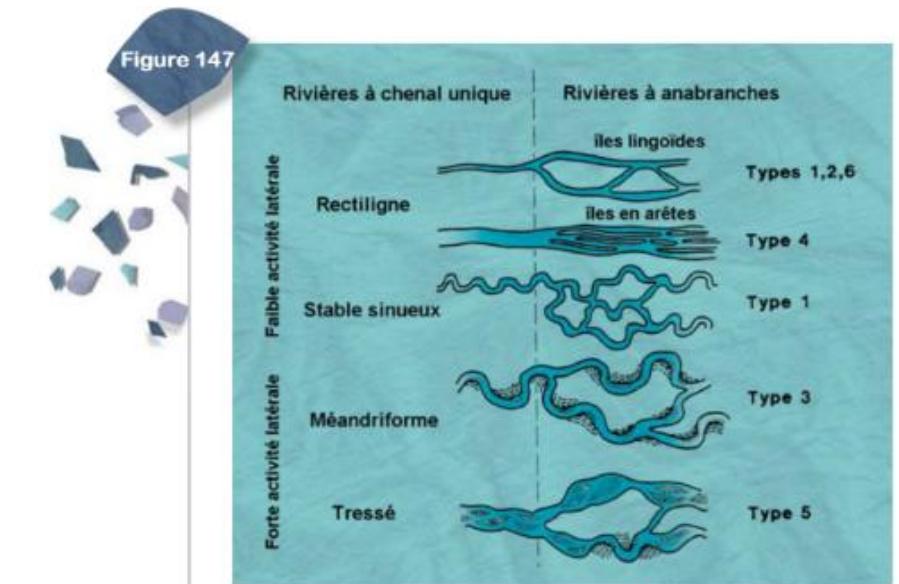
D'un agrandissement de gabarit augmentant les capacités de charriage :

Pour les cours d'eau anastamosés comme pour les cours d'eau à chenal unique (de type faible énergie) la pose de seuils paraît peu adaptée car ils vont piéger des sédiments fins (sables et limons, les volumes et superficies n'étant pas suffisantes pour décanter des argiles en lit mineur et le temps de décantation insuffisant pour obtenir des argiles compactes avec une tenue mécanique suffisante .

En plus les terrasses sont généralement peu riches en matériaux grossiers et ou peu mobilisables.
Le temps de remplissage des retenues devrait excéder la durée de vie des ouvrages bois.
Des crues d'occurrence fréquente démoliront les seuils et libéreront les sédiments fins stockés.

D'un ou plusieurs curages ayant ôté la fraction la plus grossière du matelas alluvial (pierres blocs et gros bois) :

Le remplissage par des retenues de seuil ne pourra se faire qu'avec des sédiments rapidement mobilisables. Ce n'est pas un pas de temps compatible avec la venue de sédiments très grossiers (colluvions) qui ne peuvent être transportés que par des crues extrêmement rares.



Les types de systèmes à anabanches (Nanson et Knighton, 1996).

Quelle solution à privilégier ?

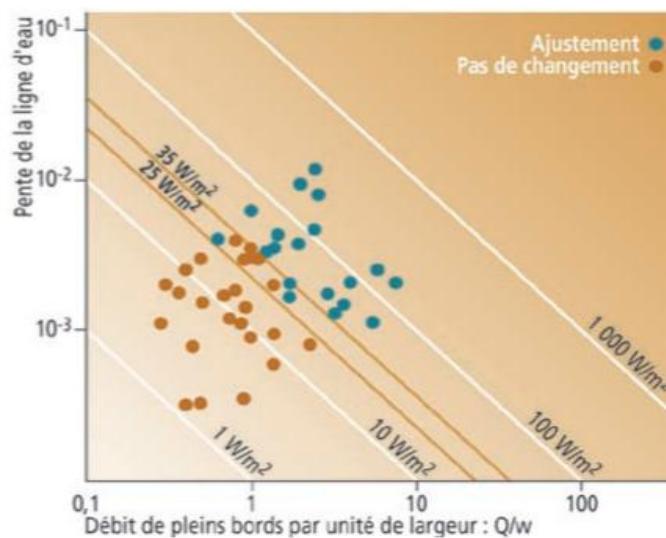
L' analyse du score d'efficience doit être complété par la durée des crues.

Le fleuve Loire a une énergie faible, mais des berges facilement érodables et des crues longues contrairement à beaucoup de ses affluents.

(Pour autant la remobilisation de ses sédiments de ses îles et de ses marges limite ou stoppe l'incision mais ne génère pas un aggravement permettant de retrouver son niveau de base).

Des puissances élevées apparaissent indispensables à une restauration passive.

Toujours supérieures à 35W, et à priori plus proche de 50 à 100W pour générer naturellement de nouveaux chenaux (tresses ou anabranches) sur des cours d'eau de faible rang.



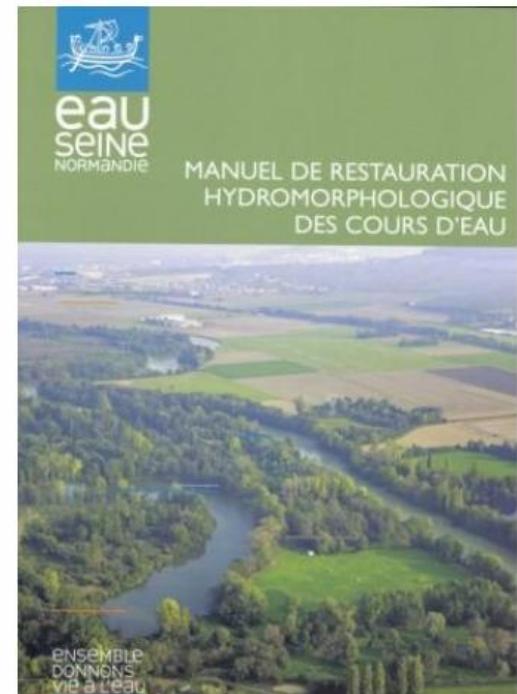
Les seuils de puissance spécifiques
[d'après Brookes, 1988 in Biotec, Malavoi J-R., 2007].

La puissance spécifique, exprimée en W/m^2 correspond au produit de la pente par le débit par la largeur du cours d'eau

Paramètre	Note	0	2.5	5	10
Puissance spécifique		< 10 W/m^2	10-30 W/m^2	30-100 W/m^2	> 100 W/m^2
Erodabilité des berges		Nulle	Faible	Moyenne	Forte
Potentiel d'apports solides		Nul	Faible	Moyen	Fort
Emprise disponible		1 largeur de lit	1 à 3 L	3 à 10 L	> 10 L
Qualité de l'eau		Mauvaise	Médiocre	Passable	Bonne

Score d'efficience probable des travaux : mini = 0, maxi = 50

Figure 13 : Variables permettant d'évaluer un « score d'efficience probable » de la restauration envisagée.



Estimer quelle part de sédiments va partir et quelle va être l'incidence sur les formes du lit mineur ?

Quelle solution à privilégier ?

TABLEAU II

Valeurs de débit de mise en mouvement (exprimé par rapport au débit à plein bord) et nombre de jours de charriage dans les rivières du massif ardennais

	N°	Taille (km ²)	Q _b (m ³ /s)	Référence Q _b (série partielle)	Q* de mise en mouvement (Q _{mm}) (m ³ /s)	Q _{mm} /Q _b	Référence Q _{mm} (série partielle)	Nombre de jours de charriage/an	Série d'observations hydrologiques	Référence
Rulles d'Anlier	1	16,2	1,3	0,40	1,05	0,80	0,35	19	1973-1980	Petit, 1987
Semois Membre	2	1 235	130	0,44	130	1	0,44	10,1	1980-2004	Gob <i>et al.</i> , 2005
Lesse Eprave	5	419	36	1,9	<Q _b	<1	—	—	—	Petit <i>et al.</i> , 1996
Lesse Villers/lesse	6	1 090	105	1,0	<Q _b	<1	—	—	—	Petit <i>et al.</i> , 1996
Lhomme Eprave	8	474	52	0,92	35	0,7	0,63	12	1969-1991	Petit <i>et al.</i> , 1996
Ourthe orientale	10	192	21	1,2	8,4	0,4	—	15	—	Petit <i>et al.</i> , 1996
Ourthe Hotton	11	940	85	0,61	81	0,95	0,55	5,2	1979-2005	—
Ourthe Durbuy	12	1 215	100	0,54	98	0,98	0,53	5,3	1997-2005	—
Ourthe Hamoir	13	1 607	160	1,10	120	0,75	0,52	6,3	1966-2005	—
Ourthe Sauheid	14	2 904	300	0,97	230	0,77	0,49	6,3	1980-2005	Petit <i>et al.</i> , 1996
Belleva	15	12,5	0,8	—	0,45	—	—	6	1972-1973	Mercenier, 1973
Mer	16	1,4	0,18	—	0,08	0,45	—	14	1972-1973	Mercenier, 1973
Aisne Juzaine	18	183	23,8	1,51	10,9	0,46	0,30	11	1975-2005	—
Chavanne Bra	19	12	2,9	—	1,3-1,7 ^(d)	0,45-0,6 ^(d)	—	—	2002-2005	—
Lienne Lorcé	20	146	21,3	0,66	9,4	0,44	0,30	16	1977-2005	—
Amblève Targnon	21	807	86	0,53	62	0,72	0,41	10,5	1998-2005	Houbrechts, 2005
Waïdage (1)	22	0,26	0,04 ^(b)	—	0,035	0,88	0,6 ^(e)	0,2	1989-1992	Assani et Petit, 1995
Waïdage (2)	22	0,26	0,04 ^(b)	—	0,025	0,63	0,2 ^(e)	2,0	1989-1992	Assani et Petit, 1995
Hoëgne Solwaster	—	19,4	—	—	3,12	—	0,26	8,6	1993-2005	—
Hoëgne Pepinster	23	189	36,8	1,0	17	0,46	0,34	8,3	1971-2005	—
Vesdre Pepinster	24	565 ^(a)	90	2,8 ^(c)	53	0,59	0,5	4,9	1992-2005	—
Wavelinse	25	4,3	0,2	—	0,15	0,75	—	11	1973-1975	Dave, 1975
Berwinne Dalhem	26	118	13,8	1,5	4	0,29	0,20	15,5	1967-2005	—
Gueule Sipenaken	27	121	12,5	0,9	8	0,64	0,35	4,1	1994-2005	—
Gueule Hommerich	28	144	14,2	0,9	10	0,70	0,45	3	1970-2005	—
Gueule Meersen	29	329	24	2,4	24	1	2,4	0,8	1970-2005	—

* Débit journalier. Les débits à plein bord de ces stations ont été publiés dans Petit et Pauquet (1997) et dans Petit *et al.* (2005).

Ru des Waïdages : (1) système avec embâcles, (2) système sans embâcles.

^(a) En aval de la confluence avec la Hoëgne.

^(b) Valeur du débit dont la récurrence est de 1 an.

^(c) Régime des débits influencé par des barrages écrêteurs.

^(d) Mobilisation dans le secteur en step-pool pour 0,45 Q_b mais, dans le secteur à méandres, la mobilisation ne débute que pour 0,6 Q_b.

^(e) Inverse du nombre d'événements atteints ou dépassés par an.

Le début du charriage démarre souvent à partir de 0,5QPB pour les petits CE

Importance de la taille des granulats, du classement, de la disponibilité.

Importance de la sinuosité, des variations de formes...

Quelle solution à privilégier ?

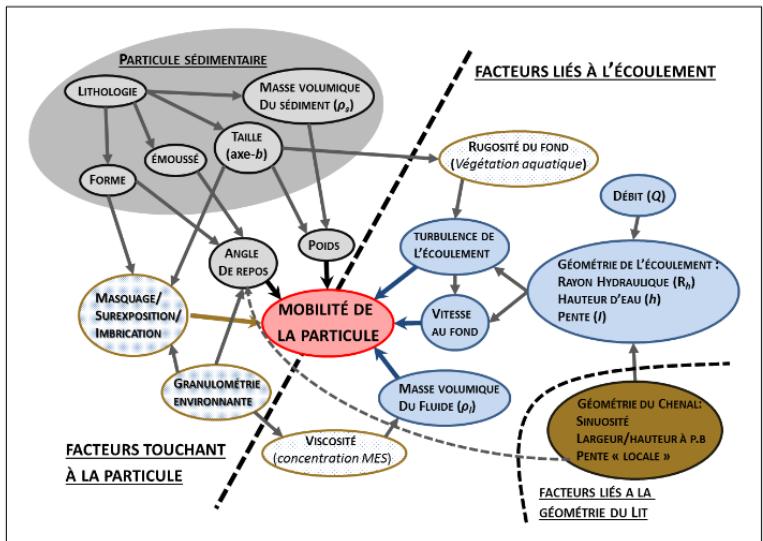
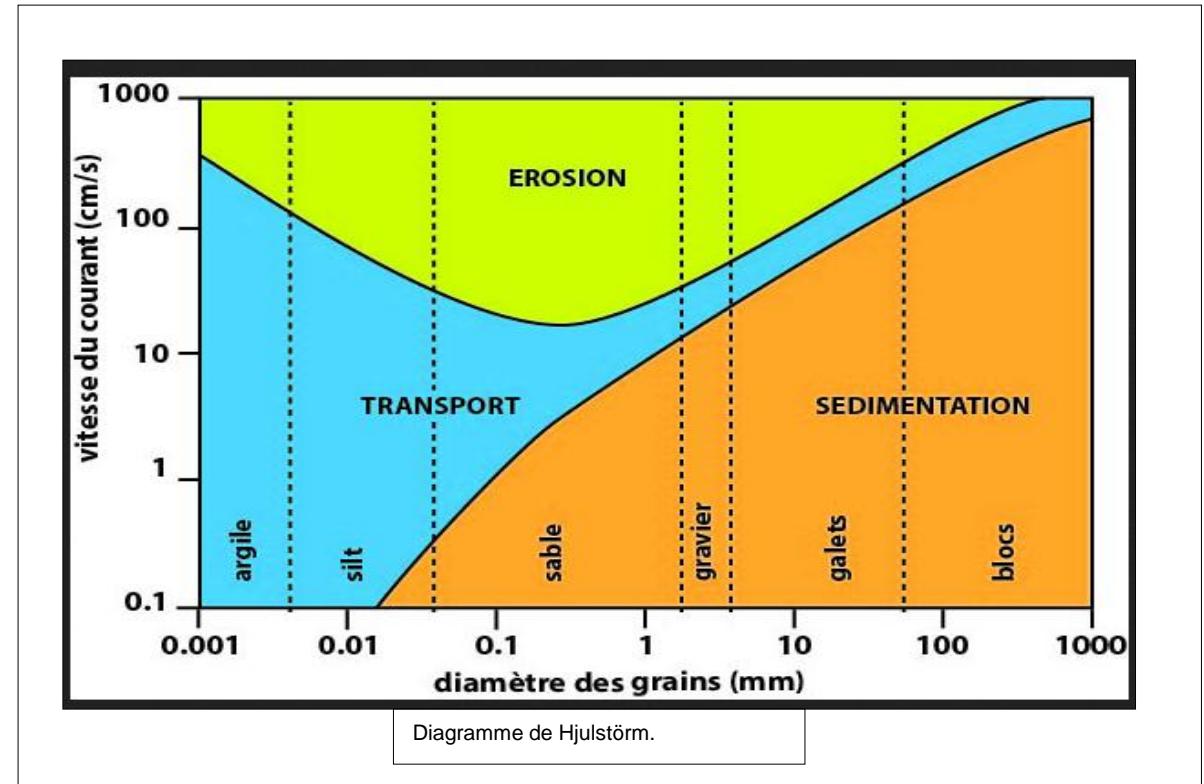
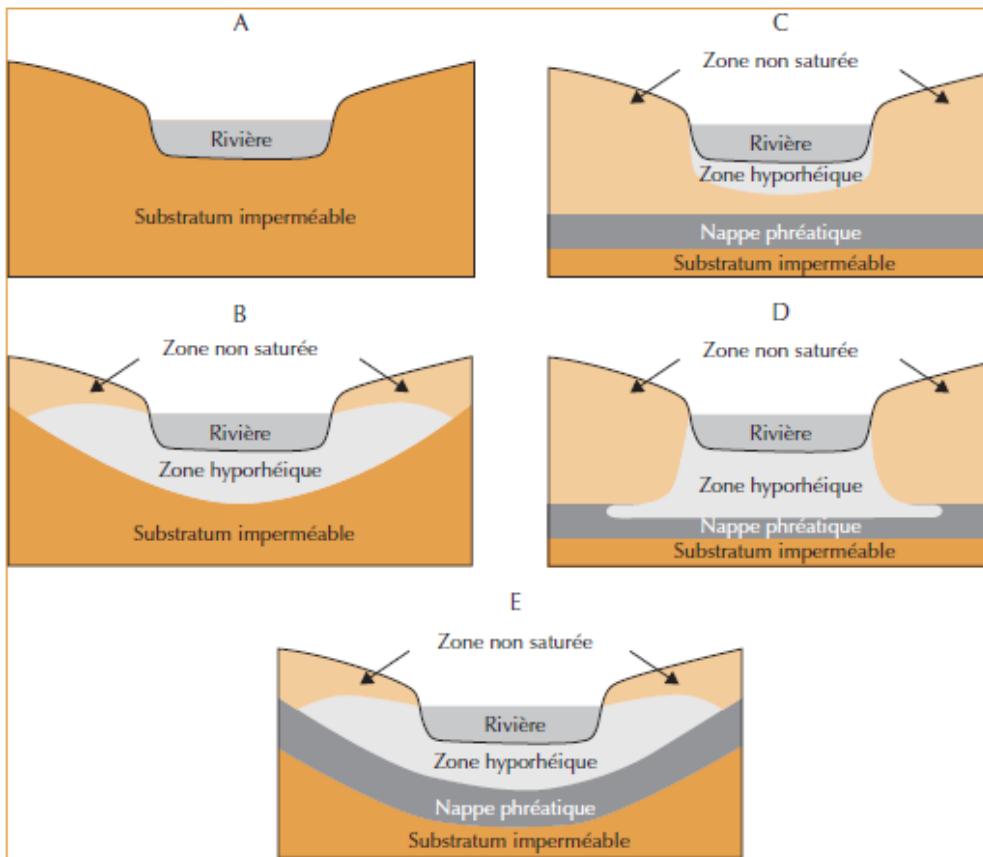


Figure 32. Facteurs qui influencent *in situ* la mise en mouvement et le déplacement d'une particule sédimentaire (modifié d'après Chapuis, 2012).

Vérifier la disponibilité des matériaux, la tenue mécanique des berges, la capacité de transport



Comprendre le fonctionnement des échanges cours d'eau - nappe

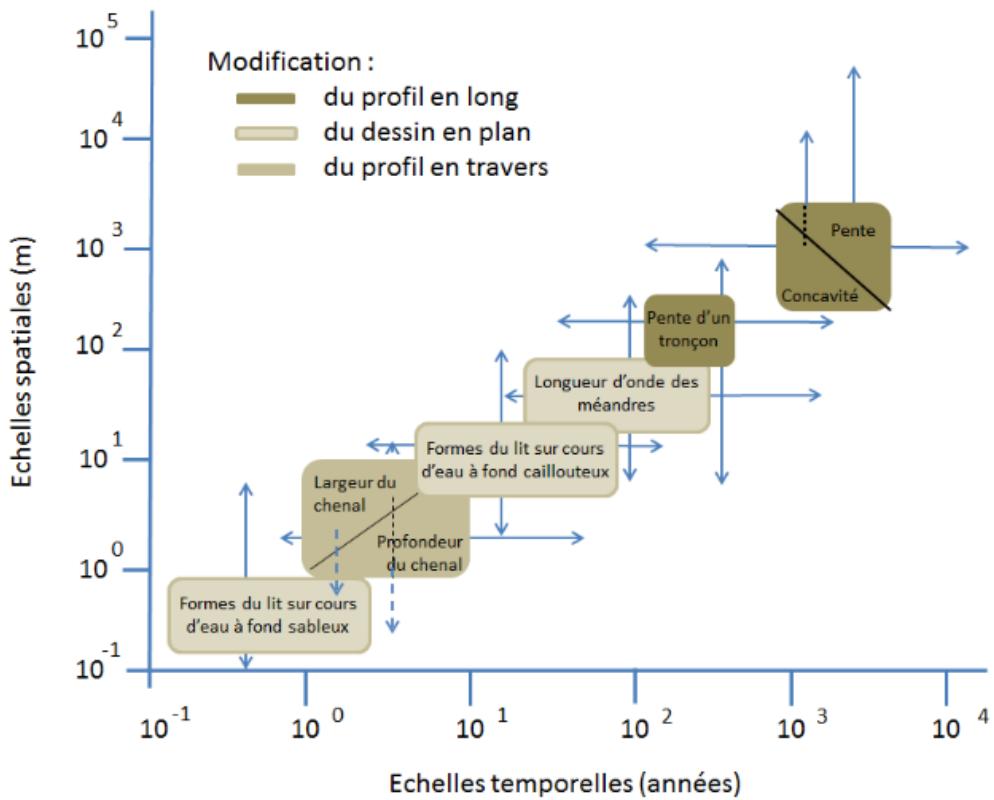


▲ Figure 1 – Les différents types de zone hyporhéique. Modifié d'après Malard et al. (2000).

Datry T. et Al., 2008, La zone hyporhéique une composante à ne pas négliger dans l'état des lieux et la restauration des cours d'eau.

Le Low tech : est-ce une restauration passive ???

Une question de temps



En absence de garantie de pérennité des travaux, il est prudent de veiller à respecter les processus d'ajustements naturels morphologiques classiques (notamment les longueurs de fosses et l'alternance des faciès d'écoulement).

Il suffit de reculer les échéances pour le Bon État Ecologique !



Figure 11 : Échelles spatiales et temporelles de l'ajustement des formes fluviales (d'après Knighton, 1984).

Le Low tech : est-ce une restauration passive ???

Un modèle économique et financier à redéfinir

Le linéaire de cours d'eau à restaurer permet-il d'utiliser cette technique ?

Nombre de techniciens mobilisés

1^{ère} année (1 PBR), construction + 2 visites de contrôle

2^{ème} année (2 PBR?) construction + 4 visites de contrôle

3^{ème} année, (3 PBR) construction + 6 visites de contrôle
+ éventuellement réfection du premier

4^{ème} année : grosse crue : réfection de tous les pbr ???

Travail en régie (financement de plus de fonctionnement et moins d'investissement)

Emploi de bénévoles (motivation long terme, sécurité au travail...)

Taux d'amortissement, aides financières ...

Bilan ? Moins de CO2 ? Plus de mal au dos ?

Faudra pas compter que sur nous !



Quelle énergie utiliser ?

- Un travailleur de force peut produire entre entre 10 et 100kw par an.
- Plusieurs journées de travail de terrassement à la pelle (pour 15t de matériaux) c'est environ 0,05kw
- Un homme 10w, une pelleteuse 100kw* !



Les plus puissants cours d'eau se réparent eux-mêmes.

Quelle dépense énergétique peut être mise en œuvre par les cours d'eau en optimisant la forme et les emplacements des structures bois, pour des cours d'eau de puissance moyenne ???

* Le monde sans fin p37 Jancovici, Blain 2021