Éléments techniques

pour la préservation des ruisseaux et de la continuité écologique

RETOUR D'EXPÉRIENCES DES PROGRAMMES LIFE

Ruisseaux de têtes de bassins et faune patrimoniale associée - 2004 / 2009

Continuité écologique, gestion de bassin-versant et faune patrimoniale associée - 2011 / 2017

LIFE10 NAT/FR/192

LIFE 04NAT/FR/000082

Coordination
Nicolas Galmiche - *Parc naturel régional du Morvan*
(édition originale de 2009 coordonnée par Pierre Durlet)

Rédaction
Sylvain Besson - *AFB*
Julien Bouchard - *AFB*
Éric Chaput - *ADAPEMONT*
Pierre Durlet - *PNRHJ*
Nicolas Galmiche - *PNRM*
Vincent Godreau - *ONF*
Carole Zakin - *PNRHJ*

Relecture
Philippe Baran - *ECOGEA*
Jean-Christophe Baudin - *AFB*
Bertrand Cotte - *ADAPEMONT*
Daniel Mazué - *ONF*
Olivier Meyer - *AFB*
Laurent Paris - *PNRM*
Vincent Pereira - *ONF*
Jean-Pierre Perrot - *ONF*
Caroline Vissant - *Région Bourgogne-Franche-Comté*
Clémence Weck - *PNRM*

Appuis scientifiques pour partie des actions
Université de Franche-Comté
AFB - Pôle d'Écohydraulique Toulouse
LIFE 03NAT/D/000003
LIFE 02NAT/B/008590

Remerciements
Les actions citées dans ce document
ont pu être réalisées grâce à la participation de :
Agences de l'Eau Seine-Normandie
et Rhône-Méditerranée-Corse
Agence Française pour la Biodiversité
Centre Régional de la Propriété Forestière
de Franche-Comté
Communauté de Communes des Coteaux
de la Haute Seille
Commune d'Avallon
Commune de Champeau-en-Morvan
Commune d'Écrille
DREAL de Bourgogne-Franche-Comté
EPLEFPA du Morvan – Château-Chinon
Région Bourgogne-Franche-Comté
Unisylva
Université de Franche-Comté

Merci également à toutes les communes
et tous les propriétaires privés nous ayant autorisé
à réaliser les travaux sur leurs terrains.

Illustrations
François Degiorgi - *Téléos Suisse*
Alexis Dervin - *Illustrateur*
BIOTEC
IRH

Crédits photographiques
Philippe Baffie
Olivier Bardet - *CBNBP*
Bertrand Barré - *ONF*
Pierre-Jean Berthelot
Séverine Bessard - *ONF*
Sylvain Besson - *AFB*
François Bontemps - *CCBM*
Julien Bouchard - *AFB*
Éric Chaput - *ADAPEMONT*
Thierry Clarte - t.clarte@balloide-photo.com
Bertrand Cotte - *ADAPEMONT*
Pierre Durlet - *PNRHJ*
FCBA
Hervé Gauche - *Ethic'Nature*
Sophie Giraud - *ONF*
Michaël Goguilly - *SIALIS*
Institut Géographique National
Éric Lucot - *Université de Franche-Comté*
Maryse Masson - *ONF*
Philippe Pagniez - *DREAL Bourgogne-Franche-Comté*
Laurent Paris - *PNRM*
Éric Pesme - *Bordeaux Métropole*
Carole Zakin - *PNRHJ*

Citation bibliographique
Galmiche N. coord. - 2017 - Éléments techniques pour
la préservation des ruisseaux et de la continuité
écologique. PNRM / PNRBV / ONF / ADAPEMONT / PNRHJ.
LIFE10 NAT/FR/192. 116 pages.

Ce document est destiné à une large diffusion.
Toute reproduction est libre, sauf à des fins
commerciales. Seule l'utilisation des photographies
et des schémas dans un autre cadre nécessite
l'autorisation préalable de leurs auteurs.

Conception graphique et réalisation
Fuglane - Dijon.
Document imprimé sur papier certifié PEFC.
Impression Imprim'vert.

Photographies de couverture

Ruisseau de Breuil (© Olivier Bardet)

Espèces, de haut en bas :
Lamproie de Planer – *Lampetra planeri*, Bloch, 1784. (© Laurent Paris)
Mulette épaisse – *Unio crassus*, Philipsson, 1788. (© Vincent Prié)
Moule perlière – *Margaritifera margaritifera*, Linné, 1758. (© Rémy Masson)
Chabot – *Cottus gobio*, Linné, 1758. (© Pierre Durlet)
Écrevisse à pieds blancs – *Austropotamobius pallipes*, Lereboullet, 1858. (© Rémy Masson)

Avant-propos

De 2004 à 2009, le Parc naturel régional du Morvan a porté le programme LIFE Nature "Ruisseaux de têtes de bassins et faune patrimoniale associée" et a mis en œuvre un ensemble d'actions expérimentales sur des petits cours d'eau de Bourgogne, depuis le Morvan jusqu'au Châtillonnais et en Franche-Comté, du Piémont vosgien à la Petite Montagne du Jura.
Suite au bilan très positif de ce premier LIFE, le Parc naturel régional du Morvan a souhaité réitérer l'expérience à travers un second LIFE, associé au Parc naturel régional des Ballons des Vosges.
Ainsi, de 2011 à 2017, le programme LIFE Nature "Continuité écologique, gestion de bassin-versant et faune patrimoniale associée" a mis en œuvre des actions de préservation et de restauration sur les rivières du Cousin et de la Cure pour le Morvan et sur le Plateau des mille étangs pour "Les Ballons des Vosges".
Le projet LIFE "Continuité écologique" s'est attaché à appliquer les expériences acquises lors du premier LIFE et à approfondir de nouvelles problématiques telles que la continuité écologique.

Dès la mise en place de ces programmes, les principales menaces pouvant altérer la fonctionnalité des cours d'eau avaient été identifiées :
1 - dégradation de l'habitat aquatique par les activités humaines (activités agricoles ou forestières),
2 - présence d'obstacles infranchissables sur le lit des cours d'eau, contrariant la continuité écologique.
3 - modification des régimes thermiques et hydrologiques en lien avec la multiplication d'étangs,
La gestion de l'eau passe par la protection et la conservation d'espèces qui sont des marqueurs fiables du bon fonctionnement des cours d'eau. Ainsi, plusieurs espèces tels que l'écrevisse à pieds blancs, la truite fario, la moule perlière, la mulette épaisse, le chabot de rivière ou la lamproie de Planer ont été visés et étudiés par les programmes.

Ce guide se propose de présenter de façon très concrète un ensemble d'expériences des programmes à partir de fiches détaillant les thèmes, puis les actions menées depuis leur mise en place jusqu'à l'estimation des coûts de mise en œuvre :
Étangs et ruisseaux de têtes de bassins
Gestion et exploitation forestière
Exploitation agricole et ruisseaux de tête de bassins
Restauration physique d'un ruisseau
Déplacements de la faune aquatique
Restauration de la continuité écologique, enjeux patrimoniaux et paysagers.

Je forme le vœu que ce recueil d'expériences soit un véritable outil à la disposition des gestionnaires et des collectivités locales pour mieux préserver ce patrimoine naturel commun, confronté à des menaces souvent insidieuses, dans le respect des enjeux paysagers, historiques et énergétiques.

Christian Guyot
Premier Vice-Président du Parc naturel régional du Morvan
Président du Comité de Pilotage du programme LIFE "Continuité écologique"

Ce guide est une ré-édition du guide "Éléments techniques pour la préservation des ruisseaux" (2009), revue et augmentée des expériences du LIFE "Continuité écologique" (2017).

Fondements scientifiques

Les ruisseaux de têtes de bassins offrent une diversité écologique plus importante que les autres types de cours d'eau. Torrents de montagne, ruisseaux de tourbière, petits affluents de rivière de plaine, émergences karstiques (...), possèdent pourtant un commun essentiel : leurs peuplements affichent de faibles richesses taxonomiques, mais comportent de nombreuses espèces exigeantes dont la variété dépend fortement du contexte géologique, climatique et pédologique...

Parallèlement, l'histoire de la surveillance et de la gestion des eaux par bassin a fait que les points d'étude et de contrôle de qualité installés depuis les années 1960, sur le réseau hydrographique français, se situent à l'exutoire plutôt qu'aux sources. Pour ces deux raisons, le fonctionnement écologique des têtes de bassins est insuffisamment connu. Ainsi, les outils d'analyse de la qualité globale des milieux aquatiques ont-ils été forgés pour des cours d'eau de dimensions plus importantes, et en particulier pour les rivières assez larges et moyennement profondes. Corrélativement, il n'existe guère de chroniques de mesures biologiques ou chimiques pour les petits cours d'eau apicaux.

Dans ce contexte, les atteintes que les activités anthropiques modernes leur ont fait subir sont longtemps passées inaperçues. Les recensements des bioindicateurs sensibles comme l'Écrevisse à pieds blancs, en montrant leur régression en peau de chagrin, ont signalé à la fois le rôle de refuge des têtes de bassins et la vulnérabilité particulière de ces petits systèmes en butte à des agressions qui s'étendent ou se cumulent suivant une progression continue.

Les études fonctionnelles qui ont été menées sur ces phénomènes de régression ont également mis en évidence la nécessité d'agir sur le milieu et non sur les espèces. Les écrevisses, les moules perlières ou certains poissons doivent en effet être considérés comme des "primes à la qualité des systèmes" (Verneaux J.). Le programme du LIFE "Ruisseaux" a été bâti en partant de cet état des lieux et en tenant compte de ces principes. Cette même démarche a été poursuivie dans le programme Life "Continuité écologique". En outre, étant donné le déficit de connaissances sur ces petits systèmes et sur leur faune associée, les actions ont été conçues en suivant une démarche rationnelle d'ensemble (cf. page suivante).

En premier lieu, un diagnostic opérationnel préalable effectué à l'aide de protocoles d'étude standard est indispensable pour déterminer la nature et le degré des altérations qui affectent le biotope des espèces indicatrices. L'analyse des causes de perturbation permet ensuite de proposer un système d'opérations hiérarchisées et articulées ciblant les mécanismes d'altérations identifiés. La connaissance de la dynamique des systèmes et des exigences des espèces fondent ensuite le dimensionnement des aménagements. L'efficacité de cette stratégie est assurée et renforcée par la coordination entre les concepteurs et les aménageurs. Elle devra être vérifiée par un suivi pluriannuel effectué à l'aide d'une partie au moins des analyses standard utilisées pour dresser l'état initial. Ces études sont nécessaires pour valider réellement puis modifier ou transférer les méthodes de restauration. Elles permettront aussi de renforcer les connaissances sur l'écologie des espèces indicatrices ainsi que sur le fonctionnement de ces cours d'eau de têtes de bassin.

L'ensemble de la démarche a d'ailleurs permis de renforcer ces connaissances, tout en promouvant des approches de gestion et d'aménagement originales. Toutefois, dans un souci de clarté et de pédagogie, les techniques de protection et de restauration présentées dans ce guide sont énoncées indépendamment les unes des autres, souvent de façon simplifiée et sans toujours faire appel aux résultats des études d'état initial menées sur chaque site. Aussi, dans ce préambule, nous est-il paru judicieux d'insister sur la nécessité de suivre, pour garantir des restaurations efficaces, la démarche intégrée allant du diagnostic au suivi en passant par l'élaboration et la mise en œuvre, en équipe, d'une stratégie globale d'actions coordonnées.

Présentation schématique d'une démarche pour garantir l'efficacité des actions de restauration et de gestion des milieux aquatiques.

1 – Diagnostic opérationnel

Mesures des **écarts entre situation observée et potentiels écologiques** optimaux au moyen d'analyses **standard** des **biocénoses** puis du milieu.
Identification des degrés et **mécanismes d'altérations.**
Recherche des **causes premières** (activités polluantes ou/et aménagements déstructurants).

2 – Plan rationnel de traitement des causes

Définition des objectifs : retour à un état de référence ou restauration de fonctions écologiques permettant la survie et le développement des espèces indicatrices.
Autant que possible **suppression** des causes de perturbations et remise en état par **redynamisation** (spontanée ou encouragée).
Si impossible, **réaménagement et/ou traitements** suivant une **stratégie globale** articulant des opérations techniques adaptées.
Dans ce cas, dimensionnement des aménagements basé sur la connaissance de la dynamique des systèmes et des exigences écologiques des espèces indicatrices.

3 – Mise en œuvre

Concertation préalable avec l'ensemble des gestionnaires et utilisateurs.
Recherche de finances suffisantes pour dépasser les seuils critiques d'efficacité.
Programmation en fonction de la vulnérabilité des milieux et du cycle des espèces.
Constitution d'une équipe multidisciplinaire pour la conduite des travaux.
Soin particulier pour transposer le projet sur le terrain.
Piquetage avec les concepteurs, échanges entre concepteurs et réalisateurs…

4 – Suivi de l'efficacité

Répétition d'une partie au moins des analyses standard 3, 6 et 9 ans après actions :
• *si la restauration des fonctions écologiques n'est pas nette* : analyse critique des projets de la conception à la mise en œuvre ;
• *si la restauration des fonctions écologiques est effective mais que la reconquête biologique est lente* : recherche d'autres causes d'altérations (non décelées ou nouvelles), réflexion sur la durée des cycles de vie des espèces et sur la connectivité à plus grande échelle ;
• *si la reconquête biologique est nette et avérée :* protection des milieux et populations restaurés.
Transferts des enseignements.

Ces fondements ont guidés les réflexions :

– du comité scientifique du LIFE "Ruisseaux" :
François Degiorgi, Université de Franche-Comté ;
Jean-Paul Vergon, Attaché à l'Université de Franche-Comté ;
Laurent Paris, Parc naturel régional du Morvan ;
Vincent Godreau, Direction Territoriale ONF Bourgogne-Champagne-Ardenne ;
Pierre Durlet, Parc naturel régional du Morvan.

– du comité scientifique et technique du LIFE «continuité écologique» :
Anne Laure Borderelle, Agence Française de la Biodiversité ;
Claude Michel, Parc naturel régional des Ballons des Vosges ;
François Huger, Agence Française de la Biodiversité ;
Jean-Paul Vergon, Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel de Franche-Comté ;
Julien Bouchard, Agence Française de la Biodiversité ;
Laurent Paris, Parc naturel régional du Morvan ;
Mathieu MOES, Agence de l'eau Seine Normandie ;
Nadège Van Lierde, Parc naturel régional des Ballons des Vosges ;
Nicolas Galmiche, Parc naturel régional du Morvan ;
Pierre Durlet, Parc naturel régional du Haut Jura ;
Vincent Godreau, Direction Territoriale ONF Bourgogne-Champagne-Ardenne ;
Et toutes les personnes ressources…

Sommaire

07 Étangs et ruisseaux de têtes de bassins

11 Gestion des sédiments à la vidange d'un étang
14 Pose d'un moine hydraulique
18 Aménagement d'un chenal de contournement
20 Mise en assec d'un réseau d'étangs

24 Gestion et exploitation forestière

28 Conversion des peuplements rivulaires allochtones
33 Méthodes alternatives d'exploitation forestière sur sols peu portants
36 Ouvrages de franchissement des cours d'eau

43 Exploitation agricole et ruisseaux de têtes de bassins

47 Protection des berges et restauration de la ripisylve
53 Franchissements agricoles
56 Diversification du lit mineur
59 Restauration hydromorphologique et création d'un bras digesteur de M.E.S.

62 Restauration physique d'un ruisseau

66 Création d'un nouveau lit
70 Restauration des échanges ruisseau / nappe par reméandrement
73 Restauration et diversification physique d'un ruisseau

78 Déplacements de la faune aquatique

84 Mise en place d'une passe adaptée aux petites espèces piscicoles sur seuil existant
88 Aménagements de buses ou de dalots

95 Restauration de la continuité écologique, enjeux patrimoniaux et paysagers

102 Déraser un seuil, à la main, en milieu sensible
104 Araser un seuil et maintenir le canal d'amené en eau
107 Réaliser une échancrure sur un seuil
109 Conception de passe à poissons
114 Création d'une maquette hydraulique

Étangs et ruisseaux **de têtes de bassins**

CONTEXTE GÉNÉRAL

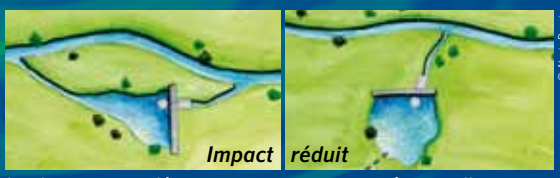
Les plans d'eau des reliefs de Bourgogne et de Franche-Comté sont presque tous d'origine artificielle. De fait ils perturbent le fonctionnement naturel des ruisseaux. Seuls quelques lacs du massif du Jura sont des témoins des anciens épisodes glaciaires.

Les premiers étangs ont été créés dès le Moyen-Âge à des fins de production alimentaire ou d'énergie, notamment pour le flottage du bois ou l'alimentation des moulins.

Depuis le milieu du XXème siècle, l'usage des plans d'eau s'est progressivement orienté vers les activités de loisirs.

La nature et l'importance des impacts liés aux plans d'eau dépendent de plusieurs facteurs : l'implantation par rapport au cours d'eau et la surface de l'eau libre.

Implantation en barrage, pas de moine ni de pêcherie efficace.



Implantation en dérivation ou sur source, présence d'un moine et d'une pêcherie.

© Alexis Dervin

En période estivale, la surface d'eau stagnante se réchauffe plus que l'eau courante.

PROBLÉMATIQUE **1**

IMPACT SUR LA TEMPÉRATURE ESTIVALE DE L'EAU

▶ DESCRIPTION GÉNÉRALE

La couche superficielle de l'eau d'un étang offre une surface de contact avec l'atmosphère beaucoup plus importante que dans le ruisseau. L'eau ainsi réchauffée est plus légère, il n'y a plus de brassage avec la couche profonde. Le facteur de réchauffement est donc accéléré. En fonction du système de restitution utilisé, l'eau repartant dans le ruisseau peut être nettement plus chaude que celle entrant dans l'étang.

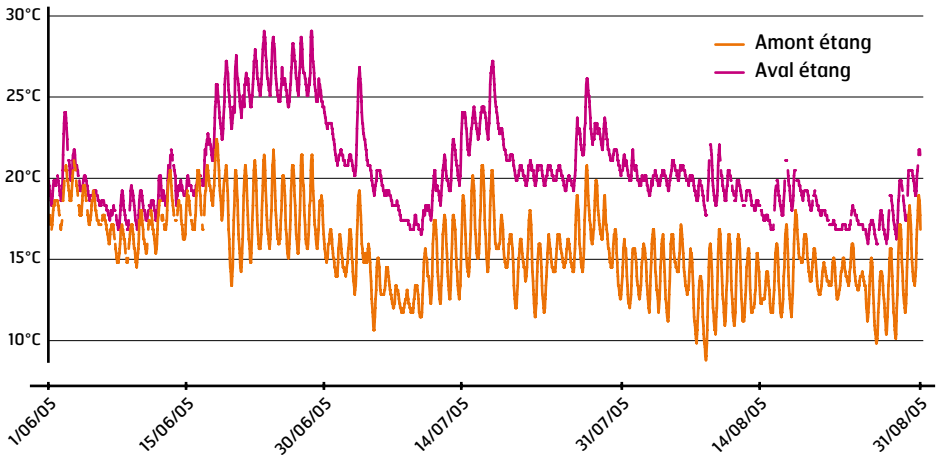
▶ COMMENT LE DIAGNOSTIQUER

L'impact thermique de l'étang peut varier en fonction de nombreux paramètres. Il est donc important de le quantifier avant d'agir. La pose de sondes thermiques enregistreuses sur les ruisseaux afférents et en aval de l'étang est la manière la plus efficace de déterminer l'influence du plan d'eau.

▶ EXEMPLES DES LIFE

Le cas de l'étang de Champeau (21) en 2005 : 30 hectares, 850 mètres de long, 550 mètres d'altitude, 3 mètres de profondeur maximum.
Temps de séjour de l'eau en période estivale : environ 24 heures

Évolution horaire de la température de l'eau



Le suivi horaire de la température de l'eau du Cousin montre un net réchauffement lors de la traversée de l'étang, durant les périodes les plus chaudes de l'année. Durant cette période, on enregistre un réchauffement pouvant atteindre 10°C.

PROBLÉMATIQUE **2**

IMPACT SUR LA QUANTITÉ D'EAU

▶ DESCRIPTION GÉNÉRALE

La surface en eau plus importante que constitue l'étang favorise grandement l'évaporation. Ce phénomène est influencé par différents facteurs (température, vent...) et peut donc varier de manière notable. Cette évaporation représente une perte d'eau conséquente pour le ruisseau à l'aval du plan d'eau.

▶ COMMENT LE DIAGNOSTIQUER

Des campagnes de jaugeage des débits, sur les alimentations de l'étang et à l'aval permettent de comparer les débits entrant et sortant.

▶ EXEMPLES DES LIFE

Suivi des **débits des ruisseaux en contact avec l'étang de Champeau :**

MESURES LE 30 SEPTEMBRE 2005 DONNÉES DIREN BOURGOGNE	
Cousin amont	10,1 l/s
Affluent rive gauche	1,4 l/s
Total entrant	11,5 l/s
Total sortant	9,0 l/s
Différence (sortant–entrant)	-2,5 l/s
Ratio de perte	**22 %**

Le bilan hydrologique réalisé lors de ces mesures met en évidence une perte de 22 % du débit entrant lors de la traversée du plan d'eau. Cette perte liée à l'évaporation est sous-estimée, l'étang étant lui-même alimenté par des sources, complétant le débit des ruisseaux afférents et non prises en compte dans ce calcul.

PROBLÉMATIQUE **3**

IMPACT SUR LA CIRCULATION BIOLOGIQUE ET LE FLUX SOLIDE

▶ DESCRIPTION GÉNÉRALE

Lors de l'implantation en barrage, la digue, mais aussi l'étang en lui-même, constitue un obstacle à la circulation de la faune aquatique, aussi bien à la montaison qu'à la dévalaison.
Les plans d'eau vont également piéger l'ensemble du flux sédimentaire des ruisseaux (10 à 40 tonnes/km² de bassin versant selon les régions de plaine et de moyenne montagne en France). On observera ainsi un déficit en matériaux grossiers à l'aval pouvant aboutir à une induration des substrats minéraux, impactant ainsi les zones de frayères.

La qualité de l'eau, dans l'étang et à l'aval, peut constituer un frein à l'accès des ouvrages de franchissements prévus pour restaurer la circulation de la faune aquatique.

▶ EXEMPLES DES LIFE

De 2003 à 2008, 825 kilomètres de ruisseaux ont été parcourus pour **recenser les obstacles à la circulation de la faune aquatique.** Les étangs représentent 20 % des 701 obstacles infranchissables observés.

Les digues d'étangs constituent des obstacles pour les espèces aquatiques, mais aussi un piège au flux sédimentaire.

PROBLÉMATIQUE **4**

INTRODUCTION D'ESPÈCES INDÉSIRABLES

▶ DESCRIPTION GÉNÉRALE

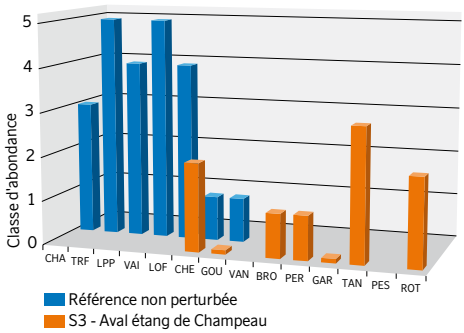
Les étangs sont souvent sources d'introduction d'espèces de poissons d'eau stagnante, à des fins halieutiques. Malgré les précautions réglementaires (pose de grilles...), ces espèces se retrouvent souvent dans le cours d'eau à l'aval ou à l'amont du plan d'eau, pouvant créer un déséquilibre parmi les populations piscicoles en place. Les modifications, notamment thermiques, que l'étang génère sur le ruisseau favorisent l'implantation de ces espèces. Les étangs sont également très souvent le lieu d'introduction des écrevisses invasives.

▶ EXEMPLES DES LIFE

Les inventaires piscicoles réalisés sur le Cousin mettent clairement en évidence l'influence de l'étang de Champeau sur le peuplement piscicole du cours d'eau.

En orange, le peuplement piscicole observé sur la station à l'aval de l'étang de Champeau, comparé à une référence théorique pour un milieu non perturbé, **en bleu**, selon le type écologique(Verneaux, 1973).

On observe un très net glissement du peuplement vers celui caractéristique d'un niveau typologique beaucoup plus aval, avec disparition de la Truite (TRF), du Chabot (CHA) et de la Lamproie de Planer (LPP).



AMÉNAGEMENTS PROPOSÉS

Plusieurs aménagements testés dans le cadre des programmes LIFE permettent de répondre pour tout ou partie aux dysfonctionnements créés par un plan d'eau. Chacun de ces aménagements est détaillé dans les fiches ci-après.

PROBLÉMATIQUES	1	2	3	4
Gestion des sédiments à la vidange d'un étang			X	
Pose d'un moine hydraulique	X	(X)		
Aménagement d'un chenal de contournement	X	X	(X)	
Suppression du plan d'eau	X	X	X	X

Documents utiles

• *Diagnostic piscicole du Cousin. État initial avant travaux de restauration.* BARAN P. – 2005 – Rapport technique CSP/PNRM ; LIFE04NAT/FR/000082. 32 p.
• *Bilan écologique après travaux du Cousin en amont de Saint-Agnan. Impact sur les stations à Moules perlières du Cousin.* FIRMIGNAC F., LAGARRIGUE T., LASCAUX J.M. – 2009 – Rapport technique ECOGEA/PNRM ; LIFE 04NAT/FR/000082. 87 p.
• Cours d'eau de Franche-Comté (Massif du Jura). Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs. VERNEAUX J. – 1973 – Thèse d'Etat Univ. Fr. Comté, Besançon, 257 p.
• Film : Les étangs, un juste équilibre entre patrimoine et biodiversité sur www.life-continuite-ecologique.eu

AMÉNAGEMENT

GESTION DES SÉDIMENTS **À LA VIDANGE D'UN ÉTANG**

La vidange d'un étang est une étape préalable, incontournable, pour tous aménagements. Même si le déroulement d'une mise en assec est particulier à chaque plan d'eau, le problème majeur restera la gestion du départ de sédiment dans le ruisseau récepteur.

INTÉRÊT

La vidange de l'étang consiste à faire baisser le niveau d'eau de façon progressive. Les systèmes de vidange équipant les plans d'eau présentent des caractéristiques plus ou moins impactantes par rapport à la qualité du milieu aquatique en aval :

MISE EN ŒUVRE

Lors de la vidange, les matériaux accumulés sont remis en suspension et entraînés vers le ruisseau. Afin de limiter ce départ, il est important de stabiliser au maximum les sédiments avant la vidange. Pour cela il peut être intéressant de prévoir un abaissement du niveau d'eau en deux temps. Cela n'est possible que pour un vannage constitué d'un rideau de planches que l'on peut enlever de manière successive.

Vidange haute
gérée par un rideau de planche

AVANTAGES :

- pas ou peu de risques d'évacuer les matières en suspension issues des dépôts de vase dans le fond – sauf lors de l'enlèvement de la dernière planche,
- pêche du poisson plus facile à gérer,
- baisse progressive du plan d'eau possible.

INCONVÉNIENT :

- départ brusque de sédiments lors de l'enlèvement de la dernière planche.

Vidange basse
gérée par une vanne de fond

AVANTAGE :

- contrôle du débit sortant plus simple et plus linéaire.

INCONVÉNIENTS :

- départ de matières en suspension pendant toute la période de vidange,
- gestion de la pêche plus difficile.

La première étape, si possible printanière, permettra d'assécher une part importante du fond de l'étang pendant une saison de végétation. Les vases découvertes seront donc stabilisées par la végétation lors de la vidange définitive.
La seconde étape, se fera préférentiellement durant l'automne, en période froide, pour éviter de restituer une eau trop chaude au cours d'eau et limiter les risques de mortalité du poisson lors de la pêche. On veillera toutefois à éviter la période de fraie de la Truite fario.
La remise en suspension des sédiments cause une détérioration de la qualité de l'eau en consommant de l'oxygène dissous, en relarguant divers polluants potentiellement accumulés dans l'étang et à terme en colmatant le ruisseau aval. Des conditions hydrologiques moyennes permettront de mieux diluer un éventuel départ de vases.

Bien que généralement brève, la vidange des derniers mètres cube est la période de risque maximum pour la qualité de l'eau et les peuplements faunistiques à l'aval. L'essentiel des efforts de prévention, de surveillance et d'intervention porte donc sur cette étape cruciale de la vidange.
Dans le cas d'un étang très envasé, un dragage préventif et la mise en place de piège à sédiments pourront diminuer la quantité de matières fines relarguées.
Il est aussi important de prévoir des dispositifs de filtration de boues efficaces, à l'aval de l'étang.

▶ EXEMPLES DES LIFE

Lorsque qu'un étang est fortement envasé et que les organes de vidange ne sont plus manœuvrables il peut être envisagé de faire un désenvasement par aspiration. Cette méthode permet un résultat immédiat. Cette opération a été testée sur l'étang de Chailloux (3,5 Ha, Champeau-en-Morvan, 21), à l'aide d'une barge amphibie muni de sa pompe aspiratrice. Le débit de la pompe est de 10 à 40 m^3/h selon le type de matière à extraire. Grâce aux tuyaux adaptés en sortie de pompe, la boue a été stockée dans des bassins de décantations créés à cet effet.

▶ EXEMPLES DES LIFE

Concernant les systèmes de filtres aval, un double rideau de grilles avec de la paille intercalée a été mis en œuvre sur l'étang de Champeau et l'étang de Chailloux (29 Ha et 3,5 Ha, Champeau-en-Morvan, 21). Ce système est beaucoup plus efficace que l'utilisation de simple ballot de paille. La boue, prisonnière de ces bassins de décantation, peut alors être évacuée par un camion hydro-cureur ou une pelle. On préféra l'utilisation de la pelle s'il y a une possibilité de régalage sur place, qui présente de loin le meilleur rapport coût/efficacité.

Enfin un système de bassins de décantation a été testé à l'étang Morin (17 Ha, Champeau-en-Morvan, 21) avec une installation de deux barrages en pierres plates et de tubes PEHD. La mise en œuvre est plus coûteuse, dépend de l'emprise disponible mais est également très efficace.

COÛTS DES LIFE

- Pompage des boues de l'étang de 1600 m³ sur une barge amphibie : 10 066 € HT
- Mise en place d'un filtre à paille à double rideaux de grilles d'environ 5 m linéaire : 305 € HT
- Mise en place de deux bassins de décantation en pierre de 3 * 10 m : 1 400 € HT
- Curage des boues dans le filtre par un camion hydro-cureur : 1 600 € HT
- Curage des boues dans le filtre avec une mini pelle et régalage sur place : 200 € HT.

Pour les indications de prix des deux types curages, il n'y a pas d'indication de volume, mais on peut considérer qu'ils sont à volume équivalent.

AMÉNAGEMENT

POSE D'UN **MOINE HYDRAULIQUE**

Le moine hydraulique est un système de vidange permettant de prélever l'eau du plan d'eau en profondeur et de contrôler sa vidange par l'enlèvement successif de planches.

INTÉRÊT

Diminution du réchauffement lié au plan d'eau

Lors des périodes chaudes, une stratification thermique se met en place dans le plan d'eau. L'eau chaude, plus légère, se situe en surface et l'eau froide au fond. De plus, les variations nycthémérales de la température extérieure se font ressentir sur les centimètres superficiels du plan d'eau. C'est cette eau qui est classiquement restituée au cours d'eau par les surverses. La prise de fond du moine permet de restituer cette eau plus fraiche et avec une variation de température restreinte.

Garantie du débit réservé

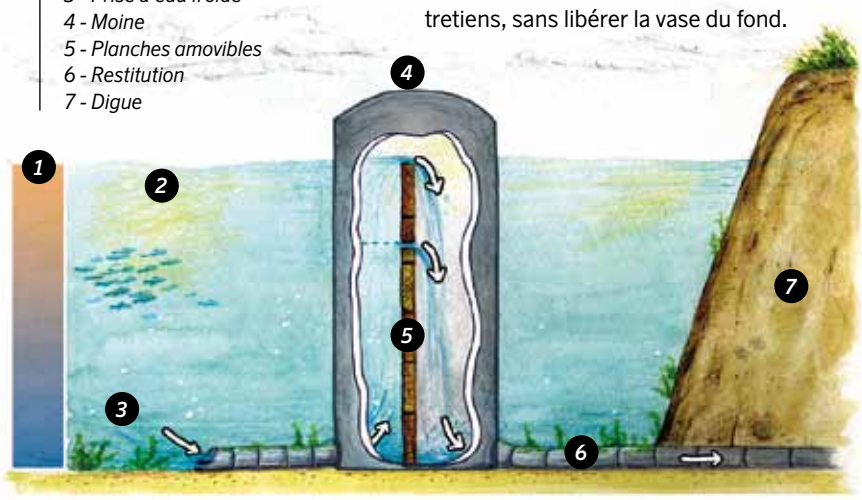
En ménageant un trou de diamètre adapté, à environ un mètre sous la hauteur maximale de l'eau, cela permet de garantir un débit réservé à l'aval du plan d'eau, même si l'évaporation désamorce la surverse.

Meilleur contrôle de la vidange et diminution du départ de particules fines

Avec un moine, la baisse du niveau de l'étang, lors de la vidange se fait progressivement, en retirant successivement les planches supérieures. Il est donc possible de vider de manière quasi-totale le plan d'eau, de manière à pouvoir réaliser la pêche, le curage ou les travaux d'entretiens, sans libérer la vase du fond.

Coupe d'une vidange d'étang équipé d'un moine

1 - Gradient thermique de l'eau
2 - Réchauffement superficiel
3 - Prise d'eau froide
4 - Moine
5 - Planches amovibles
6 - Restitution
7 - Digue



MISE EN PLACE

Éléments techniques importants pour le gestionnaire

Le calage du moine doit permettre de désamorcer la surverse en période chaude. Celle-ci n'a plus qu'un rôle de sécurité en période de hautes eaux.
Afin de garantir un débit réservé à l'aval du plan d'eau, il est utile de percer une des planches, environ 1 mètre sous le niveau du plan d'eau, qui garantira un écoulement minimum, même si le moine se désamorce à cause de la baisse du niveau d'eau. Le diamètre de ce trou est fonction du débit réservé souhaité.

Le débit transitant dans un trou d'une planche d'un moine est :

$$Q = \rho S \sqrt{2gh}$$

Le diamètre du trou nécessaire pour faire transiter un débit donné est :

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi\rho\sqrt{2gh}}}$$

D = Diamètre du trou en m
Q = Débit réservé en m^3/s
ρ = coefficient de contraction, dans notre cas 0,61
S = section du trou en m^2
g = 9,81 ms^{-2}
h = hauteur de la colonne d'eau au-dessus du centre du trou

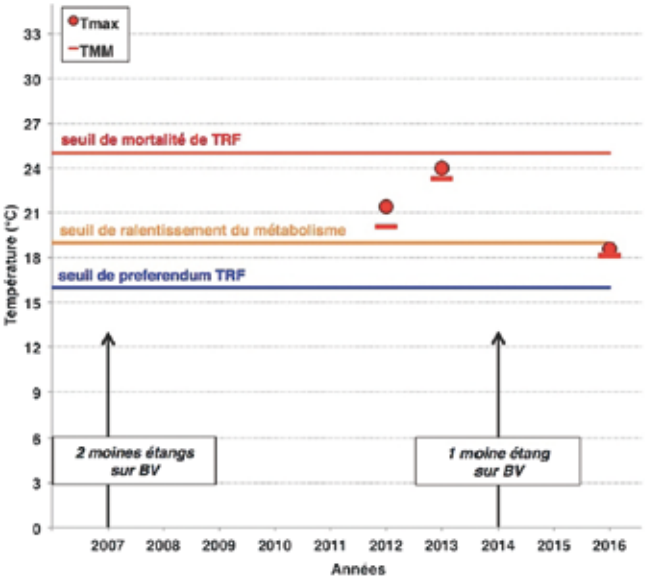
Éléments réglementaires

La transformation du système de vidange d'un étang ne nécessite pas d'autorisation réglementaire, à partir du moment où le débit réservé est respecté. Par contre, l'installation d'un moine hydraulique nécessite une vidange du plan d'eau qui est encadrée par la loi sur l'eau.

C'est la surface du trou qui importe.
Si pour des questions de solidité de la planche, on souhaite multiplier les trous, il faut garder une surface identique.
Par exemple, la surface d'un trou de 10 cm de diamètre correspond à celle de deux trous de 7,1 cm !

▶ EXEMPLES DES LIFE

La multiplication des étangs sur certains affluents cause une rupture de l'écoulement lors d'une période chaude prolongée. Les aménagements réalisés sur trois étangs alimentant le ruisseau de Chaillou ont permis de garantir un écoulement permanent et une thermie plus conforme à la présence de salmonidés.



Évolution temporelle des températures maximales moyennes du mois le plus chaud et des maximales sur Chaillou (TELEOS, 2017).

L'étang Fortier (Champeau-en-Morvan, 21), situé sur le haut bassin du Cousin, d'une surface de 24 Ha, a été équipé de 2 moines qui permettent une vidange plus efficace compte tenu du volume d'eau retenu. Afin de garantir un débit réservé de 20 l/s, deux trous de 7 cm de diamètre ont été réalisés dans les planches, à 1 mètre sous le niveau du plan d'eau.

▶ EXEMPLES DES LIFE

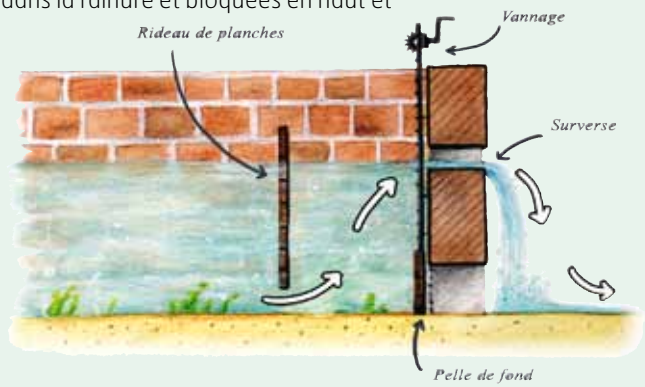
L'étang du val des Choues (Villiers-le-Duc, 21), bien que de petite surface (0,45 ha) et en contexte très forestier, occasionnait un réchauffement pouvant atteindre jusqu'à 8°C entre mai et septembre 2007.
Un rideau de planches installé un mètre en amont de la surverse permet la restitution de l'eau située à un mètre de profondeur. Cela suffit pour abaisser la température de l'eau restituée au ruisseau de 6°C en période chaude.

DESCRIPTION DE L'AMÉNAGEMENT

Deux rails sont fixés dans la digue, 1 mètre en amont de la surverse. Les planches sont glissées dans la rainure et bloquées en haut et en bas par un boulon.

COÛT DE L'AMÉNAGEMENT

Très réduit, pouvant être réalisé avec des matériaux de récupération.
Temps de pose : environ une demi-journée à deux personnes.



COÛTS DES LIFE
NOMBRE D'INSTALLATIONS : 5 ÉTANGS SUR LE BASSIN-VERSANT DU HAUT-COUSIN

COÛT MINIMUM CAS D'UN ÉTANG DE 1,7 HA	COÛT MAXIMUM CAS D'UN ÉTANG DE 3,5 HA
Coût total : 3 000 € HT	Coût total : 29 756 € HT
Coût matériel : 1 600 € HT	Coût matériel : 3 200 € HT
Coût de pose : 1 400 € HT	Coût de pose : 26 556 € HT inclus 10 066 € HT du pompage des boues avec une barge amphibie

Le coût de l'aménagement n'est pas proportionnel à la surface de l'étang. Le coût du matériel n'est pas déterminant et le coût global dépend directement des difficultés d'accès de chantier, à l'étang et dans l'étang. Pour les derniers moines posés, il a été choisi de rendre leur utilisation plus facile et plus sécuritaire en mettant en place une passerelle en acier galvanisé avec garde-corps, grille caillebottis, et deux échelles à l'intérieur.

AMÉNAGEMENT

AMÉNAGEMENT D'UN **CHENAL DE CONTOURNEMENT**

Dans le cas d'un étang en barrage, la création d'une dérivation permet de garantir un flux d'eau ne transitant pas par le plan d'eau.

INTÉRÊT

Amélioration de la qualité de l'eau à l'aval

L'eau ne transitant plus dans le plan d'eau n'en subit plus l'influence. Les caractéristiques physique et chimique restent identiques à l'aval et à l'amont de l'étang.
L'intérêt de la dérivation sera alors fortement dépendant de la proportion d'eau restituée par la surverse de l'étang par rapport à celle du chenal de contournement.

Garantie du débit réservé

L'eau transitant par le chenal de contournement sera nettement moins soumise aux effets de l'évaporation. Sauf pertes liées à des fuites, l'eau entrant dans la dérivation sera intégralement restituée à l'aval de l'étang. Un écoulement permanent pourra donc être garanti.

Restauration de la libre circulation de la faune aquatique

En fonction des caractéristiques du terrain, le chenal de contournement peut être un moyen efficace d'effacer la différence de dénivellation entre l'amont de l'étang et la base de la digue, recréant ainsi des conditions favorables à la circulation de la faune aquatique.

Amélioration de la qualité de l'eau lors des vidanges

Lors d'une vidange, la présence d'une dérivation garantit l'apport d'une eau claire, non chargée en éléments fins et chimiquement non modifiée, qui permettra de diluer celle issue de la baisse du plan d'eau.
De plus, lors de l'opération de vidange, le débit d'alimentation de la pièce d'eau pourra être intégralement basculé vers la dérivation et éviter ainsi la création d'un cours d'eau érodant les éléments fins accumulés sur le lit de l'étang. L'impact de la vidange sur le ruisseau aval sera nettement réduit.

MISE EN PLACE

Éléments techniques importants pour le gestionnaire

Si le plan d'eau doit être maintenu, sa dérivation est probablement la technique qui permettra de limiter au maximum son impact sur la rivière. Afin de garantir une efficacité maximale de la dérivation, il est important que le partage du flux entre l'étang et le chenal soit calculé de manière à ce que la surverse se désamorce et que l'eau restituée à l'aval provienne uniquement du canal.

Éléments réglementaires

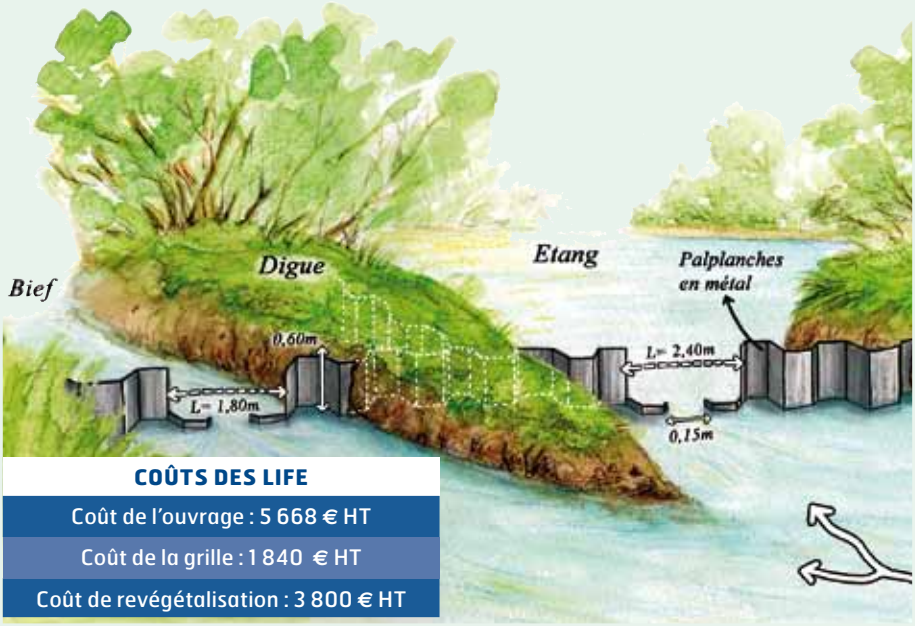
La création d'un chenal de dérivation d'un étang ne nécessite pas d'autorisation réglementaire, à partir du moment où les travaux ne risquent pas de créer des perturbations à l'aval.

▶ EXEMPLES DES LIFE

L'ensemble de l'ouvrage a été stabilisé et revégétalisé à l'aide de fascines.

L'étang de Champeau (21), situé en barrage sur le Cousin, était une source importante de modification du régime thermique du cours d'eau.

En septembre 2006, l'ancien chenal de dérivation, créé pour l'alimentation d'un moulin à l'aval, a été remis en eau. Durant l'étiage, l'alimentation est répartie à part égale entre le plan d'eau et le chenal de contournement. Afin de ne pas déstructurer les berges du chenal durant les crues, ce sont les deux tiers du débit qui partent vers l'étang. Le système de partage des eaux a été réalisé au moyen de palplanches métalliques découpées pour respecter une répartition constante et pour absorber les crues.



COÛTS DES LIFE
Coût de l'ouvrage : 5 668 € HT
Coût de la grille : 1 840 € HT
Coût de revégétalisation : 3 800 € HT

AMÉNAGEMENT

MISE EN ASSEC D'UN RÉSEAU D'ÉTANGS

Dans le cas d'étangs implantés, en barrage, la mise en assec d'un étang permet de supprimer les causes de perturbations physico-chimiques et de restaurer un linéaire de cours d'eau favorable aux espèces typiques des eaux courantes.

INTÉRÊT

Restauration de la continuité écologique

La digue du plan d'eau constitue un obstacle souvent infranchissable pour la faune aquatique. Son ouverture et la restauration du cours d'eau en lieu et place de l'eau stagnante permettent à la faune aquatique de retrouver un linéaire favorable à ses déplacements.

Amélioration de la qualité physico-chimique de l'eau en aval

Le remplacement du plan d'eau par un ruisseau supprimera les impacts physico-chimiques liés à l'étang. On observera toutefois une perturbation thermique transitoire le temps que la végétation rivulaire se réinstalle et apporte de l'ombre au cours d'eau.

Impacts sur le flux solide

La suppression de la digue permet la reprise du flux solide (matières organiques, et sédiments grossiers) du ruisseau piégé dans l'étang. Dès l'ouverture de la digue, les matériaux remobilisés engendreront un flux important qu'il conviendra de bien estimer.

Limitation d'espèces indésirables

L'absence de plan d'eau limite les risques d'introduction d'espèces exogènes. Le retour à un contexte thermique de tête de bassin limitera fortement l'implantation de nombreuses espèces indésirables.

> ⚠ La phase de vidange est le moment où **le risque de dispersion des espèces** du plan d'eau vers le ruisseau est le plus élevé. Les précautions devront être prises lors de la pêche.

Évolution et restauration d'un ruisseau trois ans après l'assec.

MISE EN PLACE

L'ouverture des digues

Pour que le ruisseau reprenne un tracé naturel et ainsi garantir une bonne circulation des espèces aquatiques, il est préférable d'araser une partie des digues.
L'ouverture doit se faire au point le plus bas de la digue. Cela ne correspond pas systématiquement au lieu d'implantation des ouvrages de vidange, ni à l'ancien tracé si les fonds de l'étang ont été profondément touchés.
Il est important d'ouvrir la digue sur une largeur suffisante pour permettre au ruisseau de divaguer et de retrouver lui-même son équilibre. Les matériaux peuvent être stockés sur l'ancien étang ou en périphérie proche de la digue.

La restauration du cours d'eau

La question de la vitesse de restauration du cours d'eau et de la végétation au sein de l'ancien étang est récurrente lors de tels projets.
Dans la majeure partie des cas, la restauration morphologique du cours d'eau se fait naturellement. Grâce à sa propre dynamique, le ruisseau recreusera lui-même son chenal. Cette technique garantit que le lit sera parfaitement adapté à ses caractéristiques hydrauliques et non surdimensionné. Le facteur limitant pourra être la restauration d'un substrat diversifié si le transport solide du bassin versant est faible.
La revégétalisation naturelle de l'ancien étang favorisera la diversification du nouveau cours d'eau.

Sans apport solide, la restauration du substrat peut être longue.

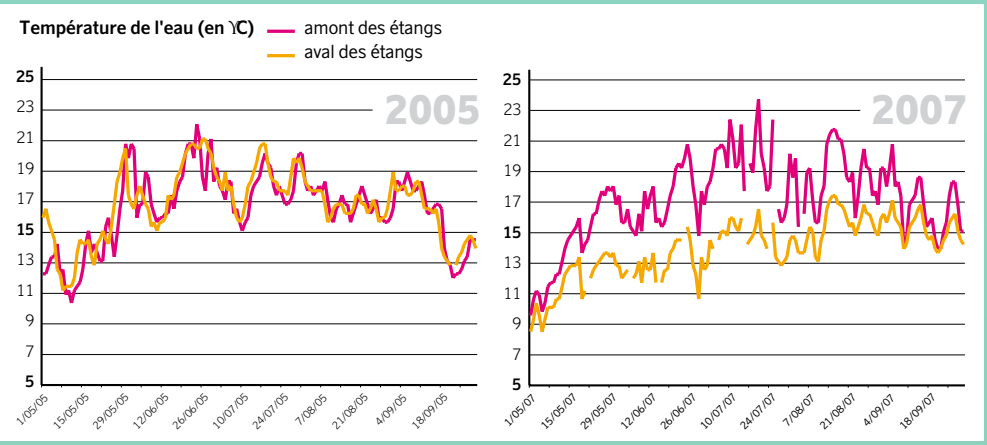
Éléments réglementaires

La vidange d'un plan d'eau avant la mise en assec est encadrée par la loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques, selon la rubrique 3.2.4.0 de l'article R 214-1 du code de l'Environnement.

DES RÉSULTATS

Bilan thermique

Avant la suppression du complexe des étangs Narlins (2005), la situation déjà perturbée à l'amont se retrouvait à l'aval. Après la mise en assec (2007), on observe une nette amélioration du régime thermique à l'aval. Il est probable que la situation ira en s'améliorant avec la réinstallation d'une végétation apportant de l'ombre dans les anciens étangs.



Bilan qualitatif de la mise en assec sur les principaux taxons étudiés

Poissons	Odonates	Écrevisses à pieds blancs	Invertébrés aquatiques
+++	++	+++	++
• Régression du cortège d'espèces d'eau calme. • Réapparition de la Lamproie de Planer, du Chabot et de la Truite fario dans l'emprise de l'ancienne zone d'étangs dès 2008.	• 10 espèces nouvelles. • Apparition de l'Agrion de Mercure dès 2007.	• Individus notés dès 2007 en aval de l'ancienne zone d'étangs. • Réappropriation en cours du linéaire reformé dans les anciens étangs. • Échanges constatés entre les populations des deux affluents anciennement isolées.	• Évolution qualitative très nette. • Confirmation de présence d'espèces caractéristiques des eaux fraîches dès 2007.

Bilan de l'évolution des formations végétales

En un an, le ruisseau retrouve un tracé méandriforme et la reprise de la végétation permet de stabiliser les sédiments accumulés dans l'ancien étang. Au bout de trois ans, des saules apportent déjà de l'ombre au ruisseau.

Diagnostic piscicole 10 ans après l'effacement

Les années 2007 à 2011 montraient des changements drastiques dans la composition du peuplement. En 2016, 10 ans après les travaux et 5 ans après la dernière campagne de suivi, les résultats montrent à nouveau des évolutions qui peuvent être expliquées par la variation des facteurs environnementaux sur le site. Ces évolutions sont la diminution / disparition d'espèces comme le vairon, la loche franche et la lamproie de planer dont les raisons pourraient résider dans l'évolution thermique du cours d'eau et son effet à moyen long terme (vairon et loche) ainsi que l'évolution de l'hydromorphologie et la disponibilité en habitats de type vase-limon et matière organique (lamproie et loche). Une évolution majeure également est la diminution de la population de chabot, toujours présent tout de même sur l'ensemble des stations étudiées, qui elle pourrait être imputable à des évènements hydrologiques secs (étiage 2015 notamment). La truite quant à elle se maintient à l'échelle du site dans sa globalité.

▶ EXEMPLES DES LIFE

Le ruisseau du Val des Choues,
en Forêt Domaniale de Châtillon (21), coule dans un vallon calcaire totalement forestier. À la confluence avec son affluent rive gauche, un complexe de 5 étangs à vocation de production piscicole a été construit en 1968.

La vidange des plans d'eau s'est réalisée en deux temps :
• mi-juin 2006, vidange des trois étangs amont et baisse des deux étangs restant. L'arasement des digues s'est opéré en août,
• mi-septembre 2006, vidange des deux étangs aval et ouverture des digues.

COÛTS DES LIFE
CINQ ÉTANGS SUPPRIMÉS POUR UNE SURFACE GLOBALE DE 4,64 HA

Coût des démarches réglementaires en 2006
• Dossier réglementaire : 8 100 € TTC
• Annonce légale et enquête publique : 1 600 € TTC

Coût des travaux de mise en assec en 2006
• Coût de la vidange et de la pêche : environ 3 000 € TTC
• Coût de l'ouverture des digues : 10 500 € TTC

Le coût de l'animation et de l'encadrement, pour l'ensemble de l'opération : 10 000 €

Les digues ont été ouvertes sur une largeur d'environ trois à quatre fois celle du cours d'eau. Cette proportion semble satisfaisante pour les digues de petites dimensions. Cela semble cependant sous-estimé pour les plus importantes. Le linéaire encaissé étant plus long, un espace de mobilité plus important aurait été préférable pour permettre au ruisseau de retrouver un profil équilibré par rapport à la pente.
L'ouverture des digues "en trapèze" semble plus favorable qu'une ouverture "au carré".

Le cœur des digues était constitué d'une argile dure qui garantissait leur étanchéité. Compte tenu de la faible puissance hydraulique des ruisseaux du site, le temps nécessaire à l'érosion naturelle de ce point dur est long.
Cependant, l'incision progressive a permis d'éviter un départ rapide et massif des sédiments accumulés dans les anciens étangs.

Un an après l'ouverture de la digue, le ruisseau retrouve un équilibre.

L'ouverture de cette digue est légèrement sous-dimensionnée, la restauration complète du ruisseau sera plus longue.

Gestion et exploitation **forestière**

CONTEXTE GÉNÉRAL

C'est en milieu forestier que les cours d'eau sont généralement les mieux préservés. De par sa composition et son couvert végétal continu et durable, la ripisylve, forêt caractéristique des bords de cours d'eau, joue un rôle écologique important.

Les racines des arbres et arbustes de la ripisylve, en particulier des aulnes, créent un système d'ancrage, très efficient qui permet de réduire l'érosion des berges, et offrent des zones de refuge et de chasse pour la faune aquatique.

Ripisylve feuillue équilibrée apportant une diversité d'habitats et un ombrage favorable à la faune des ruisseaux.

Les formations végétales riveraines assurent un apport constant en matière organique et limitent le réchauffement estival du cours d'eau, procurant ainsi des conditions favorables à la vie aquatique.

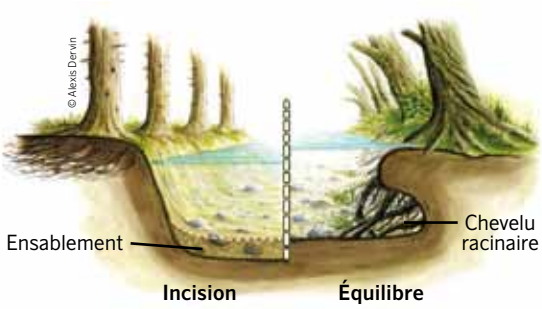
Lors des coupes à blanc, le maintien d'une bande riveraine arborée constitue une zone tampon en évitant la mise à nu totale du ruisseau et en piégeant les apports terrigènes issus de l'érosion.

Cependant, la gestion et l'exploitation forestière peuvent impacter négativement les milieux sensibles que constituent les cours d'eau de têtes de bassins.

PROBLÉMATIQUE **1**

RÉSINEUX INTRODUITS EN BORD DE COURS D'EAU

À l'étage planitaire et collinéen, en dessous de 1 000 mètres d'altitude, les forêts situées en bord de cours d'eau sont naturellement dominées par les feuillus. Après la seconde guerre mondiale, l'introduction massive d'essences à croissance rapide, notamment l'Épicéa, sous l'impulsion des aides au reboisement du Fonds Forestier National, s'est faite au détriment des ripisylves naturelles. Sur le plan écologique, cette omniprésence de l'Épicéa provoque des modifications physiques du cours d'eau qui impactent les communautés végétales et animales inféodées au ruisseau et à ses berges.



Comparaison schématique de la morphologie de deux berges enrésinée et feuillue.

Les résineux, gérés en peuplement monospécifique, dense et régulier (cas le plus courant), provoquent une absence de lumière au sol. Ce manque de lumière empêche la pousse de plantes herbacées, lesquelles contribuent à la couverture et à la protection du sol vis-à-vis de l'érosion dans le lit majeur. L'enracinement superficiel de l'Épicéa et l'absence de couvert végétal induisent une fragilité de la berge face à l'énergie des eaux en période de crue.
Le manque de lumière et la cuticule épaisse des aiguilles d'Épicéa, ralentissent fortement la dégradation de la litière qui s'accumule. De plus, l'activité racinaire de l'Épicéa est particulièrement source d'ions acides (plus que toute autre essence), causant une tendance à l'acidification dans des sols peu calcicoles. Cela entraîne un appauvrissement du sol et sa déstructuration. Ce phénomène est plus ou moins marqué selon l'acidité naturelle du sol.
Les berges enrésinées sont le siège d'érosions importantes. Elles s'effondrent, pouvant entraîner la déstabilisation du peuplement rivulaire et occasionnant ainsi des embâcles nettement supérieurs au phénomène naturel. Le cours d'eau s'élargit et s'incise. Le courant ralentit et les sédiments fins excessifs, issus de l'érosion des sols non végétalisés, s'accumulent et colmatent le lit. La banalisation des substrats, le colmatage des gravières et la disparition des zones d'abri induisent une diminution des supports de ponte et des habitats de croissance. Cela provoque une baisse de l'abondance et de la diversité au sein des différentes communautés végétales et animales inféodées aux cours d'eau et à leurs berges.
Les peuplements plantés sur des sols à hydromorphie permanente ou temporaire développent un enracinement très superficiel. Les arbres en situation de stress sont plus sensibles aux maladies et attaques parasitaires. Leur croissance est limitée. Ils ont une forme tronconique "en carotte" peu appréciée des transformateurs.

Le système racinaire de l'Épicéa n'est pas adapté aux sols hydromorphes rivulaires, le peuplement est très instable.

PROBLÉMATIQUE **2**

TRAVERSÉE DE COURS D'EAU POUR L'EXPLOITATION FORESTIÈRE

La traversée des engins forestiers peut générer plusieurs types d'impacts sur le milieu aquatique :
• une destruction de l'habitat sur le lieu de traversée pouvant aller jusqu'au détournement du ruisseau vers le chemin d'accès,
• une mortalité directe des espèces notamment celles vivant dans le substrat,
• une mortalité « indirecte » induite, comme pour les vidanges de plans d'eau, par les matières en suspension qui agissent à la fois par leur concentration et la durée d'exposition des organismes aquatiques (Newcombe, 1994),
• un colmatage des substrats par le dépôt des matières en suspension. Le colmatage des fonds

Sur le Saint-Marc (Brassy, 58) : ruisseau chargé de boue suite à un débardage sans équipement trois kilomètres à l'amont.

Lit colmaté après une exploitation forestière.

▶ EXEMPLES DES LIFE

La forêt domaniale de Chaux (39) est une forêt de plaine de 13 000 ha. Elle est traversée par 350 km de cours d'eau. L'hydrosystème n'a jamais été pris en compte lors de la création de l'infrastructure, que ce soit pour la desserte ou le parcellaire.
En conséquence, traverser les cours d'eau pour les besoins de l'exploitation forestière est inévitable et concerne un grand nombre de parcelles et de gués en terrain naturel.

L'ONF a développé une méthode pour améliorer la prise en compte de l'hydrosystème dans le cadre d'un schéma global et cohérent de mobilisation : **le plan d'exploitabilité "orienté eau".**

L'ensemble des cours d'eau et des points de franchissement a été inventorié et géoréférencé (1200 gués, 400 passages busés et 30 ponts). Les flux de bois lors des exploitations ont été modélisés en fonction du terrain et des prévisions du document d'aménagement. Plusieurs solutions améliorant la prise en compte des cours d'eau lors des exploitations ont alors été envisagées et évaluées :
• éviter simplement les franchissements par les gués lors des exploitations,
• regrouper l'exploitation de parcelles voisines,
• scinder l'exploitation de parcelles traversées par un ruisseau et regrouper les sous-parcelles d'une même rive,
• changer le parcellaire en s'appuyant sur l'hydrosystème,
• adapter la desserte pour désenclaver certains secteurs enserrés par des cours d'eau (25 km supplémentaires pour l'ensemble de la forêt).

L'application de ces principes à l'ensemble du massif a permis de réduire de 10 % le nombre de parcelles concernées par le franchissement, de 45 % le nombre de franchissements nécessaires et de 23 % le volume transitant par ces franchissements.

peut perdurer longtemps après l'exploitation, spécialement sur les petits cours d'eau qui n'ont pas la capacité hydraulique de se restaurer naturellement.
La meilleure solution est souvent d'éviter de franchir un cours d'eau en adaptant l'itinéraire de sortie des bois, le programme des coupes et des travaux, le réseau de dessertes forestières et les méthodes d'exploitation. Mais cela n'est pas toujours techniquement faisable, ni économiquement viable. Il convient alors de franchir le cours d'eau à l'aide de dispositifs adaptés.

PROBLÉMATIQUE **3**

EXPLOITATION SUR SOLS PEU PORTANTS ASSOCIÉS AUX RUISSEAUX

En réponse aux énormes besoins de bois de construction et à la déprise agricole vécus après la seconde guerre mondiale, l'État français a encouragé financièrement les plantations forestières et institué le Fonds Forestier National. Dans les années 1950 – 1970, d'importantes surfaces ont été plantées en résineux. Dans les régions de moyenne montagne, les zones humides sont souvent traversées par des cours d'eau. Impropres à une exploitation agricole productiviste, elles ont été massivement enrésinées. La restauration de ces zones humides et des cordons rivulaires des ruisseaux qui les traversent nécessite souvent de sortir les bois sur des sols peu portants où l'utilisation des engins lourds peut créer des dégâts importants.

L'utilisation de techniques de débardage non adaptées aux sols peu portants entraînera la création d'ornières qui agiront comme des drains.

AMÉNAGEMENTS PROPOSÉS

Plusieurs aménagements testés dans le cadre du programme LIFE "Ruisseaux" permettent de répondre pour tout ou partie aux dysfonctionnements liés aux activités forestières. Chacun de ces aménagements est détaillé dans les fiches ci-après.

PROBLÉMATIQUES	1	2	3
Conversion des peuplements allochtones	X		
Ouvrages de franchissement des cours d'eau		X	
Utilisation de techniques de débardage alternatives			X

Documents utiles

• *Influence de l'Épicea commun sur la morphologie et la biocénose des cours d'eau vosgiens.*
MORET L.D. – 2007 – Actes des Rencontres nationales techniques : Gestion des ruisseaux de tête de bassin et zones humides associées – www.liferuisseaux.org

• *Schéma d'exploitabilité "orienté eau".* Vincent AUGÉ. Rapport technique ONF ; LIFE 04NAT/FR/000082.

• Suspended sediments in aquatic ecosystems: Ill effects as a function of concentration and duration of exposure.
NEWCOMBE C. P. – 1994 – Habitat Protection Branch, British Columbia Ministry of Environment, Lands and Parks, Victoria, British Columbia. 298 p.

AMÉNAGEMENT

CONVERSION DES **PEUPLEMENTS RIVULAIRES ALLOCHTONES**

Il s'agit de proposer un itinéraire technique pour remplacer les résineux de bords de cours d'eau et restaurer une ripisylve fonctionnelle en limitant les sacrifices d'exploitabilité et les impacts de l'exploitation.

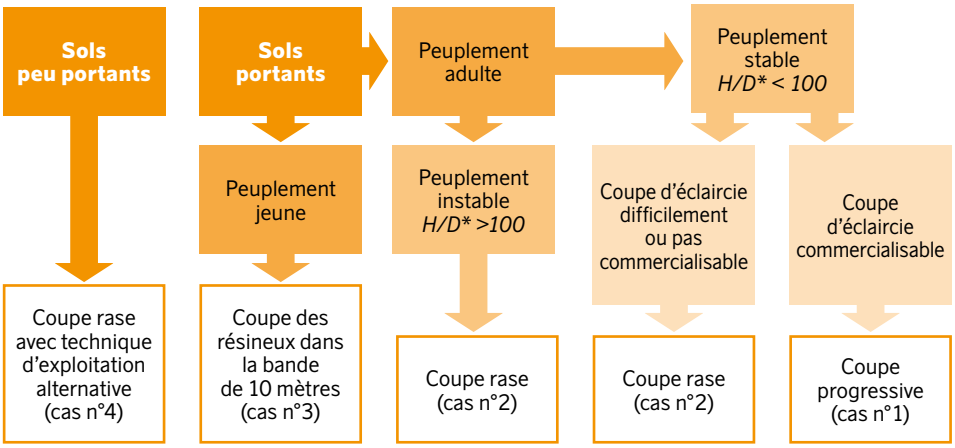
PRINCIPES D'ACTION

L'objectif est d'obtenir une ripisylve feuillue comportant les trois strates végétales : herbacée, arbustive et arborescente, avec dominance des arbustes.

En fonction de l'âge du peuplement de la surface à traiter, de la portance des sols et de la stabilité du peuplement, les modalités de conversion peuvent varier.

Ripisylve feuillue caractéristique.

Clé d'aide à la décision pour le choix de l'itinéraire sylvicole.



** H/D est le rapport de la hauteur dominante (H) du peuplement sur le diamètre moyen des tiges (D).*

CAS N°1
CONVERSION PROGRESSIVE

Principe d'intervention

Dans le cas de peuplements au stade sylvicole d'amélioration, sur des unités de gestion de plus de quelques hectares et sur des sols portants au moins à certaines périodes de l'année, l'objectif est de remplacer progressivement le peuplement allochtone par des feuillus d'essences autochtones adaptées à la station. Cette opération est réalisée sur une période de 5 à 10 ans et sur une bande rivulaire de 10 à 30 mètres. Cette intervention doit se faire en limitant les investissements et les sacrifices d'exploitabilité en s'appuyant sur la dynamique naturelle qui est très active dans ces milieux.
Pour cela, les interventions préconisées s'appuient sur le dosage de lumière arrivant au sol pour favoriser l'installation progressive en sous-étage de ligneux et semi-ligneux. Ils constitueront la base du futur peuplement tout en évitant une explosion d'espèces héliophiles indésirables liée à une ouverture trop brutale du peuplement. La conversion de la bande riveraine ne doit pas être dissociée de la gestion du reste du peuplement. Il convient en effet de faire coïncider autant que possible les interventions dans la bande riveraine avec celles prévues dans le reste du peuplement. En effet, il est nécessaire que le reste du peuplement soit éclairci dynamiquement pour un apport de lumière diffuse favorable à la régénération dans la bande riveraine. On évitera autant que possible la coupe à blanc qui pourrait provoquer des effets négatifs contraires à l'objectif de restauration.

Itinéraire sylvicole

La première intervention vise à la création de conditions favorables à l'installation de la régénération naturelle. On récoltera ainsi 40 à 70 % des tiges en ouvrant des cloisonnements, en éliminant la première ligne de résineux située le plus au bord du cours d'eau, en ouvrant des trouées de quelques ares autour des feuillus existants et particulièrement des semenciers, et en mettant en lumière des taches préexistantes de semis.
Trois à cinq ans après cette intervention, si la régénération naturelle n'est pas suffisante, on envisagera une plantation, de préférence à partir de plants de 1 m pour s'affranchir rapidement de la végétation concurrente. On choisira des essences adaptées aux stations (*cf.* guide du choix des essences en fonction de la station) et présentes naturellement en bord de cours d'eau. La plantation peut intervenir l'année de commencement de la conversion si le potentiel de régénération naturelle est faible (peu de semenciers) ou s'il est souhaité d'accélérer le processus de conversion.
Environ 10 ans après le début de la conversion, si la régénération est acquise et si les risques de déstabilisation des berges et de colonisation par des espèces invasives sont limités, le peuplement résineux encore en place dans la bande riveraine est complètement enlevé. Dans le cas contraire l'exploitation doit être reportée.

Modalités d'exploitation

Le choix de la période d'exploitation est primordial. Intervenir en période de gel ou de sécheresse limite fortement les dégâts au sol.

Peuplement d'Épicéa en bord de cours d'eau.

Le cloisonnement principal d'exploitation, de 4 mètres de large, est installé parallèlement au cours d'eau, à une distance comprise entre 6 et 30 mètres de celui-ci. En fonction des besoins, des cloisonnements en épi, environ tous les 15 mètres, peuvent être ouverts s'arrêtant au minimum à 6 mètres du ruisseau pour maintenir une zone tampon.
Si les sols sont suffisamment portants on pourra envisager un cloisonnement principal parallèle au cours d'eau à environ 6 m de celui-ci. On veillera toutefois à ne pas créer de cloisonnement dans le lit majeur afin d'éviter tout risque de déplacement de ruisseau après un épisode de crue.
Dans tous les cas, lors de la mise en place des cloisonnements, on doit préserver au maximum le potentiel feuillu, semenciers et taches de régénération, en déviant légèrement ou en décalant si besoin un cloisonnement.
Les bois sont abattus en direction des cloisonnements d'exploitation. L'abattage en direction des ruisseaux doit être évité. Si une abatteuse intervient, elle constituera un tapis de branches sur le cloisonnement pour limiter les dégâts au sol lors de l'exploitation et du débardage.

Cloisonnement en épi avec tapis de rémanents.

Cloisonnement parallèle avec tapis de rémanents.

CAS N°2
COUPE RASE

Principe d'intervention

Dans diverses situations, une conversion progressive ne peut être envisagée. La coupe rase devient alors la seule solution :
• peuplement instable qui présenterait trop de risques de chablis à la suite d'une éclaircie,
• petite parcelle dont les produits de coupe d'éclaircie seraient difficiles à commercialiser.
L'idéal est d'intervenir le plus tôt possible, sans attendre la maturité du peuplement, pour éviter une accentuation de la dégradation des berges et de la qualité du cours d'eau.
Cela peut induire un sacrifice d'exploitabilité si le peuplement présente encore un potentiel de croissance. Dans les milieux humides de bords de cours d'eau, on observe souvent que les peuplements résineux ont un accroissement

Cheminements sur la parcelle avec des tapis de branches.

courant très faible. Intervenir alors avant l'âge prévu de coupe finale n'engendre aucune perte de valeur d'avenir.
Comme dans le cas de la conversion progressive, tous les feuillus préexistants doivent être conservés, même si ils paraissent instables.

Précautions d'exploitation

Il s'agit, par quelques gestes simples lors de l'exploitation, de limiter la déstabilisation des berges et le risque d'érosion par ruissellement. Les engins ne doivent pas pénétrer dans une

Exemple de peuplement d'Épicéa instable.

▶ EXEMPLES DES LIFE

La forêt domaniale de Chaux (13 000 ha) abrite un réseau hydrographique très dense, comprenant plus de 350 km de ruisseaux. 20 km sont considérés comme enrésinés, soit 5% du linéaire.

Les parcelles 1396 et 1397, inscrites au programme de coupes en 2008, ont été sélectionnées pour tester en grandeur réelle l'itinéraire de conversion progressive de peuplements allochtones en bord de cours d'eau. Les bois ont été vendus "bords de route", permettant à l'ONF de maîtriser les modalités d'exploitation.

Ces parcelles présentent un peuplement mixte d'Épicéa, de Sapin Douglas et de Pin sylvestre. Les plantations se sont échelonnées de 1970 à 1978. Une première éclaircie a eu lieu en 1990, suivie d' une seconde en 1997 et d' une très légère en 2002. Après un martelage "traditionnel", un martelage complémentaire a été réalisé pour engager la conversion des résineux. Un cloisonnement a été matérialisé à 6 mètres du cours d'eau.
Tous les résineux situés en zone humide et à proximité immédiate du cours d'eau ont été marqués.

L'action de conversion a été réalisée à l'abatteuse forestière depuis le cloisonnement parallèle au cours d'eau. Les branches ont été réparties sur le cloisonnement pour limiter le tassement de sol. Les billons ont été évacués à l'aide d'un porteur, pour ensuite être déposés le long de la route après franchissement du ruisseau sur un des deux passages temporaires installés pour la circonstance. Il en ressort que si l'objectif de conversion de la ripisylve est pris en compte dès le martelage, cela n'engendre pas de surcoût par rapport à une éclaircie classique et permet d'éviter d'éventuels problèmes de dégradation des sols au moment de l'exploitation.

QUELQUES DONNÉES CHIFFRÉES
Surface des parcelles exploitées : 10 ha.
Linéaire en bord de cours d'eau : 400 m.
Surface traitée suivant protocole : 15 m de part et d'autre du ruisseau, soit 1,1 ha.
Prélèvement sur l'ensemble des parcelles : 488 m³ exploités, soit 47 m³/ha.
Prélèvement supplémentaire sur la bande à convertir : 44 m³ martelés en plus, soit un prélèvement total de 84 m³/ha.

▶ EXEMPLES DES LIFE

Exploitation par coupe rase d'une parcelle d'Épicéa en bordure du Cousin (58).
La parcelle de 0,6 hectare, bordant le Cousin sur une centaine de mètres, est constituée d'un peuplement d'Épicéa d'environ 30 ans, issus de sapins de Noël, jamais éclairci. Les arbres ont une hauteur dominante d'environ 15 mètres et un accroissement courant faible.
Les arbres de berge, sous l'effet de l'érosion de la berge, sont tombés en travers du ruisseau.

Le propriétaire a souhaité profiter de l'exploitation d'une parcelle voisine pour faire exploiter cette parcelle. L'exploitation a été réalisée par une coopérative forestière.
Le chantier a nécessité l'installation d'un kit de franchissement temporaire pour un bief qui borde la parcelle. L'exploitation a été réalisée mécaniquement par une abatteuse pendant 3 jours. Le débardage s'est réalisé au porteur pendant 2 jours. L'exploitation correspondait à 200 stères de bois d'industrie. L'abatteuse a circulé sur la parcelle en créant un tapis de rémanents sur un cheminement installé parallèlement au cours d'eau.
Le porteur n'a effectué qu'un seul passage sur ce cheminement. Un soin important a été apporté pour enlever les rémanents de la berge afin de permettre la reprise de la végétation herbacée. Les tapis de rémanents ayant servi au cheminement seront abandonnés.

Un an après la coupe...

bande d'au moins 6 mètres de large en bordure du cours d'eau. Un cheminement sera créé par l'abatteuse, parallèlement au ruisseau, à 6 mètres environ de celui-ci, avec un tapis de branches pour augmenter la portance au sol. Lors de l'opération de débardage, on limitera le passage sur le cheminement à proximité du ruisseau au minimum nécessaire pour l'enlèvement des bois situés sur la bande riveraine.
Les rémanents situés dans la bande riveraine sont ramenés le long du cheminement pour constituer un andain parallèle au cours d'eau et à distance de celui-ci, ce qui limitera l'érosion par ruissellement et le risque d'embâcle en cas de crue.

CAS N°3
JEUNES PEUPLEMENTS

Dans le cas de jeunes peuplements résineux installés à proximité immédiate du ruisseau, ce qui est aujourd'hui fortement déconseillé, il conviendra d'éliminer rapidement ces résineux pour laisser une végétation naturelle feuillue se développer sur une bande d'au moins 15 mètres. Il conviendra également d'éclaircir énergiquement la lisière pour que de la lumière diffuse arrive au sol par les côtés.

CAS N°4
SOLS PEU PORTANTS

Voir fiche "Méthode alternative...", page 33.

Documents utiles

• *Manuel forêt et eau*, ADLER P., HAAS S. – 2008 – Handbuch Wald & Wasser. La traduction en français est parue sur http://www.foretinfo.net, 12.11.2008.

• *Influence de l'Épicéa commun sur la morphologie et la biocénose des cours d'eau vosgiens*, MORET L.D. – Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt des Vosges, résumé de l'étude effectuée en 1993 avec le concours de la Brigade Départementale des Vosges et la Délégation Régionale n° 3 du Conseil Supérieur de la Pêche.

• *Plaidoyer pour une restauration des cordons rivulaires naturels des ruisseaux et ruisselets forestiers*, SCHNEIDER J.B. – 2007 – forêt wallonne n°86 – janvier/février.

AMÉNAGEMENT

MÉTHODES ALTERNATIVES D'EXPLOITATION FORESTIÈRE **SUR SOLS PEU PORTANTS**

En bord de cours d'eau, les sols sont souvent peu portants et impraticables avec des engins classiques de débardage. La restauration de ces milieux nécessite de trouver des solutions permettant l'exploitation des résineux sans impacter les sols particulièrement sensibles de ces parcelles.

▶ LE DÉBARDAGE PAR CÂBLE-MÂT

INTÉRÊT

L'utilisation du câble-mât permet de sortir les bois, même sur terrain plat, sans que des engins lourds ne pénètrent dans la parcelle. Les bois sont portés par un câble et ne causent ainsi aucun dégât profond sur les sols. Cela permet également de franchir des obstacles, comme un ruisseau, sans perturbation.

MISE EN PLACE

L'utilisation du câble-mât est envisageable quelles que soient la portance ou la nature du sol et quelles que soient les conditions climatiques puisque les bois sont portés. **Mais le câble-mât n'est pas adapté à toutes les situations.**

Pour appréhender la faisabilité d'un débardage par câble-mât, il convient, en première approche, d'étudier les points suivants :

• ACCESSIBILITÉ DE LA COUPE

L'engin portant le treuil et le mât doit pouvoir accéder au bord de la parcelle, sur une route forestière.

• NOMBRE DE LIGNES DE CÂBLE NÉCESSAIRES POUR COUVRIR LA PARCELLE

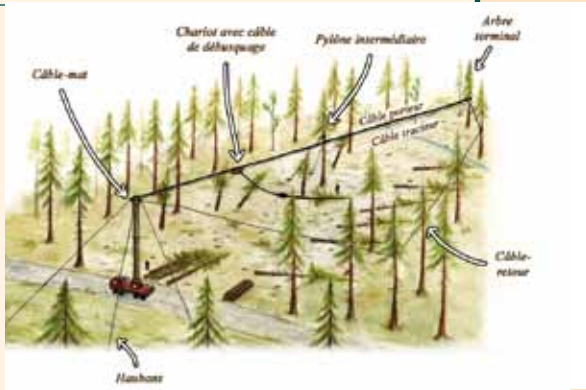
La mise en place d'une ligne de câble nécessite environ 1,5 jours de travail "non productif". La multiplication du nombre de lignes augmente donc le coût de revient. En secteur pentu, la ligne de câble est installée dans le sens de la plus grande pente. En secteur plat, l'optimum correspond à des lignes de câble entre 200 et 300 mètres de long. Le débardage est efficace dans une bande de 70 à 100 mètres de large par ligne.

• ANCRAGE DU CÂBLE

Afin de pouvoir débarder les bois en évitant les traines au sol, sur de grandes longueurs, le câble est implanté au moins à 12 mètres de hauteur. Il est donc nécessaire d'avoir un peuplement d'au moins 16 mètres de hauteur. Les points d'ancrage doivent être suffisamment solides pour résister à la mise sous tension du câble (14 tonnes). Ce point est très difficile à estimer pour une personne non expérimentée.

▶ EXEMPLES DES LIFE

En collaboration avec la municipalité de **Champeau-en-Morvan (21)** et l'Office National des Forêts (ONF), le Parc naturel régional du Morvan a engagé un projet de restauration de 6 ha de milieux tourbeux. L'objectif était la transformation intégrale du peuplement résineux vers des essences feuillues spontanées.



Organisation du chantier de Champeau-en-Morvan (21).

Les principales caractéristiques techniques imposées étaient :

- abattage manuel, huile de chaîne biodégradable,
- maintien des arbres feuillus et des arbres morts, sur pied,
- débardage par câble téléphérique des arbres (entiers ou pas mais non façonnés car les rémanents doivent être extraits de la zone de tourbière),
- ébranchage et façonnage sur place de dépôt,
- tri par produits (5 catégories) défini par l'agent de l'ONF en bord de route,
- stockage des rémanents sur places de dépôt.

Les épicéas, à enracinement très superficiel, n'étaient pas très hauts, (12 m de grume). L'ensemble des ancrages a dû être haubané de manière plus importante que lors d'autres chantiers. Le câble porteur n'a pas pu être tendu de façon optimale (tension maximale de 10 tonnes au lieu de 14 pour un chantier normal). Malgré ces précautions, l'amarrage a cédé à plusieurs reprises au cours du chantier.

Contrairement aux idées reçues, il apparaît que ce chantier n'a pas été déficitaire. La recette engendrée est logiquement plus faible que pour un chantier classique. Mais la technique a permis de valoriser des bois qui n'auraient pas été exploités par d'autres moyens.

QUELQUES CHIFFRES CLÉS SUR LA COUPE ESTIMATIONS DE MARTELAGE
Volume total à exploiter : 1 377 m³
Volume à l'hectare : 228 m³/ha
Nombre de tiges à l'hectare : 245 tiges/ha
Volume de l'arbre moyen : 0,94 m³
Hauteur moyenne de la grume : 12 m

QUELQUES CHIFFRES CLÉS SUR LE CHANTIER
Nombre de lignes : 3
Longueur moyenne des lignes : 250 m
Indice Prélèvement Câble : 1,42 m³/ml

COÛTS DES LIFE
L'exploitation a coûté en moyenne 39 €/m³ dont :
Abattage, façonnage, tri des produits : 12 €/m³
Débardage par câble-mât : 27 €/m³

• CARACTÉRISTIQUES DE LA COUPE

Le câble-mât est envisageable quand :
• Indice de Prélèvement Câble (IPC) > 0,5 m^3/m
• Volume de l'Arbre Moyen (VAM) > 0,7 m^3.

Si les bois à sortir sont de petit diamètre, que l'IPC est faible, que les lignes sont trop longues ou que l'accès du câble n'est pas possible, il faudra choisir une autre technique, comme la mécanisation avec des engins à basse pression au sol.

Éléments clés pour contacter un câbliste et connaître la faisabilité d'un chantier

• **Caractéristiques du site :** surface, pente, dessertes et places de dépôt, réseau hydrographique sur fond cartographique, et hauteur du peuplement.
• **Données de martelage :** nombre de tiges et volume par classe de diamètre, volume total, volume à l'hectare, volume de l'arbre moyen, catégories de produits et diamètres de découpe.

▶ LA PETITE MÉCANISATION SUR CHENILLES

La petite mécanisation présente aussi des performances intéressantes en matière de protection des sols. Plusieurs matériels ont été testés ces dernières années : le "cheval de fer", matériel suédois et la gamme "Forcat" de Symbiose (constructeur Français). Les engins de la gamme "Forcat" exercent une très faible pression au sol, proche de celle exercée par le pas de l'homme. Cette technique semble intéressante sur des sols peu portants, quand une exploitation par câble téléphérique est difficilement envisageable (petite parcelle, faible prélèvement, faible volume unitaire…).

Documents utiles

• *Pour une exploitation respectueuse des sols. Chantiers de démonstration. BARTOLI M., PISCHEDDA D. , CHANGNON J. L.* - 2006 - Rapport technique DGFAR, ONF, CTBA.

• *Exploitation d'épicéas, à plat, sur sols tourbeux : essai de débardage par câble-mât en Morvan (France).* DURLET P., ZAKIN C. - 2008 - Article Forêt Wallonne n° 100.

• *Pour une exploitation respectueuse des sols et de la forêt "prosol". PISCHEDDA D.* Coord. - 2009 - Guide pratique ONF / FCBA.

AMÉNAGEMENT

OUVRAGES DE FRANCHISSEMENT DES COURS D'EAU

Éviter la mise en suspension de matériaux fins dans les ruisseaux lors des exploitations forestières en aménageant les points de franchissement.

PRINCIPES D'ACTION

Si le franchissement est nécessaire et inévitable, plusieurs dispositifs peuvent être envisagés en fonction des caractéristiques du point de franchissement, de la fréquence et de l'intensité de passage, des modalités d'exploitation, de l'intérêt patrimonial du cours d'eau et des risques potentiels de dégradation liés à d'autres activités (circulation de loisirs motorisés par exemple).
Si le franchissement est occasionnel, on installera un dispositif temporaire.
Si l'utilisation est fréquente et le volume de bois à débarder est important sur plusieurs années, l'aménagement d'un ouvrage permanent doit être privilégié. Un fort intérêt patrimonial d'un cours d'eau, même rarement traversé, peut aussi justifier l'installation d'un ouvrage permanent.

Éléments réglementaires

La traversée répétée des cours d'eau lors des travaux forestiers pouvant entrainer une dégradation des zones de frayères rentre dans le champ de la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques. Toute opération nécessite de prendre contact avec le Service de Police de l'Eau de la DDT auparavant.

DISPOSITIFS DE FRANCHISSEMENT TEMPORAIRES

Intérêt

L'aménagement d'un système temporaire permet de limiter l'impact des travaux forestiers, notamment du débardage, sur les cours d'eau et sur la faune, tout en restant d'un coût faible (matériaux et temps de mise en œuvre). Cela permet aux entreprises de travaux forestiers d'équiper des traversées pour des exploitations occasionnelles.

Pont de billons et de tubes PEHD

Un "pont de bois" installé temporairement, le temps de l'exploitation, se compose de billons issus de l'exploitation placés dans le lit, parallèlement au sens du courant. Des tubes en

Installation d'un pont de billons avec des tubes PEHD dans le Châtillonnais (21).

Polyéthylène Haute Densité (PEHD), intercalés au fond avec les billons, complètent l'ouvrage pour permettre un meilleur écoulement de l'eau. Cet aménagement nécessite généralement peu de temps de mise en œuvre : une à quatre heures de travail, démontage compris.
Actuellement, les tubes en PEHD, "Ecobox" ou "Ecopal", sont vendus par Fransbonhomme, en longueur de 6 mètres, pour l'adduction d'eau.
Pour les ouvrages temporaires, les diamètres les plus utilisés sont 25 et 30 centimètres. Les tubes peuvent être découpés à 4 mètres.
La technique peut être avantageusement améliorée en déposant, sur la bande de roulement, un tapis de branchage (rémanents) qui contribuera à constituer un filtre supplémentaire contre les boues mobilisées par les pneumatiques.
À la fin de l'exploitation, l'ensemble doit être démonté soigneusement après usage pour éviter tout départ massif de matières fines dans le ruisseau. Les billons sont récupérés et valorisés avec le reste de la coupe.
Il n'y a pas de limite a priori dans la largeur maximale pouvant être traversée. Ce sont les difficultés de mises en place qui constituent le facteur limitant. Plus le cours d'eau est profond, large, ou le débit fort, plus l'aménagement sera difficile à installer. L'utilisation de ces méthodes sur des rivières de 7 à 8 mètres de large avec des profondeurs moyennes de 0,50 mètre à 0,80 mètre n'a posé aucun problème.

Plusieurs dizaines de chantiers forestiers ont pu être équipés de franchissement de ce type. Contrairement à ce que l'on pensait, ce type d'aménagement résiste bien aux petites crues si le diamètre et le nombre des tubes ne sont pas sous-évalués. L'aménagement de gué large et aux berges peu marquées avec cette technique est tout à fait possible, en prenant deux précautions :
• diminuer le diamètre des billons sur les bords,
• déposer un gros tas de rémanents en entrée et sortie d'ouvrage afin de faciliter la montée de l'engin sur l'ouvrage.
D'autre part, cette technique, bien adaptée au débardage par porteur, fonctionne également pour le débardage de bois tirés dans la mesure où la tête des grumes est surélevée.

Ouvrage sur gué plat lors d'un débardage avec traîne des bois. Rémanents pour filtrer la boue venant du chemin.

Ouvrage monté en 1h30 par deux opérateurs habitués sur le Ternin (7 mètres de large).

Cette technique répond la plupart du temps aux exigences du milieu. La mesure des impacts réalisée sur le ruisseau du Norvaux (Amancey, 25) lors d'une exploitation forestière a montré l'efficacité de ce type de dispositif puisque aucun colmatage majeur de substrat n'a été mis en évidence (Eaux Continentales, 2007).
Le pont billons et tubes PEHD n'est cependant pas efficace ou pas adapté à toutes les conditions de terrains ou de météorologie :
• rivière trop large et/ou débit important,
• engin de débardage ne possédant pas de griffe,
• ruisseau empruntant le chemin de débardage.
En cas de fortes précipitations, des flaques boueuses peuvent se former de part et d'autre du pont. Il faut faire attention à ne pas renvoyer cette boue dans le ruisseau à chaque passage de l'engin ou lors du démontage. La mise en place des rémanents aux abords de l'ouvrage est indispensable pour limiter l'accumulation de boue et servir de filtre.

Partenariat Parc du Morvan et entrepreneurs de travaux forestiers pour **développer l'utilisation des tubes PEHD**

En Bourgogne, l'association régionale des entrepreneurs de travaux forestiers (CIPREF) a été associée dès les premières réflexions, lors d'une étude menée par le Parc et l'AFOCEL en 2003. Dans le cadre de la Charte forestière du Morvan et du LIFE "ruisseaux", le Parc du Morvan a acquis des tubes PEHD pour les mettre à disposition des entrepreneurs de travaux forestiers. Le CIPREF a réparti les tubes sur le territoire et a accompagné les professionnels pour leur mise en place.

Mise en place du prototype de rampes grâce à la pince d'un porteur.

Rampes métalliques

Les rampes métalliques amovibles, d'une portée de 3 mètres, pèsent de 500 à 700 kg et peuvent supporter une charge de 25 à 30 tonnes. Chaque rampe est formée de deux longerons, distants de 50 centimètres reliés entre eux par des traverses. Des caillebotis métalliques ou une grille viennent ensuite se fixer sur cette ossature.
Leur utilisation est limitée à des ruisseaux dont la largeur est inférieure à la portée de la rampe et dont les berges sont bien marquées. Ce type de matériel est très rapide à mettre en place, à démonter et à déplacer et convient tout particulièrement dans le cas où le cours d'eau doit être franchi en de nombreux points.

Utilisation des rampes "Hultdins" lors d'un test réalisé par l'ONF.

Cette technique est efficace contre la dégradation physique des berges et du lit du cours d'eau. Cependant, elle ne permet pas d'éviter la mise en suspension de matières fines.
Ce type de matériel est peu répandu. Le prototype fabriqué pour le Parc du Morvan est mis à disposition des entrepreneurs de travaux forestiers. Cependant, le poids des rampes rend le système de prêt difficile à mettre en œuvre.
Un modèle de rampe de 4,90 mètres, développé par Hultdins (entreprise suédoise de matériel d'exploitation forestière), a été acheté et a été testé par l'ONF des Vosges en 2009.

COÛTS DES LIFE
6 tubes PEHD de 250, et 6 tubes PEHD de 300 (juin 2009) : 790 € TTC livrés
Prototype de rampes de 3 mètres (2002) : environ 5 000 € HT
Rampes "Hultdins" (devis en 2008) : environ 8 500 € HT + 1 300 € de livraison

Éléments réglementaires

Un kit de franchissement type tubes en PEHD correspond à un ouvrage modifiant le profil en long du ruisseau. Il est donc indispensable de faire une déclaration auprès du Service de Police de l'Eau (article R. 214-1 du Code de l'Environnement ; rubrique 3.1.2.0-2).

DISPOSITIFS DE FRANCHISSEMENT PERMANENTS

Intérêt

Les ouvrages de franchissement permanents permettent de manière durable de limiter les impacts des débardages sur des points fréquents de traversée de cours d'eau ou pour les ruisseaux particulièrement sensibles.

Les passages busés

Généralement, les dispositifs de franchissement permanents sont réalisés avec des buses rondes en béton. C'est la technique la plus économique mais elle n'est pas sans présenter des inconvénients en termes de préservation de la qualité des cours d'eau et des espèces. En effet, **les buses rondes sont souvent sous-dimensionnées et/ou mal posées et peuvent être infranchissables pour la faune aquatique.** Leur installation demande d'intervenir sur le lit du ruisseau, ce qui peut engendrer des dégradations problématiques pour la faune aquatique en aval.

Buse ronde avec chute d'eau de 60 cm à l'aval infranchissable pour la faune aquatique.

Le dalot (section rectangulaire) est plus satisfaisant pour garantir la libre circulation des espèces mais son coût est bien plus important et son installation exige aussi d'intervenir dans le lit du ruisseau.

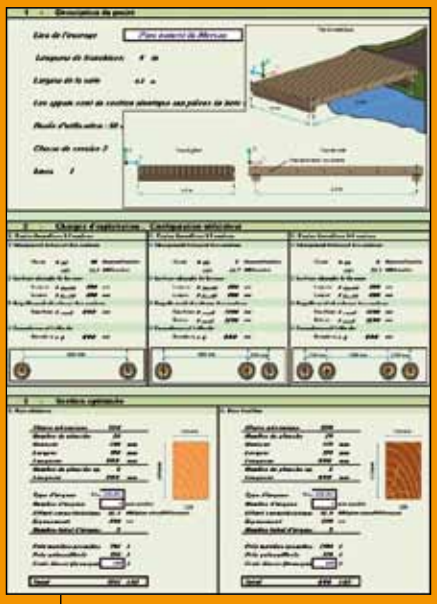
Dalot sur le ru d'Avau (21), avec reconstitution d'un lit naturel.

Le pont en bois

Le pont en bois, très utilisé en région montagneuse, en Scandinavie et en Amérique du Nord, mais oublié dans nos campagnes, est une solution intéressante.
Plusieurs collaborations avec des artisans locaux ont permis de concevoir et d'installer des ponts en rondins. Afin d'éviter le risque d'arrachage lors de la traîne des bois, les rondins du tablier sont placés dans le sens de la circulation des engins.
Ils ont été dimensionnés pour la traversée d'engins forestiers chargés, soit 15 tonnes par essieu. Ils présentent l'avantage de ne pas avoir à toucher le lit du ruisseau pendant l'installation et d'être bien adapté, aux passages à gué relativement plats. Un autre intérêt est de valoriser une ressource locale.

Le dimensionnement **des ponts en bois**

Comment dimensionner les ponts en bois est souvent une question qui se pose. Un outil a été développé par l'École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers de Cluny, permettant le pré-dimensionnement de ces ponts et donnant un prix indicatif. Une fiche de calcul libre de droits, ainsi qu'un rapport d'étude et un tutoriel sont disponibles sur le site : www.life-continuite-ecologique.eu/



Extrait d'une feuille Excel de l'outil de dimensionnement des ponts en bois.

Pont en rondins sur le Saint-Marc.

▶ EXEMPLES DES LIFE

Sur le site Natura 2000 "Ruisseaux à écrevisses du bassin de l'Yonne Amont", quatre ponts en Douglas ont été installés pour équiper les sites de franchissement potentiels par les engins d'exploitation et par les quads. En 2009, plusieurs exploitations ont été réalisées dont une de plus de 6000 m³. Les deux ponts utilisés pour cette exploitation ont très bien résisté. Ce sont les abords, malgré une quantité importante de remblais, qui ont le plus souffert du fait de la faible portance du fond.

Le point de franchissement équipé d'un pont retient une couche de 20 cm de boue mobilisée par l'opération de débardage.

10 ans plus tard

Huit ponts, construits au moment du Life "Ruisseaux", soit de 2006 à 2008, ont été diagnostiqués en juin 2017. Aucun des ponts n'a de défauts géométriques. Quatre des ponts ont des poutres non jointives probablement dû à un défaut de construction. Tous les ponts possèdent des fissures sur au moins un des quatre éléments de l'ouvrage (culées, poutres latérales, intrados/extrados du tablier) allant de 1 mm à 60 mm. Quelques apparitions de champignons ont été observées. Pour finir aucun défaut d'éléments de liaison n'a été détecté sur l'ensemble des ponts visités. En conclusion, les ponts sont en bon état de fonctionnement mais semble avoir subi un vieillissement prématuré du fait que les culées soient en contact plus ou moins prolongé avec l'eau. A l'avenir, il sera judicieux de concevoir des culées en enrochements ou en béton.

10 ans plus tard, le pont toujours utilisé. Il présente quelques fentes et gerses, ainsi que des champignons sur environ 10% de la surface de l'intrados du tablier et des culées.

Les arches métalliques

Les arches métalliques sont des demi-buses qui présentent l'intérêt de ne pas modifier le fond du cours d'eau. Elles s'adaptent plutôt à des cours d'eau encaissés car, dans le cas de gué plat, la quantité de remblais à apporter est très importante.

Pour de petits cours d'eau, section de moins de 1 mètre, il existe des modèles d'arches auto-portées qui se posent directement au sol, sans assise en béton avec un remblai d'au moins 40 centimètres d'épaisseur. Pour de plus grands cours d'eau, les arches classiques nécessitent une assise béton.

Arche métallique et sur semelle béton dans le Morvan.

Leur mise en œuvre est très aisée. Cependant, ce type de matériel est actuellement difficile à trouver en France (un seul distributeur – SIREB).

Éléments réglementaires

L'installation d'un franchissement du type buse ou dalot carré correspond à un ouvrage modifiant le profil en long du ruisseau. Il est donc indispensable de faire une déclaration auprès du Service de Police de l'Eau (article R. 214-1 du Code de l'Environnement ; rubrique 3.1.2.0-2). Pour les ouvrages ne modifiant pas le lit, type pont en bois, l'installation ne demande pas, a priori, d'autorisation réglementaire.**Ponts de bois sur le Saint-Marc et ses affluents (Brassy, 58)**

Les passages à gué

L'intérêt des dispositifs précédemment présentés est de permettre aux engins forestiers de traverser hors d'eau évitant l'apport de matières fines par lessivage des pneumatiques.

Les passages à gué classiques, si le cours d'eau n'est pas à sec, ne permettent pas de limiter cet apport. Ils présentent simplement l'intérêt de stabiliser les berges et le fond du cours d'eau pour permettre le passage répété des engins.

Dans le cadre du LIFE "ruisseaux", cette technique a été utilisée sur les ruisseaux temporaires de la forêt domaniale de Chaux (39). Le faible coût a permis d'aménager une trentaine de sites et de matérialiser les points de franchissement identifiés dans le cadre du plan d'exploitabilité "orienté eau". Ces ouvrages ne préservent les cours d'eau que s'ils sont utilisés en période d'assec.

Passage à gué empierré sur un ruisseau temporaire de la forêt de Chaux.

COÛTS DES LIFE

PONTS EN BOIS	ARCHES AUTOPORTÉES	GUÉS
Nombre d'installations : 14 ponts Coût maximum : 7 560 € HT Coût minimum : 3 638 € HT	Nombre d'installations : 7 arches Coût moyen : 4 420 € HT Coût de l'arche seule : 3 300 € HT	Nombre d'installations : 30 gués sur ruisseaux temporaires Coût moyen : 2 250 € HT

Documents utiles

• *Le franchissement des cours d'eau et des zones humides lors des exploitations forestières dans le Parc naturel régional du Morvan - 2004* - Rapport technique AFOCEL – PNR Morvan, 2004

• *Fiche info-forêt* N°690, AFOCEL, 2004

• *Suivi de l'impact des traversées de cours d'eau lors des travaux forestiers. Eaux Continentales. - 2007* - Rapport technique LIFE 04NAT/FR/000082.

• *Dimensionnement suivant les Eurocodes 5 de ponts constitués de pièces en bois massif pour le franchissement de cours d'eau à l'usage d'engins forestiers et agricoles. Rapport d'étude de l'Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers de Cluny pour le PNR du Morvan, 2015.*

Exploitation agricole et ruisseaux de têtes de bassins

CONTEXTE GÉNÉRAL

Les zones de moyenne montagne de Bourgogne et de Franche-Comté accueillent une activité agricole plutôt extensive, essentiellement basée sur la production fourragère pour l'élevage des bovins.

Les actions engagées dans le cadre des programmes LIFE n'ont ainsi porté que sur le volet élevage de l'activité agricole.

Malgré le caractère globalement extensif de ces exploitations, des impacts notables peuvent être observés sur les ruisseaux de têtes de bassins, du fait de leur petite taille.

Il peut s'agir en premier lieu d'altération de l'habitat par le piétinement du bétail, de curages ou encore d'altération de la qualité de l'eau et des sédiments par des produits chimiques herbicides ou d'origine vétérinaire.

Les descentes répétées des bovins vers les ruisseaux de petites dimensions causent un affaissement des berges et la disparition des habitats favorables à la faune aquatique.

PROBLÉMATIQUE **1**

DÉSTRUCTURATION ET BANALISATION DE L'HABITAT RIVULAIRE PAR LE BÉTAIL

▶ DESCRIPTION GÉNÉRALE

Une part importante de l'intérêt des habitats des ruisseaux est liée à la diversité morphologique des berges et notamment à la présence de sous-berges qui constituent des caches et des micro-habitats très recherchés par la faune aquatique.

Dans le cas d'un ruisseau, cette structure en sous-berges est fragile et peut facilement être détruite sous le poids du bétail. Les sous-berges s'effondrent, le lit s'élargit, la lame d'eau diminue et les zones de caches disparaissent. La diversité des habitats régresse, l'hydrosystème se banalise et devient nettement moins attractif pour la faune aquatique.

La structure de la berge est façonnée par la force hydraulique du cours d'eau. Dans le cas des ruisseaux, leur puissance est limitée et la déstructuration des sous-berges mettra très longtemps à se restaurer.

La diversité morphologique des berges est également favorisée par la présence d'une ripisylve équilibrée. Le système racinaire des arbres de berges apporte une diversité d'habitats et un frein à l'érosion favorisant alors la qualité écologique de la berge.

Suite à une coupe à blanc des arbres de berges, l'abroutissement des jeunes arbres par le bétail et le piétinement important sont des facteurs limitant la reconstitution de la ripisylve.

Les arbres de berges sont des éléments structurants du ruisseau, indispensables au maintien des équilibres écologiques.

Les sédiments mis en mouvement par le bétail ou les engins agricoles vont, à terme, colmater le lit du ruisseau.

PROBLÉMATIQUE **2**

APPORT DE SÉDIMENTS FINS ET COLMATAGE DES FONDS

▶ DESCRIPTION GÉNÉRALE

Les particules fines apportées en excès vont, en sédimentant, colmater et homogénéiser le substrat du ruisseau. On observe une baisse des échanges entre l'eau courante et l'eau interstitielle, entraînant une désoxygénation du substrat, le rendant moins favorable à la faune benthique et impropre au frai de certaines espèces.

En contexte prairial, trois principales sources de mobilisation des sédiments sont relevées :

• l'effondrement des berges causé par le bétail,

• les traversées répétées à gué des engins agricoles et du bétail,

• l'ensemble du réseau de drainage superficiel des prairies, même les rigoles de faibles profondeurs qui, par érosion, mobilisent une quantité importante d'éléments fins.

PROBLÉMATIQUE **3**

RÉCHAUFFEMENT ESTIVAL DE L'EAU

▶ DESCRIPTION GÉNÉRALE

L'absence de ripisylve sur un tronçon de ruisseau augmente fortement les effets de l'ensoleillement. Compte-tenu du débit limité des ruisseaux en période d'étiage estival, accentué par les prélèvements d'eau liés à l'abreuvement du bétail, on observe une augmentation notable du réchauffement de l'eau aux périodes les plus chaudes de la journée. Durant la nuit, les effets de l'absence de ripisylve ne sont plus notables.

L'effet induit par ce réchauffement journalier est donc une augmentation de l'amplitude thermique nycthémérale. Ce facteur est particulièrement pénalisant pour les espèces sténothermes comme l'Ecrevisse à pattes blanches ou la Truite fario.

De plus, l'apport de lumière et le réchauffement, surtout dans un contexte eutrophisé par les amendements agricoles, favorisent également le développement d'algues filamenteuses qui participent au colmatage du substrat.

▶ EXEMPLES DES LIFE

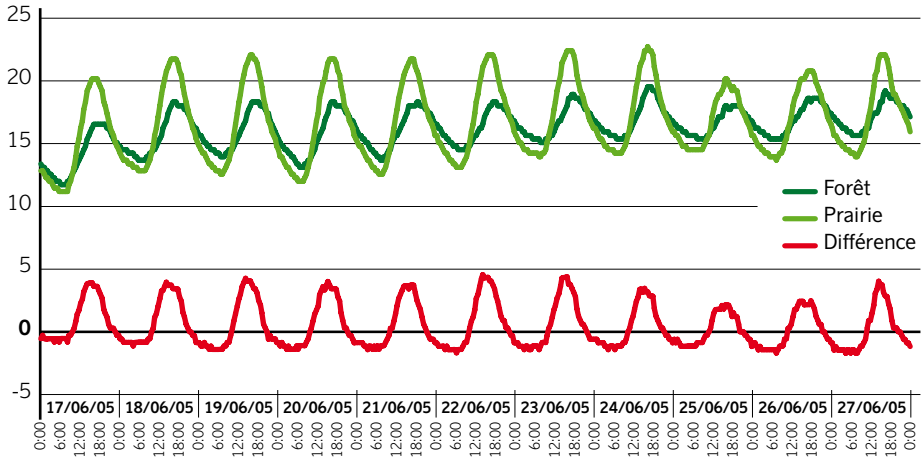
Sur ses 400 premiers mètres, **le ruisseau de Vaucorniau** (Brassy, 58) coule en contexte globalement forestier. Ensuite, il traverse une parcelle prairiale, totalement dépourvue de ripisylve sur environ 450 mètres.

Deux sondes thermiques ont été installées, une sur la partie aval de la zone boisée et une en aval de la zone prairiale.

	Zone forestière	Zone prairiale
T°C moyenne	14,7 °C	15,1 °C
T°C maximum	19,5 °C	22,7 °C
Nb Val > 21°C	0	80
Nb Val > 20°C	0	157
Nb Val > 19°C	27	254
Nb Val > 18°C	198	436
Amplitude journalière minimum	0,83 °C	1,38 °C
Amplitude journalière maximale	5,80 °C	9,74 °C

Comparaison des caractéristiques thermiques du ruisseau des stations boisée et prairiale du ruisseau de Vaucorniau. *Une mesure toutes les 30 minutes du 09 juin au 10 août 2005.*

L'absence d'ombrage dans la partie prairiale entraîne une forte augmentation des températures maximales et de l'amplitude thermique du ruisseau.



AMÉNAGEMENTS PROPOSÉS

Plusieurs aménagements testés dans le cadre des programmes LIFE permettent de répondre pour tout ou partie aux dysfonctionnements observés en contexte agricole. Chacun de ces aménagements est détaillé dans les fiches ci-après.

PROBLÉMATIQUES	1	2	3
Protection des berges et restauration de la ripisylve	X	X	X
Aménagement de franchissements	X	X	
Diversification du lit mineur	X		
Restauration hydromorphologique et création d'un bras digesteur de MES par filtration écologique en régime de hautes eaux		X	

AMÉNAGEMENT

PROTECTION DES BERGES
ET RESTAURATION DE LA RIPISYLVE

La mise en défens du cours d'eau permet d'éviter l'affaissement et l'érosion des berges liés au piétinement du bétail. Le maintien, voire la restauration de la ripisylve, permet de maintenir la structure de la berge et de garantir un ombrage atténuant le réchauffement de l'eau.

▶ MISE EN PLACE DE CLÔTURES

INTÉRÊT

La pose de clôtures est la technique la plus efficace pour éloigner le bétail du cours d'eau et ainsi éviter l'impact sur les berges et sur la ripisylve.

Clôture et sur le ruisseau piétiné de Bazoches (Domecy-sur-Cure, 89)

Clôture électrique ou traditionnelle ?

Les clôtures électriques présentent l'avantage d'être amovibles. Elles permettent ainsi à l'exploitant agricole de pouvoir les enlever pour réaliser l'entretien des bordures du parc, si cette opération est vraiment obligatoire.
Dans le cas de rivières à fortes crues, l'utilisation de clôtures amovibles est préférable. Elles seront démontées en période hivernale afin d'éviter leur dégradation par les crues et la formation d'embâcles.
Cependant, les phénomènes de crue de telle ampleur sont rares dans les ruisseaux de têtes de bassins.
Dans le cadre des programmes LIFE, seules des clôtures en fils barbelés ont été installées.

> ⚠ Les piquets en bois doivent être parfaitement secs pour ne pas risquer qu'ils prennent racine comme cela peut être le cas avec le Robinier-faux-acacia.

Contrairement aux clôtures amovibles, les clôtures fixes assurent la garantie de leur utilisation. Classiquement, un piquet en bois est planté tous les 3 mètres et 3 à 4 fils barbelés sont tendus. Afin de limiter l'embroussaillement en bordure de parcelles, il est envisageable d'augmenter l'espace entre les deux fils du bas de manière à permettre au bétail de brouter les plantes juste derrière la clôture. Il faut veiller à ce que la hauteur au sol du premier fil ne permette pas au jeune bétail de s'échapper.

D'autres techniques, non testées dans le programme, mais qui se développent peu à peu, consistent à tendre 2 à 3 fils galvanisés (selon le bétail à contenir), électrifiés, sur des piquets en bois plantés tous les 7 à 10 mètres. Cet aménagement présente l'avantage d'être moins coûteux (économie sur le nombre de piquets et leur pose qui compense le coût des fils, de l'électrification et des isolateurs), fixe, et d'un entretien assez aisé.

Distance par rapport à la berge

Une distance de 2 à 3 mètres entre la clôture et la berge semble être une bonne solution dans le cas de petits ruisseaux pour permettre la protection de la berge et de la végétation rivulaire. Une clôture plus proche des berges permettra de contrôler l'accès du bétail et de supprimer l'impact du piétinement, mais ne sera pas totalement efficace pour éviter l'abroutissement de la ripisylve.

L'acceptation de cette action par les agriculteurs n'est pas toujours évidente. Il est parfois nécessaire d'adapter les travaux mais toujours est-il qu'il faut accorder une grande importance à la solidité de la clôture, en prévoyant par exemple des jambes de force sur les grandes distances et les angles. Et dans un souci d'acceptation sociale, il est nécessaire également de prévoir des passages pour les pêcheurs.

▶ MISE EN PLACE D'ABREUVOIRS

Lorsque les parcelles sont bordées ou traversées par des ruisseaux, ceux-ci sont souvent utilisés comme point d'abreuvement. Dans le cas des ruisseaux intra-parcelles, il est souvent plus simple de prévoir le lieu d'abreuvement au niveau d'un passage à gué (*cf.* fiche p. 55). Lorsque cela n'est pas possible, il convient d'aménager un accès à l'eau. Ces aménagements agricoles n'ont d'intérêt que si ils accompagnent une mesure de protection physique rivulaire (clôture et ripisylve).

Exemple d'abreuvoir "rustique" en enrochement sur le Cousin (Avallon – 89)

L'utilisation du "Bi-stable" doit éviter que le bétail s'enfonce et ainsi permettre de revégétaliser durablement la descente à l'eau et ainsi éviter la mobilisation de matières fines.

MISE EN PLACE

Plusieurs techniques existent permettant, soit de supprimer totalement l'accès au ruisseau pour le bétail en créant un point d'abreuvement dans la parcelle (pompe à nez...), soit de concentrer l'accès à l'eau en un point aménagé du ruisseau.

Dans le cadre des programmes LIFE, compte tenu de la petite taille des cours d'eau ciblés, la seconde option a le plus souvent été retenue. Plusieurs types d'aménagement de descente existent, deux problèmes se posant systématiquement : les animaux doivent avoir accès à l'eau quel que soit le débit du ruisseau, et l'aménagement doit être réalisé de façon à ne pas être dégradé par les crues ni générer d'érosion de la berge.

Les abreuvoirs concentrent le piétinement en un seul point, limitant ainsi la dégradation du linéaire de berges. Pour diminuer l'effet de cette concentration, il est important de stabiliser la descente vers le ruisseau en l'empierrant ou en utilisant d'autres techniques.

Concernant l'empierrement, il est préférable d'utiliser une couche de finition de 0-80 mm, de 20 cm min d'épaisseur, afin de ne pas blesser les pattes des animaux, et de stabiliser une pente à 15% maximum.

LES ABREUVOIRS EN "BI-STABLE"

Le "Bi-stable" est un matériel disponible auprès des revendeurs de matériels destinés à l'élevage. Il sert habituellement à stabiliser les secteurs fortement piétinés par les bovins.

Après avoir préparé la descente, de manière rigoureusement plane, une première nappe d'accroche est mise en place. Par-dessus, des dalles plastiques viendront se fixer et garantiront un point dur pour éviter que le bétail ne s'enfonce dans un sol mou. Le tout est recouvert de terre et revégétalisé.

Afin d'éviter que les dalles se déchaussent, il est important qu'elles soient posées sur une surface bien plane. Avant de remettre le bétail dans la pâture, il est préférable que la végétation se soit correctement réinstallée sur la descente de l'abreuvoir.

10 ans après... Les résultats ne sont pas ceux escomptés sur les abreuvoirs en "bi-stable" construits au moment du Life "Ruisseaux". Les tapis ont tendance à se déchausser. La quantité de remblais sur le tapis a peut être été sous-évalué. Il est préférable à l'avenir de prévoir une charge de remblais plus importante.

▶ RESTAURATION DE LA RIPISYLVE

Très fréquemment, le piétinement du bétail et l'entretien mécanisé des berges dégradent ou détruisent totalement la strate herbacée et les jeunes ligneux de la ripisylve. La régénération de l'habitat naturel est alors impossible.

Le maintien d'une bande boisée naturelle entre milieu agricole et la berge du cours d'eau serait idéal (capture des sédiments par effet de peigne, limitation mécanique des dégâts des crues sur les terrains agricoles, capture d'une partie des fertilisants ruisselants, fonction d'habitat et de corridor écologique).

Les corsets permettent la protection individuelle des arbres si la solution de la clôture ne peut pas être retenue.

• **Le développement naturel de la ripisylve est souvent limité par l'abroutissement du bétail.** Si des arbres ou des arbustes sont encore présents en berge, la mise en défens sera suffisante pour garantir la reprise de la végétation. Cette technique est souvent plus efficace que la plantation.

• **Suite à une coupe à blanc totale,** une régénération naturelle issue des arbres semenciers situés en amont peut être espérée, notamment pour l'Aulne glutineux ou les saules, mais celle-ci n'est pas assurée. La reconstitution de la ripisylve nécessite souvent des plantations ou des bouturages. Il est souhaitable de prélever les essences voulues dans les ripisylves, les haies et les bosquets proches du ruisseau, ce avec l'accord des propriétaires. Si on doit acheter des plants, il faut impérativement sélectionner des essences autochtones, si possible de provenance locale ou similaire aux conditions pédologique et climatique du secteur. Pour tout achat de plants, il faut dresser la liste des espèces avec leur nom en latin et exiger une certification de leur authenticité.

Dans le cas où la mise en défens par clôtures n'est pas envisageable, il est possible de protéger les plantations pied à pied avec des "corsets métalliques" similaires à ceux utilisés dans les vergers pâturés.

LUTTE CONTRE LA RENOUÉE DU JAPON

Cette plante originaire d'Asie a été introduite en Europe, depuis 1825, à des fins ornementales. Depuis elle s'est échappée des jardins et colonise les terrains remaniés (remblais de travaux publics, berges de rivière ...). La Renouée du Japon présente une forte tendance à envahir les endroits sur lesquels elle s'implante au détriment des plantes naturellement présentes, notamment sur les rives des cours d'eau. Les conséquences de sa présence sont un mauvais maintien des berges des cours d'eau et une très faible biodiversité. En effet, la Renouée du Japon ne possède pas de système racinaire développé qui permet de résister aux forces d'arrachement des rivières. Il convient donc au préalable à toute opération de restauration de la ripisylve, de lutter contre la Renouée du Japon présente sur les berges.

La supprimer totalement d'un bassin versant où elle est fortement présente semble illusoire. Il est cependant possible d'éliminer les foyers assez contenus en favorisant la repousse d'une végétation plus adaptée. De nombreuses techniques d'éradication existent ou sont en cours d'expérimentation. Celle qui a présenté le meilleur rapport coût/efficacité dans le LIFE "Continuité écologique" a consisté à :
- éliminer la plante en l'arrachant ou la coupant sans projection de fragments alentour (serpe, sécateur, croissant, faux, etc.),
- poser une bâche géotextile,
- planter des végétaux à croissance rapide et très couvrant.

À savoir qu'une lutte efficace contre cette espèce ne passera que par la formation des riverains à cette problématique. Au cours du LIFE plusieurs informations et démonstrations ont été faites en ce sens.

EXEMPLES DES LIFE

Des chantiers d'éradication de la Renouée du Japon ont été expérimenté avec succès dans le LIFE "Continuité écologique". Par exemple, sur les berges de la rivière Cousin (Avallon, 89), un foyer, de 300 m² environ, a été traité après arrachage, pose d'une toile tissé PP 130 gr/m² et plantation de saule.

▶ EXEMPLES DES LIFE - SUITE

2 mois après les travaux, la Renouée repousse à travers les trous d'agrafes ou le long des boutures de saules. Pendant cette période, il est nécessaire de venir arracher les repousses au moins 3 fois dans l'été.

Au bout d'un an, les saules commencent à prendre le dessus mais il est tout de même nécessaire d'arracher les repousses de Renouée, 1 à 2 fois dans l'été.

Deux ans après, la Renouée du Japon a été éliminée sur le site, concurencée par le Saule.

Des essais ont été réalisés en utilisant du géotextile biodégradable. Cette technique a fonctionné. De nouvelles pistes sont à explorer en utilisant des matéraux locaux et "naturels" tels que le paillage de chanvre tissé.

COÛTS DES LIFE

CLÔTURE FIXE	CORSETS	ABREUVOIRS EN ENROCHEMENT	ABREUVOIRS EN "BISTABLE"	LUTTE CONTRE LA RENOUÉ DU JAPON
Linéaire total : 15 736 m Coût moyen : 6,5 €/ml Coût maximum : 13,8 €/ml Coût minimum : 4,6 €/ml	Nombre total : 45 unités Coût à l'unité : 5, 17 € HT	Nombre total : 30 unités Coût moyen : 730 € HT Coût maximum : 1 100 € HT Coût minimum : 210 € HT La variation de prix vient de l'origine du remblai (pris sur place ou carrière)	Nombre total : 2 abreuvoirs de 15 m³ Coût à l'unité : 650 € HT	Nombre total : 1611 m² Coût fourniture et main d'œuvre avec géotextile tissé PP 130 gr/m² : 7,54 € HT/ m² Coût fourniture et main d'œuvre avec géotextile biodégradable : 8,59 € HT/ m²

Documents utiles

• *L'accès du bétail aux cours d'eau.* DE VOOS L., PETITFRERE P. - 2008 - Les livrets de l'agriculture. Ministère de la Région Wallonne.

• *Film : Une gestion agricole pour la préservation des ruisseaux* sur le site www.life-continuite-ecologique.eu/

AMÉNAGEMENT

FRANCHISSEMENTS AGRICOLES

Les traversées des cours d'eau à gué par les engins agricoles ou par le bétail sont des sources d'apport de particules fines susceptibles de colmater le ruisseau. Plusieurs aménagements sont envisageables pour permettre la traversée sur des surfaces stabilisées ou hors d'eau, tout en garantissant la continuité écologique.

TRAVERSÉES HORS D'EAU

La solution la plus efficace pour supprimer la mise en suspension des particules lors des traversées des engins agricoles ou du bétail est d'aménager des franchissements permettant la traversée hors d'eau.
Les buses en béton, classiquement utilisées lors des traversées intra-parcelles peuvent être néfastes à la circulation de la faune aquatique. Il est donc intéressant de trouver des aménagements qui permettent de conserver les caractéristiques du lit du ruisseau. Afin de favoriser leur utilisation par les exploitants agricoles, ces aménagements doivent être faciles à mettre en place et peu onéreux.

Les buses bétons classiquement installées par les exploitant agricoles dans leurs parcelles représentent des obstacles à la circulation de la faune aquatique.

ARCHES PEHD

À partir d'un tuyau en PEHD coupé dans le sens de la longueur, il est possible d'aménager un dispositif de franchissement permettant la traversée des engins agricoles et du bétail, tout en conservant les caractéristiques du lit du ruisseau. Les tubes sont vendus en longueurs de 6 mètres.
Une fois les tuyaux coupés, il sera donc possible de disposer de 4 arches (demi-tube) de 3 mètres de long.

Buses PEHD coupées dans le sens de la longueur pour faire une arche.

Sur un gué plat, une fois remblayé, l'ouvrage formera un dos d'âne.

EMPLACEMENT

Il est préférable de choisir un endroit où les berges du ruisseau sont bien marquées de manière à éviter que l'ouvrage ne crée un "dos d'âne" qui risquera de s'araser rapidement.

POSITIONNEMENT

En présence d'un substrat solide, l'arche peut être posée à même le fond du ruisseau. Si le substrat semble trop meuble ou si on souhaite rehausser l'arche, on peut la positionner sur des grosses pierres, si possible non jointives, de manière à ménager des caches pour les petites espèces telles que les Ecrevisses à pattes blanches.

Les arches de 4 mètres permettent la traversée des engins agricoles alors que celles de 2 mètres conviennent aux animaux.

REMBLAI

C'est la qualité et l'épaisseur du remblai qui conditionne l'essentiel de la solidité de l'ouvrage.

DIMENSIONNEMENT

L'arche doit avoir au minimum la même largeur que le ruisseau. Un ouvrage rétrécissant la largeur à sa base de l'écoulement entraînera une accélération de l'eau risquant de perturber la stabilité de l'arche.

L'accélération de l'eau liée au sous-dimensionnement de l'arche a causé, à l'aval de l'ouvrage, une érosion importante due à la dissipation de l'énergie.
Ce seuil, en plus d'être difficilement franchissable pour la faune aquatique, risque à terme de déstabiliser l'ouvrage.

LONGUEUR DE L'ARCHE

Les franchissements destinés à être traversés par des engins agricoles ont été dimensionnés en 4 mètres de long.
Des arches de deux mètres de long ont été posées pour permettre le franchissement des bovins. Il est apparu que, positionnée aux points de franchissements habituels sur un ruisseau un peu encaissé, une arche de deux mètres diminue fortement le nombre de traversées dans le ruisseau, même sans clôture.

10 ans après... Les franchissements du type "arches PEHD" se sont très bien maintenus dans le temps et reste un aménagement au rapport coût/efficacité intéressant.

PASSERELLES POUR BÉTAIL

Lorsque que la hauteur de berge est trop importante, il peut être envisagé de positionner une passerelle pour le bétail. Elles serviront uniquement à assurer le transite des bêtes d'une rive à l'autre sans que celles-ci n'est à franchir le cours d'eau. La longueur et la largeur moyenne prévues est de 4 x 2,5 m. Des rambardes de protection sont installées. Les madriers ou diverses pièces de bois utilisés ne devront en aucun cas avoir fait l'objet de traitements chimiques susceptibles de dégrader la qualité de l'eau.

Dans un premier temps, le bétail peut avoir des difficultés à traverser ce type de passerelle car il sent "le vide sous ses pattes". Ceci est dû essentiellement à la résonnance sur le tablier. Ce phénomène peut être atténué en posant un tapis en caoutchouc sur le tablier. Par contre, il est probable que ce revêtement diminue la longévité de la passerelle en maintenant une certaine humidité du bois en dessous.

TRAVERSÉE DANS L'EAU

La stabilisation des passages à gué est une technique très souvent utilisée. Elle permet de limiter la mobilisation des particules fines lors des traversées par les engins ou les troupeaux. Les passages servent également d'abreuvoir pour le bétail. Afin de ne pas risquer des blessures du bétail, il est recommandé de ne pas utiliser de cailloux trop gros sur la couche superficielle de l'empierrement du passage à gué et de prévoir une approche en pente douce.
Il est souhaitable également de fermé le passage à gué "sur les côtés" par une clôture dîtes "flottante" pour ne pas que le bétail remonte ou redescende le cours d'eau.

La stabilisation par empierrement des passages à gué permet de diminuer les impacts des traversées. Le gué peut également servir de point d'abreuvement du bétail.

COÛTS DES LIFE /// PRIX D'INSTALLATION PAR UNE ENTREPRISE

ARCHE PEHD 4 m	ARCHE PEHD 2 m	GUÉ EMPIERRÉ
Nombre d'ouvrages : 15 en 80 cm de diamètre	**Nombre d'ouvrages : 4 en 80 cm de diamètre**	**Nombre d'ouvrages : 20**
Coût moyen : 708 € TTC	Coût moyen : 328 € TTC	Coût moyen : 1 887 € TTC
Coût maximum : 1 064 € TTC	Coût maximum : 370 € TTC	Coût maximum : 2 464 € TTC
Coût minimum : 574 € TTC	Coût minimum : 287 € TTC	Coût minimum : 1 571 € TTC
Buse PEHD, 6 ml, Diam 800 : 1 015 € TTC Buse PEHD, 6 ml, Diam 1000 : 2 236 € TTC		

Documents utiles

• *L'accès du bétail aux cours d'eau. DE VOOS L., PETITFRERE P. - 2008 - Les livrets de l'agriculture. Ministère de la Région Wallonne.*

AMÉNAGEMENT

DIVERSIFICATION DU LIT MINEUR

Restauration douce de l'hydromorphologie d'un ruisseau et augmentation de sa capacité d'accueil piscicole.

INTÉRÊTS

La déstructuration des berges et l'absence d'abris au niveau des prairies piétinées par les bovins, ainsi que les perturbations importantes de l'habitat physique du cours d'eau (érosions de berges, incisions du lit, travaux hydrauliques récents et plus anciens, etc.) limitent fortement les potentialités d'accueil de la faune aquatique. Lorsqu'une opération de renaturation n'est pas envisageable (problème de foncier, non accord avec les propriétaires, etc.) il peut être envisagé de réaliser des travaux de diversification du lit mineurs (épis, blocs, banquettes…) qui auront pour but de :
- recentrer et dynamiser les écoulements,
- diversifier les substrats et les hauteurs d'eau,
- créer des caches et abris pour la faune piscicole.

Tronçon du Cousin altéré par le sur-piétinnement et par les travaux hydrauliques agricoles anciens.

MISE EN PLACE

La méthodologie décrite ci-dessous est issue d'une étude que le PNR du Morvan a commandé à BIOTEC en 2013 : restauration physique d'un tronçon du Cousin (entre l'étang de Saint-Agnan et la RD 977 bis) par diversification du lit mineur.
La mise en œuvre de ces aménagements nécessite une approche globale du cours d'eau. Et là où il est utile d'intervenir, il est nécessaire de combiner plusieurs actions techniques plutôt que quelques actions isolées.
Avant toute intervention, on peut évaluer la garantie de résultat à travers l'estimation de "l'efficience probable de restauration écologique", afin de s'assurer d'une vraie valeur ajoutée écologique. Cette efficience est fonction de la puissance du cours d'eau, de l'érodabilité de ses berges, de son potentiel d'apport solide, de l'emprise disponible laissée au cours d'eau puis de la qualité d'eau.

▶ De manière générale il convient de rappeler que plus un cours d'eau est puissant, plus ses berges sont aisément érodables et plus son transport solide est important, par conséquent :
- meilleure est la garantie de réponse positive du système ;
- plus rapides sont les résultats ;
- plus grande est la pérennité des bénéfices écologiques de la restauration ;
- moindre est le coût, puisque le cours d'eau effectue lui-même une partie du travail de restauration.

Chaque cas étant particulier, les principes présentés ci-contre sont à adapter au cas par cas tout en respectant les principes d'interventions.

▶ **Sur les tronçons de forte pente** (dépassant généralement 0,3%), pour les cours d'eau qui semblent bénéficier de capacités d'auto-ajustement naturelles, il s'agit dès lors de profiter d'un équilibre du cours d'eau rendu instable par tout apport d'élément extérieur. La mise en place de structures de diversification des écoulements et des habitats aquatiques (déflecteurs, souches, etc.) entrainera érosion et transport solide mais également zone de dépôts sablo-graveleux. Implantés en secteur courant à moins de 20 cm sous le niveau moyen des eaux, les aménagements sont mis en œuvre au sein même du lit mineur, ancrés en berges ou proches du lit vif.

▶ **Pour les cas des tronçons sinueux de forte pente**, il est préconisé d'utiliser les capacités naturelles du cours d'eau à travailler latéralement tout en le confrontant à des obstacles en berge (reconstitution de massifs), pour le pousser à créer des sous berges stables. Au sein du lit mineur la mise en œuvre de structures susceptibles entrainera une diversification des écoulements et des substrats.

▶ **Sur les tronçons de faible pente** (n'excédant généralement pas 0,2-0,3%), pour les cours d'eau ne semblant pas bénéficier de ses pleines capacité naturelles d'auto-ajustement, il convient de mettre en œuvre des principes d'aménagements plus agressifs, visant à produire des resserrements du lit mineur et amplifier les phénomènes de diversification des écoulements au sein du lit vif. Ces aménagements (épis déflecteurs) seront montés avec des végétaux récupérés sur sites ou d'apports susceptibles de rejeter, de manière à amplifier l'encombrement du lit et créer des zones de caches et abris pour la faune piscicole y compris en période d'étiage.

⚠ Veiller à toujours chercher à produire des structures se rapprochant des caractéristiques naturelles. Mieux vaut réaliser des amas de galets d'une granulométrie proche de celle du cours d'eau (peut être légèrement augmentée pour supporter des forces tractrices plus importantes). Il est important de signaler que ces petits aménagements ne doivent jamais être réalisés dans des secteurs ou l'absence de vitesse se traduira par une absence totale d'efficacité. Il est fondamental aussi de bien dimensionner ces ouvrages pour qu'ils aient une efficacité hydraulique suffisante.

▶ EXEMPLES DES LIFE

Cette méthodologie a été appliquée notamment sur un linéaire de 700 m du Cousin (Saint-Agnan, 58). Ce linéaire est compris entre deux secteurs à Mulette Perlière. Celle-ci ayant disparu sur le linéaire le plus dégradé. L'objectif était de restaurer ce tronçon dégradé en réalisant des travaux le moins impactant possible pour ne pas perturber la population de mulette perlière à l'aval, déjà en mauvais état de conservation. Les travaux ont consisté en :

- **la création d'épis végétaux**

- **l'installation de troncs d'arbres ou de houpiers**

- **l'installation de souches**

- **l'installation de banc de matériaux**

- **l'installation de blocs de granit**

COÛTS DES LIFE (FOURNITURE ET MAIN D'ŒUVRE)
Épis déflecteur 444 € HT / unité
Souche 275 € HT / unité
Bloc de pierre en granit 60 € HT / unité
Houppiers 410 € HT / unité
Bancs de 0-80 mm en granit 122 € HT / unité

AMÉNAGEMENT

RESTAURATION HYDROMORPHOLOGIQUE ET CRÉATION D'UN BRAS DIGESTEUR DE M.E.S. PAR FILTRATION ÉCOLOGIQUE EN RÉGIME DE HAUTES EAUX

Réduire les apports en Matière En Suspension (M.E.S.) issus d'un bassin-versant agricole vers un cours d'eau à fort enjeux biodiversité.

Confluence du ruisseau de Bazoches et de la Cure en période de hautes eaux (Pierre-Perthuis, 89).

INTÉRÊTS

Une solution curative vise à travailler sur l'hydromorphologie du lit d'un ruisseau de manière à créer des pièges à sédiments fins, et limiter leur apport dans le cours d'eau. Cette action est complémentaire à d'autres actions indispensables et prioritaires pour réduire les apports du bassin versant (pratiques culturales générant du ruissellement, drainage, assainissement, érosion des berges, piétinement…).

Moule perlière sur une station très colmatée.

MISE EN PLACE

L'objectif de cet aménagement est à partir d'un débit équivalent à deux fois le module, de dériver une partie des eaux du ruisseau impacté, dans un bras décanteur. Qui à l'image d'un appareil digestif, est composé :

• d'un bassin primaire de mélange et de décantation ou « stomach basin » qui permet de casser les vitesses dans un dispositif à peignes et de décanter une partie des sédiments,

• puis d'augmenter le temps de séjour dans un dispositif secondaire de bras digesteur en accordéon ou "intestine branch" qui comprend des filtres en fascines mortes et vivantes d'hélophytes,

• puis un passage dans un dispositif tertiaire de filtre à sables.

L'ensemble des dispositifs va créer une zone humide qui s'intégrera dans le paysage et valorisera la zone sur le plan écologique.

Première mise en eau, quelques mois après la création du bras digesteur, et premier dépôts de MES dans l'estomac.

Il n'était pas prévu, ni possible de modéliser le fonctionnement et l'efficacité réelle d'un tel aménagement, mais il met en œuvre de manière cumulée des techniques et procédés qui ont fait leurs preuves sur l'abattement de la concentration en M.E.S. Sur le ruisseau de Bazoches, il est peu probable que ces techniques est un effet significatif sur la turbidité, qui ne peut être traitée correctement que par des techniques lourdes telles que l'ultra-filtration, mais on s'attend à un gain important sur la qualité habitationnelle à l'aval.

COÛTS DES LIFE

La maîtrise d'œuvre 32 045 € HT
Les travaux 80 565 € HT

Documents utiles

• *Maîtrise d'œuvre des travaux de restauration hydromorphologique d'un tronçon du ruisseau de Bazoches. CE3E – 2008.*

Restauration physique d'un ruisseau

CONTEXTE GÉNÉRAL

Les exploitants agricoles et forestiers ont depuis longtemps cherché à évacuer l'eau des sols hydromorphes de manière à les rendre plus facilement exploitables et plus productifs. Les travaux de drainage et de curage ne sont pas nouveaux. Cependant, dans les années 1950, le développement des moyens mécanisés lourds a rapidement augmenté l'ampleur et la rapidité des travaux réalisés et donc leurs impacts sur les milieux naturels.

Les travaux hydrauliques conduisent à une banalisation de l'habitat aquatique.

En plus des objectifs de drainages, les cours d'eau ont souvent été rectifiés pour faciliter les interventions agricoles mécanisées. Dans les cas extrêmes, les ruisseaux ont pu être déplacés pour faire coïncider leur lit aux limites parcellaires.

Suite à une dégradation, la force hydraulique des cours d'eau permet naturellement à la rivière de retrouver un équilibre. Cependant, si les travaux hydrauliques sont trop importants et créent une incision du lit, la restauration ne sera jamais très satisfaisante. De plus, les petites dimensions des ruisseaux et leur puissance plus faible rendent beaucoup plus incertaine cette restauration morphologique sans intervention humaine.

PROBLÉMATIQUE **1**

PERTE DES HABITATS BIOGÈNES

▶ DESCRIPTION GÉNÉRALE

La qualité physique des cours d'eau est déterminée par 4 composantes agissant à plusieurs échelles emboîtées (TELEOS, 2002) : l'hétérogénéité des fonds, des berges et des écoulements, leur attractivité biogène, la connectivité latérale et longitudinale du chenal, et le caractère dynamique du transports solide faisant alterner érosion et sédimentation dans l'espace et dans le temps.

Les travaux à visée uniquement hydraulique (rectification, recalibrage, curages ...) vont perturber l'ensemble de ces composantes. En particulier, la suppression des rugosités, l'accroissement de la section en travers et l'augmentation de la pente qu'ils induisent, concourent à homogénéiser les mosaïques de vitesses de courant et de hauteurs d'eau, à détruire ou à percher les caches et les abris ainsi qu'à réduire la connectivité latérale. Les processus de réajustement dynamiques et les capacités biogènes des cours d'eau en résultent fortement grevés.

▶ COMMENT LE DIAGNOSTIQUER

Plusieurs techniques de cartographie et de caractérisation des habitats aquatiques ont été développées. Dans le cas du LIFE "Ruisseaux", deux échelles d'approches ont été envisagées.

• **L'échelle des tronçons fonctionnels permet d'avoir une approche globale d'un ruisseau.** Le protocole mis au point par la DR5 du Conseil Supérieur de la Pêche et finalisé par le Bureau d'études TELEOS en 1999 (non publié) permet par un calcul de score basé sur les composantes mésologiques de comparer les tronçons à un état de référence non perturbé par les activités anthropiques.

• **À l'échelle de la station, plusieurs protocoles existent** (ex. Méthode des micro-habitats, Indice d'Attractivité Morphodynamique), basés sur la cartographie des types de substrats, des classes de profondeurs et des classes de vitesses. Ces éléments peuvent être caractérisés en pôles d'attractivités permettant ainsi de définir la qualité de la station vis-à-vis de l'accueil de la faune.

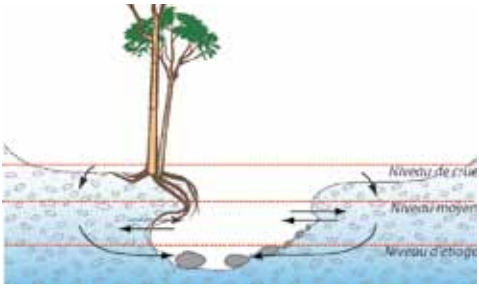
PROBLÉMATIQUE **2**

DIMINUTION DE LA QUANTITÉ D'EAU

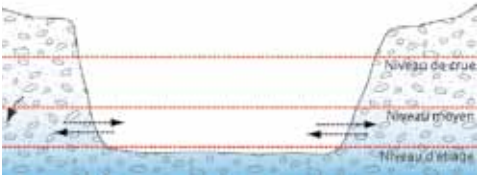
▶ DESCRIPTION GÉNÉRALE

L'enfoncement et le recalibrage du lit provoqués par les travaux hydauliques vont entraîner une modification des échanges entre la nappe d'accompagnement et le cours d'eau.

1 - ruisseau "naturel"



2 - ruisseau reprofilé



Représentation très schématique des échanges entre le ruisseau et sa nappe d'accompagnement en fonction des épisodes hydrologiques

1 : Le niveau moyen est proche du niveau de plein bord du chenal naturel. La nappe d'accompagnement reste à une cote élevée et contribue efficacement à alimenter le ruisseau en période sèche. Les crues sont freinées par la rugosité naturelle du fond et des berges et tamponnées par les débordements en lit majeur et par l'absorption des sols.

2 : Le niveau du ruisseau et de la nappe est bas et n'atteint plus ses capacités de recharge maximales même en hautes eaux. Les débits forts sont rapidement transférés à l'aval accentuant la fréquence et l'amplitude des crues. Les étiages sont sévères par manque de recharge de la nappe et par l'élargissement du chenal.

▶ EXEMPLES DES LIFE

Les ruisseaux temporaires de la Forêt de Chaux (39) ont été majoritairement rectifiés et transformés en fossés de drainage durant les années 1950-1960.

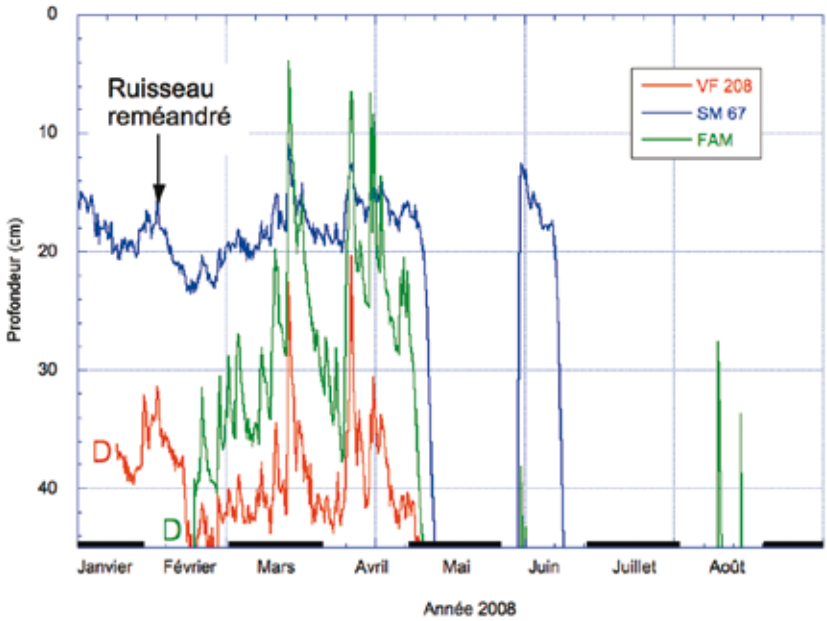
Les effets des travaux hydrauliques sur la nappe d'accompagnement ont pu être clairement montrés en les comparant à des ruisseaux pour lesquels le tracé méandriforme avait été restauré (Lucot et Degiorgi, 2008).

Comparaison des échanges potentiels entre nappe et cours d'eau en période de hautes eaux. Le cours d'eau rectifié limite fortement la recharge hivernale de la nappe.

Cours d'eau rectifié.

Cours d'eau et nappe après restauration.

Suivi des niveaux de la nappe d'accompagnement d'un ruisseau temporaire reméandré et de ruisseaux rectifiés. La nappe du ruisseau en équilibre est nettement plus stable et plus pérenne que celle des autres ruisseaux (LUCOT et al., 2008).



Les piézomètres équipés de sondes enregistreuses permettent un suivi plus précis que les relevés manuels, souvent trop espacés dans le temps.

L'incision du lit, en abaissant la lame d'eau, et la rectification, en accélérant la vitesse d'écoulement, entraînent un drainage accéléré de la nappe alluviale et des zones humides annexes du ruisseau en période d'étiage et diminuent leur recharge en période de hautes eaux.
Durant la période d'étiage, les échanges avec la nappe permettent une alimentation en eau fraîche et diminuent le réchauffement lié à l'ensoleillement, favorisant ainsi les espèces sténothermes d'eau froide comme la truite, le chabot ou l'écrevisse à pieds blancs.

▶ LES MÉTHODES DE SUIVI

Le suivi du battement des nappes se fait grâce à une série de piézomètres. Afin de garantir une fréquence de suivi suffisante pour permettre l'analyse des variations de nappes, l'utilisation de sondes enregistreuses, au moins sur une partie des piézomètres, semble importante.

AMÉNAGEMENTS PROPOSÉS

Plusieurs aménagements testés dans le cadre du programme LIFE "Ruisseaux" permettent de répondre pour tout ou partie aux dysfonctionnements liés à la dégradation physique d'un ruisseau. Cependant, il n'existe pas de recette toute faite en matière de travaux de restauration. Le choix des techniques et le dimensionnement devront être profondément réfléchis, sur la base d'un diagnostic rigoureux. Les aménagements détaillés dans les fiches ci-après ne peuvent apporter que des éléments de réflexion.

PROBLÉMATIQUES	1	2
Création d'un nouveau lit	X	X
Restauration et diversification d'un lit	X	
Restauration des échanges ruisseau - nappe		X

Documents utiles

• *La méthode des microhabitats – protocoles d'application.* SABATON C., VALTIN S. et SOUCHON Y. – 1995 – Rapport CEMAGREF / EDF-DER HE/31-95.10, 33 p.

• *Méthode standard d'analyse de la qualité de l'habitat aquatique à l'échelle de la station : l'IAM*
Synthèse rédigée en 2002 par DEGIORGI F., MORILLAS N. et GRANDMOTTET J. P. - http://www.teleos.info/

• *Restauration de 4 chevelus hydrographiques apicaux affluents temporaires de la Clauge (forêt de Chaux, 39) Appui technique pour les travaux de restauration de la capacité de soutien d'étiage des cours d'eau.*
LUCOT E. & DEGIORGI F. – 2008 – Rapport technique UMR 6249 / LIFE04NAT/FR/000082. 10 p.

• *Les effets du reméandrement des ruisseaux temporaires en forêt de Chaux (Jura, France) sur le fonctionnement hydrique des sols riverains : premiers résultats.* LUCOT E., DEGIORGI F., AUGÉ V., PEREIRA V., DURLET P. – 2008 – Article Forêt Wallonne 97. pp 29-38.

AMÉNAGEMENT

CRÉATION D'UN **NOUVEAU LIT**

Dans certains cas, les travaux hydrauliques ont abouti au déplacement du cours d'eau dans le but de faciliter l'exploitation des terrains, de le faire coïncider avec une limite de parcelles, voire d'utiliser son énergie.

OBJECTIF

Le ruisseau ne coule plus au point bas de la vallée, ce qui entraine d'importantes modifications hydrauliques (pertes par infiltrations, drainage...). Le ruisseau rectifié a également perdu une part importante de ses capacités habitationnelles pour la faune, son fonctionnement global et celui de la nappe d'accompagnement étant fortement perturbés. La restauration a donc pour objectif de rétablir un nouveau ruisseau méandriforme bien positionné dans son talweg.

Les techniques nécessaires à la création d'un nouveau lit pour un ruisseau ne peuvent être résumées dans une fiche synthétique. **Chaque cas est unique et nécessite une étude approfondie.** Les éléments apportés ne peuvent être qu'indicatifs.

© IGN

Les photographies infrarouges, proposées par l'IGN, permettent de détecter les zones plus humides d'un terrain (zones plus sombres). Dans le cas du marais d'Ecrille (39), elles ont permis de mettre en évidence des tronçons abandonnés depuis plus de 200 ans et de servir de base au calcul du nouveau tracé.

MISE EN PLACE

L'enjeu de la recréation d'un nouveau lit est de restaurer un tracé et un gabarit adapté aux caractéristiques du ruisseau afin de lui permettre de retrouver un équilibre morphodynamique. L'acceptation locale d'un tel projet n'est pas simple. Plus les travaux ayant conduit à la modification du tracé sont anciens, plus il sera difficile de faire accepter le projet et de justifier du choix du nouveau tracé auprès du grand public et des utilisateurs agricoles du site.

Éléments techniques importants pour le gestionnaire

• ÉTUDE INITIALE : LOCALISATION DU TRACÉ

La première étape consiste à trouver des traces de l'ancien cours d'eau permettant de localiser le tracé originel. Si la modification du tracé

naturel du cours d'eau n'est pas trop ancienne, des indices peuvent être visibles sur le terrain (traces de l'ancien lit, dessin des méandres par une végétation de zone humide différente…). L'utilisation de photographies aériennes traditionnelles, voir de photographies aériennes infrarouges peut être des outils très utiles. La recherche de cartes, de cadastres ou de photos aériennes antérieurs aux travaux hydrauliques peut également souvent apporter des éléments intéressants. Une étude pédologique peut aussi permettre de localiser l'ancien tracé en détectant des horizons contenant des galets roulés, sous réserve que le sol n'ait pas été trop modifié (labour profond, accumulation de terre par érosion des sols du bassin versant...).
Une fois les premiers éléments de localisation disponibles, il est impératif de disposer d'un relevé topographique précis. Plusieurs transects permettront de bien valider les points bas du talweg, pas toujours évident à voir à l'œil nu si le font est presque plat. Ensuite, une levée précise permettra de valider le tracé en se basant sur la microtopographie. Il peut être intéressant "d'asseoir" le futur tracé du cours d'eau sur des éléments potentiellement structurants comme une souche et son système racinaire.

L'utilisation d'un niveau de géomètre va permettre en phase finale de baliser le futur tracé en s'adaptant à la microtopographie du terrain, pas toujours perceptible à l'œil nu en période de végétation.

S'il n'existe plus aucune trace de l'ancien lit, il faudra créer de toute pièce un tracé adapté aux caractéristiques du cours d'eau. Le calcul de la sinuosité théorique du ruisseau se fait en fonction de la pente, du débit, etc. (voir formules et abaques correspondants dans la littérature). Elle devra être adaptée au talweg mis en évidence par les levés topographiques.
Enfin, avant d'arrêter définitivement le futur tracé du ruisseau à restaurer, il est important, surtout en milieu karstique, de mener une étude pédo-géologique. En effet, sur terrain calcaire comme dans le massif du Jura, les écoulements superficiels peuvent se faire sur des couches d'argiles, de marnes, plus ou moins épaisses, essentiellement issues des anciens épisodes glaciaires. Ces "plaquages" imperméables évitent au ruisseau de se perdre dans les fracturations de la roche mère.
Suite aux travaux hydrauliques qui ont anciennement conduit au déplacement du ruisseau, les terrains ont pu être cultivés et les horizons pédologiques profondément modifiés. Les couches imperméables peuvent avoir été endommagées et dans ce cas, la remise en eau d'un tracé "originel" du ruisseau peut présenter d'importants risques d'activation de pertes karstiques pouvant aboutir à une rupture partielle ou totale de l'écoulement.

• DIMENSIONNEMENT DU LIT

Dans le cadre du programme LIFE "Ruisseaux" la technique retenue a été de fortement sous dimensionner le gabarit du lit retracé de manière à lui laisser la possibilité de recréer un lit avec un gabarit conforme à sa puissance hydraulique. La surface mouillée du chenal permet l'écoulement du débit moyen du ruisseau.
Afin de permettre à l'érosion de faire son travail, le chenal a été créé avec les bords verticaux. Des berges inclinées seraient moins érosives et la restauration morphologique du ruisseau plus longue.
Afin d'éviter l'enfoncement du ruisseau dans son nouveau lit, il a été préféré de ne pas créer un lit guide trop profond. Un dimensionnement "au carré" aussi large que profond a été privilégié. Si le cours d'eau à l'aval ou à l'amont de la partie

restaurée est incisé, il faudra prévoir l'installation d'une rampe de fond en "selle" (*cf.* fiche p. 61) pour caler le futur lit et éviter qu'il s'incise par érosion régressive ou progressive.
Les expériences menées dans le cadre du programme LIFE "Ruisseaux" se sont déroulées sur des terrains ne présentant pas d'enjeux de sécurité publique. Il était donc possible de faiblement dimensionner le lit créé et de laisser les crues engendrer d'importants débordements.
Remarque : la technique du sous-dimensionnement semble la plus efficace pour garantir que le gabarit du lit soit adapté aux caractéristiques du cours d'eau. Cependant, le temps de réponse peut être long, surtout dans le cas de ruisseaux de faible puissance hydraulique. En effet, la restructuration du lit dépend de la capacité d'érosion et de transport du ruisseau ainsi que du substratum sur lequel il coule. Avant d'être optimum, la morphologie du fond du lit pourra prendre cinq à dix ans en fonction des caractéristiques du milieu. Cette phase de transition vers le retour vers un système fonctionnnel nécessite la mise en place d'un suivi sur une durée importante.

Le sous-dimensionnement du nouveau tracé a pour objectif essentiel de restaurer les équilibres relationnels entre la nappe et le cours d'eau en le laissant par lui-même redéfinir son profil par érosion du substrat. Les matériaux érodés peuvent se déposer à l'aval des travaux.
Il faudra être très prudent en présence d'espèces sensibles aux colmatages comme la Moule perlière.

▶ EXEMPLES DES LIFE

Le ruisseau du Merlue a été déplacé de manière à contourner le marais d'Écrille (39) avant le XIXe siècle.
Le lit ainsi créé, totalement rectiligne, se situait 2 mètres au-dessus du point bas du talweg sur une longueur d'environ 700 mètres. En période d'étiage, le ruisseau alimentait le marais par infiltration générant ainsi une importante zone d'assec.

Les travaux engagés avaient pour but de retrouver une situation proche de l'état naturel permettant ainsi de restaurer les échanges entre le ruisseau de Merlue et le la nappe du marais d'Écrille :
• au droit du marais, reprise du tracé originel du Merlue situé sur le point bas

Le lit est sous-dimensionné et les berges sont verticales pour permettre à l'érosion de recréer une diversité morphologique. Ici l'exemple du Merlue dans le marais d'Écrille (39).

Éléments réglementaires

Réalisation d'un dossier au titre de la Loi sur l'Eau, selon deux rubriques :

3.1.2.0 : installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou le profil en travers du lit mineur d'un cours d'eau.
1° – Sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100 mètres ▶ autorisation.
2° – Sur une longueur de cours d'eau inférieure à 100 mètres ▶ déclaration.

3.1.5.0 : installations, ouvrages, travaux ou activités, dans le lit mineur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire les frayères, les zones de croissance ou les zones d'alimentation de la faune piscicole, des crustacés et des batraciens.
1° – Destruction de plus de 200 m² de frayères ▶ autorisation.
2° – Dans les autres cas ▶ déclaration.

de la vallée au milieu du marais. Partie amont, excavation légère (30 x 30 cm.) d'un chenal sinueux, tracé théorique sur 350 m. En aval, sur 600 m, reprise sans excavation ni rehaussement du tracé sinueux actuellement toujours en eau et alimenté par des sources latérales.
• remblaiement des 700 m. de tracé rectiligne corrigé et perché en bordure du marais, en respectant les horizons des sols alentours.

Pour plus de détail sur le projet, l'étude complète est disponible sur www.life-continuite-ecologique.eu

COÛTS DES LIFE

ÉTUDE INITIALE

Définition du projet et rédaction des dossiers réglementaires : 24 500 € TTC

Etat initial biologique et morphologique : 34 000 € TTC

TRAVAUX

Acquisition des 19 Ha : 26 000 € TTC

Travaux préparatoires (arrachage de Saules) : 11 000 € TTC

Travaux de restauration (création du nouveau lit et rebouchage de l'ancien) : 41 000 € TTC

Huit mois après les travaux, l'érosion n'a pas encore restauré un gabarit adapté au ruisseau. Les crues même faibles se traduisent aussitôt par des débordements.

LES ENSEIGNEMENTS DU LIFE

• Le tracé d'un nouveau lit guide de petites dimensions permet une remise en fonction rapide du marais. En effet, le cours d'eau déborde rapidement même lors de faibles épisodes pluvieux. Un an après les travaux, l'apport de la nappe du marais du Merlue a pu être observé lors d'un étiage très important, le ruisseau ne s'est pas asséché sur toute sa longueur et garde un débit important à la sortie du marais.
• La reconstitution d'un habitat propice à la faune est lente car le sol du milieu marécageux renferme peu de cailloux. Le transport solide y est donc faible pour l'instant d'après nos observations. L'installation spontanée de la ripisylve sera importante pour améliorer les capacités habitationnelles du ruisseau.
• Un ancien fossé bien que comblé et étanchéifié en partie peut conserver un an après les travaux une partie de son pouvoir drainant et agir sur la pérennité du ruisseau en période d'étiage. Un suivi de son colmatage par les apports du bassin versant doit être prévu.
• La solution favorisant l'évolution naturelle doit être préférée au sur-dimmensionnement d'un nouveau lit et s'accompagner d'un suivi hydrologique et biologique pluriannuel ainsi que d'actions préventives de sensibilisation.

Documents utiles

• *Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau.* ADAM P., DEBIAIS N., MALAVOI J-R. - 2007 - Manuel technique de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie. http://www.eau-seine-normandie.fr/index.php?id=5313
• *Manual of river restoration techniques.* - 2002 - Manuel technique de River Restoration Center. www.therrc.co.uk
• *Réhabilitation du merlue et de son marais sur la commune d'Écrille Jura (39).* PERIAT G. - 2008 - Rapport d'étude LIFE04NAT/FR/000082. ADAPEMONT / Guy PERIAT ing. www.liferuisseaux.org/site/petite_montagne.htm

AMÉNAGEMENT

RESTAURATION DES ÉCHANGES RUISSEAU / NAPPE **PAR REMÉANDREMENT**

À partir du lit rectifié et surcreusé d'un ruisseau ayant subi des travaux hydrauliques dans le but d'évacuer l'eau des terrains hydromorphes qui le bordent, les travaux engagés doivent permettre de restaurer un tracé méandriforme, non incisé.

OBJECTIF

L'objectif est de restaurer l'équilibre des échanges entre le ruisseau et la nappe, de rétablir le régime hydrologique, de reconstituer un habitat aquatique diversifié et de redonner au sol ses capacités de production forestière.

MISE EN PLACE

La technique utilisée dans le cadre du programme LIFE est issue de l'expérience acquise par l'Université de Franche-Comté et le bureau d'études TELEOS lors des travaux de restauration de la vallée du Drugeon (25).

Les techniques nécessaires à la mise en œuvre d'un projet de reméandrement ne peuvent être résumées dans une fiche synthétique. **Chaque cas est unique et nécessite une étude approfondie.** Les éléments apportés ne peuvent être qu'indicatifs.

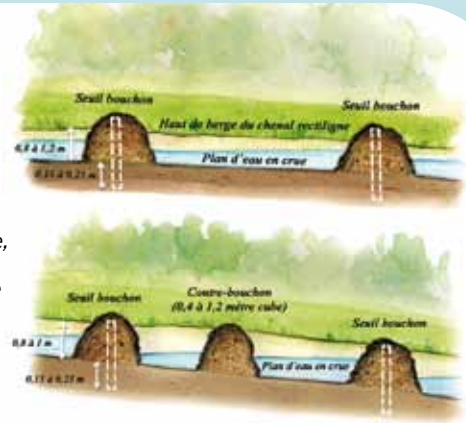
▶ EXEMPLES DES LIFE

La Forêt de Chaux (39) est drainée par trois rivières principales alimentées par un important réseau d'environ 350 kilomètres de ruisseaux temporaires. Suite à cette profonde modification du fonctionnement hydrologique du bassin versant, sur la Clauge, principal ruisseau du massif, on observait dans les années 2000 une perte d'environ 10 kilomètres de linéaire de cours d'eau permanent. Parallèlement des phénomènes de dépérissement du chêne pédonculé, espèce à enjeux sylvicole exigeante en eau, ont été constatés suite à la modification du fonctionnement des nappes.

Dans le cadre du programme LIFE "Ruisseaux", grâce à l'appui technique de l'Université de Franche-Comté (Lucot *et al.*, 2008), des travaux de reméandrement ont été engagés sur 4 ruisseaux, totalisant environ 8 kilomètres de linéaire et un bassin versant de 250 Ha.

La rectification des ruisseaux temporaires et la création de fossés d'assainissement drainent rapidement la nappe d'accompagnement de la Clauge et perturbe son fonctionnement hydrologique.

Pour réactiver le tracé méandriforme, un bouchon étanche est implanté à chaque intersection entre le chenal rectiligne et l'ancien tracé du ruisseau.



Afin d'éviter les affouillements en hautes eaux et de limiter l'effet drainant résiduel du chenal rectiligne relictuel durant l'étiage, un contre-bouchon intermédiaire est implanté chaque fois que l'altitude du pied du bouchon amont est supérieure au sommet du bouchon aval.

Les bouchons sont constitués d'un géotextile de rétention des fines, tendu sur un bardage de bois et placé au cœur d'un remplissage en tout-venant. Ce matériau est prélevé à quelques dizaines de mètres de distance, après décapage des 50 premiers centimètres du sol.

Un sillon étroit, peu profond et sinueux est creusé pour amorcer le tracé méandriforme mais uniquement lorsque le tracé originel, ou sa connexion avec le méandre aval, n'est plus visible. Cette "rainure" ne servira que de guide pour éloigner l'écoulement du tracé rectiligne.

Devant l'ampleur des travaux nécessaires pour reboucher l'ensemble du cours rectiligne incisé des 4 ruisseaux, une technique intermédiaire a été préférée. Elle a consisté à réhabiliter le lit méandriforme originel en oblitérant le fonctionnement du lit rectiligne à l'aide d'une série de "bouchons" étanches installés au niveau de la jonction méandre – cours rectifié.

Parallèlement, l'effet drainant des principaux fossés d'assainissement latéraux est ralenti à l'aide de bouchons de tout venant. À moyen terme, les segments de lit rectilignes et les fossés relictuels devraient être partiellement comblés par l'accumulation de la matière organique (débris ligneux, feuilles). Pour favoriser ce processus naturel, l'enlèvement des débris, encombres et embâcles dans le lit des ruisseaux a été proscrit.

COÛTS DES LIFE

ÉTUDE INITIALE

Définition du projet : 14 000 € TTC
Etat initial biologique et morphologique : 28 700 € TTC
Suivi après travaux : 33 000 € TTC

TRAVAUX

Frais enquête publique : 3 700 € TTC
Assistance maîtrise d'ouvrage : 17 000 € TTC
Travaux : 78 000 € TTC

10 ans après... Cette action s'est prolongée avec l'ONF et l'Université de Franche-Comté. D'ici 2018, 45 km de ruisseaux temporaires et les zones humides qui les bordent seront restaurés.

Éléments techniques importants pour le gestionnaire

Pour restaurer le fonctionnement du système, il faut stopper l'effet drainant du lit recalibré et remettre en eau le tracé méandriforme.

• **La première étape** est donc de rechercher les traces de l'ancien tracé et des méandres abandonnés. Dans un contexte où les terrains n'ont pas été labourés (forêt ou prairie permanente), les traces peuvent être visibles plusieurs dizaines d'années.
C'est surtout le point de jonction entre le tracé méandriforme et le ruisseau chenalisé qu'il est important d'identifier.

• **La seconde étape** consiste à reboucher le ruisseau recalibré de manière à contraindre l'eau à réutiliser les méandres abandonnés. Dans la mesure du possible, il est préférable de reboucher intégralement le lit rectifié, pour supprimer son pouvoir drainant et éviter le captage du débit en période de crue. Lors du comblement, il est important de respecter au mieux les couches de sol en place et de permettre une revégétalisation. Le point de jonction entre le méandre et le lit rectiligne est crucial par rapport aux risques d'érosion. Il est important de prévoir un aménagement résistant à l'érosion en aval du méandre mais également en amont.
Il est préférable de laisser l'eau s'écouler librement dans l'ancien tracé. Sa force hydraulique restaurera ainsi un lit adapté aux caractéristiques du ruisseau. Il sera juste important de suggérer un lit guide sur les premiers mètres à chaque intersection avec le lit rectifiés.
Si l'ancien tracé est fortement altéré, et plus suffisamment marqué, il pourra être intéressant de suggérer le cheminement par un chenal fortement sous-dimensionné, à bords verticaux (*cf.* page 54).

> **L'efficacité de la restauration réside dans la dynamique d'érosion.**
> Il faut être extrêmement vigilant quand à d'éventuels dépôts massifs de matériaux fins en aval de la zone de chantier.
> Cette technique ne pourra probablement pas être envisagée en amont de population d'espèces sensibles au colmatage comme la Moule perlière.

Éléments réglementaires

Réalisation d'un dossier au titre de la loi sur l'eau, selon deux rubriques :

3.1.2.0 : installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou le profil en travers du lit mineur d'un cours d'eau.
1° – Sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100 m ▸ autorisation.
2° – Sur une longueur de cours d'eau inférieure à 100 m ▸ déclaration.

3.1.5.0 : installations, ouvrages, travaux ou activités, dans le lit mineur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire les frayères, les zones de croissance ou les zones d'alimentation de la faune piscicole, des crustacés et des batraciens.
1° – Destruction de plus de 200 m² de frayères ▸ autorisation.
2° – Dans les autres cas ▸ déclaration.

Documents utiles

• *Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau.* ADAM P., DEBIAIS N., MALAVOI J-R. - 2007 - Manuel technique de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie. http://www.eau-seine-normandie.fr/index.php?id=5313
• *Manual of river restoration techniques.* - 2002 - Manuel technique de River Restoration Center. www.therrc.co.uk
• *Les effets du reméandrement de ruisseaux temporaires en forêt de Chaux (Jura, France) sur le fonctionnement hydrique des sols riverains : premiers résultats.* LUCOT E., DEGIORGI F., AUGÉ V., PEREIRA V., BADOT P.M., DURLET P. - 2008 - Article de la revue Forêt Wallonne n°97. http://www.liferuisseaux.org/client/ArtFWFDChaux.pdf

AMÉNAGEMENT

RESTAURATION ET DIVERSIFICATION PHYSIQUE D'UN RUISSEAU

OBJECTIF

Les travaux réalisés devront permettre au ruisseau de retrouver une diversité d'habitats conforme à son état naturel en restaurant un gabarit adapté à ses caractéristiques hydrologiques. Cette approche s'applique aux ruisseaux ayant subi des travaux hydrauliques qui n'ont pas modifié le tracé naturel.

Sur un cours d'eau sur élargi, les sous-berges sont rapidement exondées rendant le cours d'eau moins biogène

MISE EN PLACE

Éléments techniques importants pour le gestionnaire

Les travaux hydrauliques ou les extractions de granulats sont souvent la cause d'un élargissement et d'une incision du cours d'eau. En période d'étiage, la largeur du chenal est trop large pour le débit transitant. La lame d'eau est donc trop faible et les sous-berges ne sont plus ennoyées, donc plus fonctionnelles en temps que caches.

Étude initiale

ANALYSE DU GABARIT DU RUISSEAU

Une étude topographique précise devra permettre de caractériser le gabarit avant travaux de restauration et la pente du ruisseau. Les caractéristiques hydrologiques mesurées ou estimées croisées avec l'étude topographique permettront de définir les connectivités latérales en fonction des débits observés (pourcentage de sous-berges ennoyées, débit de plein bord et débits d'inondation).
Ces données permettront de dimensionner les travaux et de localiser les resserrements en fonction des potentialités de remise en eau des sous-berges.

> ⚠ Les techniques nécessaires à la restauration physique d'un ruisseau dégradé ne peuvent être résumées dans une fiche synthétique. **Chaque cas est unique et nécessite une étude approfondie.** Les éléments apportés ne peuvent être qu'indicatifs.

ÉTAT INITIAL AVANT TRAVAUX

Plusieurs composantes peuvent être intéressantes à noter dans le cadre d'un état initial pour permettre l'évaluation après travaux :

- **cartographie stationnelle des habitats aquatiques,** avec analyse pondérée des résultats pour suivre une éventuelle amélioration après travaux,
- **état des lieux biologique.** Il semble primordial de dresser un inventaire des poissons avec analyse de la densité, de la biomasse et des classes d'âges observées. Un suivi des invertébrés aquatiques peut compléter les éléments d'évaluation.

Travaux

Les deux approches présentées ci-après sont complémentaires et ne pourront pas être dissociées lors des travaux de restauration. Le dimensionnement exact sera défini par l'étude hydraulique et les caractéristiques propres au ruisseau (pente, type de bassin versant...).

RESSERREMENT DU LIT MINEUR

L'idéal serait de pouvoir resserrer l'ensemble du lit à son gabarit naturel. Cependant, compte tenu du volume de matériaux nécessaire à cette technique optimale, celle-ci n'est pas souvent réalisable. Des travaux plus légers, basés sur des aménagements ponctuels permettent néanmoins une restauration partielle.
Les resserrements du lit, sur l'ensemble de la hauteur de la berge, sont réalisés au moyen d'un matériau proche du substratum naturel du cours d'eau. Ils sont installés si possible en rive opposée à une zone de sous-berges favorables de manière à favoriser son ennoiement. Pour être optimums, ces aménagements doivent avoir une longueur d'environ trois fois leur largeur.

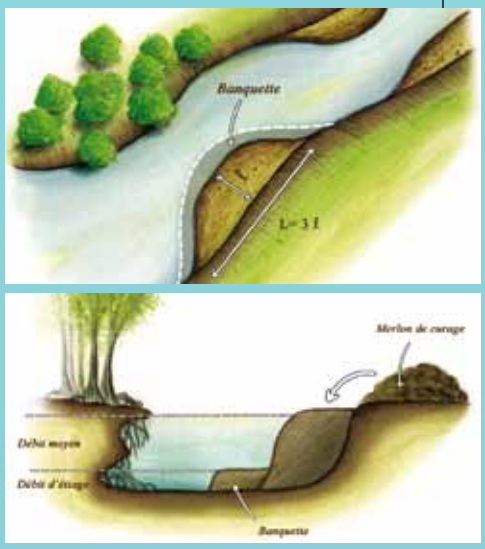
Afin d'éviter l'étalement du ruisseau en période de très faible débit, un resserrement du lit infra-mineur pourra être réalisé grâce à des banquettes s'ennoyant en débit moyen.
L'utilisation de matériaux mobiles, pour une partie de ces aménagements, permet au ruisseau d'adapter le gabarit à sa puissance hydraulique.

REHAUSSEMENT DE LA LAME D'EAU DU LIT D'ÉTIAGE

Les travaux hydrauliques conduisent également à l'incision du ruisseau. Les systèmes racinaires des arbres de la ripisylve sont perchés 30 à 50 cm au dessus du fond du lit. Les travaux de resserrement du chenal d'écoulement doivent donc souvent être accompagnés d'un rehaussement de la lame d'eau.
Dans le cadre du programme LIFE "Ruisseaux", des rampes de fond en "selle à cheval", conçues sur le modèle testé par Téléos lors de différentes restaurations physiques dans le Doubs ont été utilisées. Ces rampes sont constituées de pierres plates imbriquées et bloquées entre elles à l'aide du godet d'une pelleteuse, afin de résister aux crues.

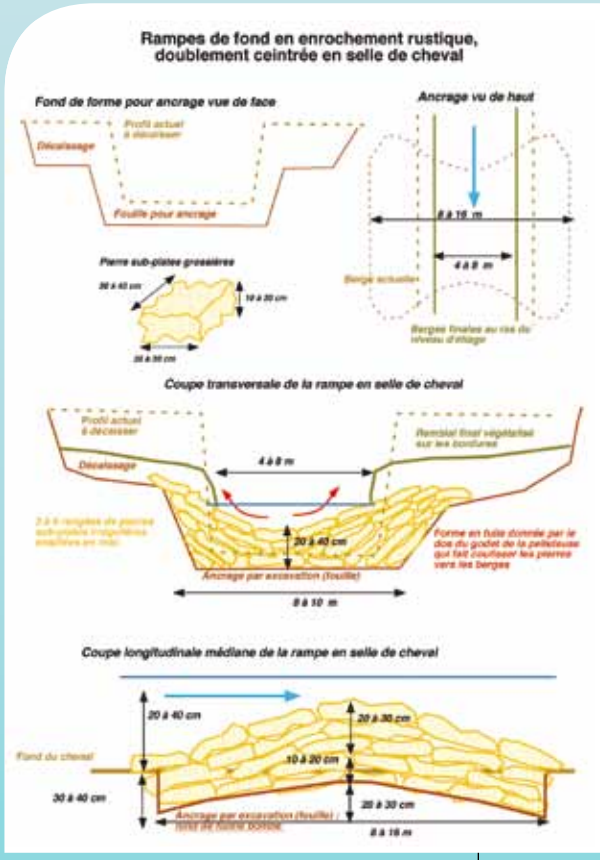
L'installation de gros blocs sur le ruisseau du Val des Choues (21) est un compromis. Elle permet de diversifier les écoulements tout en préservant les quelques caches existantes pour les écrevisses. Mais, elle ne permet pas de rehausser efficacement le niveau de la lame d'eau par débit moyen pour reconnecter les sous-berges constituées par les racines.

Représentation schématique de l'implantation de resserrements efficaces. Le calcul permet de définir la fréquence et la dimension des aménagements de façon à rétablir une connectivité latérale.



Rampe en pierres granitique sur le ruisseau de Vaucorniau (Brassy, 58). 23 rampes de ce type ont été installées sur 450 mètres.

Rampe en pierres plates en "selle à cheval" sur le ruisseau du Merlue (Ecrille, 39), lors de l'étiage prononcé de 2009. Un an après l'installation, les interstices ne sont pas totalement colmatés et l'écoulement peut se faire dans l'ouvrage.



Coupes longitudinales et transversales d'une rampe "en selle à cheval". Schéma de principe finalisé par F. DEGIORGI (Teleos-Suisse) d'après un concept et des expériences de A. ROUSSELET (AFB).

Dans le cas de substrats granitiques, il est impossible de trouver des pierres plates favorables. Il n'est pas souhaitable de réaliser les aménagements avec des matériaux calcaires. Il est possible de s'approcher de cette technique avec des blocs de granite enfoncés à la pelle mécanique. Les rampes réalisées en granite sur le ruisseau de Vaucorniau remplissent leurs fonctions. Cependant, les adaptations de calage sont plus difficiles si les blocs sont de grosse taille.

L'implantation doit garantir une diversité d'écoulement et ne pas constituer une succession de zones lentiques. La fréquence et la hauteur des rampes doivent donc être adaptées aux caractéristiques du ruisseau. Leur positionnement demande donc une certaine expérience et une bonne connaissance du fonctionnement du ruisseau.

La rampe ne doit pas constituer un obstacle aux mouvements des poissons. Un soin particulier doit être apporté à la confection de la partie aval.

Lors de l'implantation, les pierres de la rampe ne sont pas jointives. Il est donc possible d'observer des écoulements hyporhéiques le temps que les interstices se colmatent.

▶ EXEMPLES DES LIFE

À l'aval du marais d'Écrille (39), les travaux hydrauliques et extractions de matériaux que **le ruisseau du Merlue** a subi avant le XIXe siècle, ont créé un ruisseau de 3 à 5 mètres de large et parfois enfoncé de presque 1 mètre par rapport aux berges. Cependant, le tracé naturel n'a visiblement pas été modifié. L'étude initiale a permis d'estimer une largeur naturelle d'environ 1 mètre et une profondeur optimum d'environ 40 à 50 centimètres.

Les travaux engagés avaient pour but de retrouver une situation proche de l'état naturel permettant ainsi de rendre son gabarit au ruisseau et ainsi restaurer les échanges avec les sous-berges.

En conséquence, le lit a été rehaussé d'environ 50 centimètres sur un linéaire de ruisseau d'environ 450 mètres à l'aide d'une succession de rampes de fond en pierres. En parallèle ce lit a été resserré via l'installation de banquettes alternées. Le remblai utilisé pour leur confection a été prélevé dans le merlon de curage encore présent le long du ruisseau, permettant ainsi de diminuer l'effet d'endiguement. L'apport de matériaux rocheux complémentaires a été nécessaire. La provenance de ces derniers a été contrôlée pour ne pas introduire de plantes invasives
ou de sources polluantes dans le milieu.
À cette même fin, il a été exigé que les engins de chantier arrivent nettoyés sur site et que les ravitaillements en hydrocarbures s'effectuent en un lieu éloigné de la zone humide.

Lors de l'effacement du merlon, les souches d'arbres et les racines tenant les berges et les sous-berges ont été conservées.

Une zone d'expansion de crue a été libérée sur environ 1 hectare pour gérer les risques d'inondation des parcelles voisines et diversifier les habitats naturels (bras de crue, zones d'érosion et d'accumulation, etc.). Préalablement, une plantation d'épicéas a été retirée par coupe rase avec exportation des bois puis rabotage des souches à l'aide

ZONE D'EXPANSION DES CRUES

Les aménagements visant à la restauration du ruisseau diminuent ses capacités hydrauliques par rapport à la situation perturbée. Les crues débordantes sont donc plus régulières. Il faut donc prévoir les principales zones d'expansion des crues en fonction des caractéristiques du terrain et de l'occupation des sols. Ces zones permettent également au ruisseau de libérer une partie de son énergie et ainsi de limiter les débordements dans les secteurs où l'on veut les éviter.

En crue, le Merlue déborde sur une surface d'environ un hectare sur une zone anciennement enrésinée et où la forêt alluviale sera favorisée.

	Truite fario		Chabot		TOTAL	
	Biomasse	Densité	Biomasse	Densité	Biomasse	Densité
2007	254 kg/ha	6 226 ind/ha	55 kg/ha	12 835 ind/ha	317 kg/ha	19 157 ind/ha
2009	110 kg/ha	7 100 ind/ha	52,6 kg/ha	16 290 ind/ha	166 kg/ha	24 300 ind/ha

Les inventaires piscicoles réalisés par l'AFB avant et après travaux montrent que moins d'un an après les aménagements, la situation semble déjà très favorable. Les densités en juvéniles de truite fario et de chabot sont élevées, montrant ainsi les potentialités du nouveau milieu (à confirmer par les suivis à venir).

d'une dent de Becker. Les essences feuillues présentes ont été conservées dans la mesure du possible (frêne, érable), comme semenciers pour permettre la régénération naturelle d'une forêt alluviale adaptée aux conditions stationnelles.

Moins d'un an après les travaux, les rampes de fond ne sont pas encore totalement étanches. Ce problème devrait se résoudre à moyen terme avec le colmatage des interstices au sein des rampes par la chute des feuilles, les matières fines et la formation de tuf.

La zone d'exploitation des résineux est recouverte d'une végétation herbacée de zones humides (joncs, menthes…).
La végétation ligneuse se réinstalle plus lentement, mais des jeunes plants d'aulne, de frêne et de noisetier sont visibles.

Pour plus de détail sur le projet, l'étude complète est disponible sur www.life-continuite-ecologique.eu

COÛTS DES LIFE

RESTAURATION DU RUISSEAU DE VAUCORNIAU

Mise en place de 23 rampes en selle à cheval (ruisseau de 0,8 m de large) : 3 795 € HT

RESTAURATION DU MERLUE

Travaux préparatoires (abattage et débardage des résineux) : le coût de la vente des bois a compensé le coût d'exploitation.

Travaux de restauration (travail des souches, rampes de fond, banquettes, Maîtrise d'œuvre…) : 48 000 € HT

Éléments réglementaires

Réalisation d'un dossier au titre de la loi sur l'eau, selon deux rubriques :

3.1.2.0 : installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou le profil en travers du lit mineur d'un cours d'eau.
1° – Sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100 m ▸ autorisation.
2° – Sur une longueur de cours d'eau inférieure à 100 m ▸ déclaration.

3.1.5.0 : installations, ouvrages, travaux ou activités, dans le lit mineur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire les frayères, les zones de croissance ou les zones d'alimentation de la faune piscicole, des crustacés et des batraciens.
1° – Destruction de plus de 200 m² de frayères ▸ autorisation.
2° – Dans les autres cas ▸ déclaration.

Documents utiles

• *Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau.* ADAM P., DEBIAIS N., MALAVOI J-R. - 2007 - Manuel technique de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie. http://www.eau-seine-normandie.fr/index.php?id=5313

• *Manual of river restoration techniques.* - 2002 - Manuel technique de River Restoration Center. www.therrc.co.uk

• *Réhabilitation du Merlue et de son marais sur la commune d'Écrille Jura (39).* PERIAT G. - 2008 - Rapport d'étude LIFE04NAT/FR/000082. ADAPEMONT / Guy PERIAT ing. www.liferuisseaux.org/site/petite_montagne.htm

Déplacements de la **faune aquatique**

CONTEXTE GÉNÉRAL

La dynamique des populations de poisson dépendent fortement des caractéristiques de l'habitat aquatique : il est le support de toutes les fonctions biologiques. Les poissons doivent pouvoir se déplacer pour accéder aux différents milieux propices au déroulement des phases principales de leur cycle biologique : reproduction, grossissement des juvéniles et production de géniteurs.

La possibilité de circuler d'un habitat à un autre est obligatoire pour la survie de la plupart des espèces, et garantit la pérennité des populations notamment en cas de crise (assecs, pollution…).

La fragmentation de la continuité longitudinale des milieux aquatiques compte parmi les facteurs limitants majeurs au maintien de certaines espèces et populations de poissons.

Même si toutes les espèces n'ont pas les mêmes exigences en terme de déplacements, elles sont toutes concernées par ce besoin, en particulier sur les ruisseaux où le fractionnement peut être important.

▶ EXEMPLES DES LIFE

Référencement des obstacles sur **le bassin du Cousin en amont du lac de Saint-Agnan** (21 et 58)**.**

Linéaire parcouru : 39,2 km
Nombre d'obstacles : 48 (1 pour 800 m de ruisseau)
Obstacles limitant le franchissement : 54 %
Linéaire déconnecté : 80 % (31,3 km)

Le diagnostic montre que 80 % du linéaire d'affluents de la tête de bassin du Cousin est deconnecté du cours principal. Cette fragmentation a un impact fort sur les populations de truite commune du Cousin.

FRAGMENTATION DE LA CONTINUITÉ, DENSITÉ ET TYPOLOGIE D'OBSTACLES

▶ DESCRIPTION GÉNÉRALE

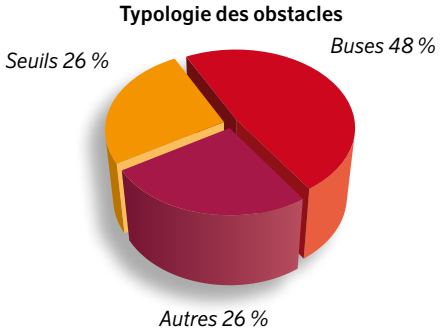
Depuis 2003, des études diagnostiques de la continuité longitudinale des ruisseaux ont été menées en Bourgogne (Morvan et Auxois). Ces secteurs présentent de fortes densités d'obstacles artificiels, soit environ 1 obstacle artificiel pour 1200 m de cours d'eau. Sur 825 km de cours d'eau prospectés, 1398 obstacles artificiels potentiels ont été dénombrés dont 701 estimés infranchissables pour la Truite commune.

LA DIVERSITÉ DES OBSTACLES : AUTANT DE FACTEURS D'INFRANCHISSABILITÉ

▶ DESCRIPTION GÉNÉRALE

La très grande majorité des obstacles rencontrés sont liés à des infrastructures linéaires de transport qu'elles soient agricoles, forestières ou routières. Les autres obstacles sont liés à d'anciens aménagements du cours d'eau ou des terrains environnants.

Seuil maçonné avec présence d'un radier à l'aval, cumulant chute et absence de fosse d'appel.



▶ TYPOLOGIE DES OBSTACLES

En moyenne près de la moitié des obstacles sont des buses. Cette proportion est fortement liée à la densité des réseaux de communication (route, chemin) puisque ces derniers franchissent les cours d'eau la plupart du temps au moyen de buses.
Les seuils maçonnés sont rencontrés en deuxième position avec environ 26 % de l'effectif d'ouvrages artificiels rencontrés. Ils présentent une forte diversité de par leurs caractéristiques, notamment la hauteur de chute, la présence ou l'absence d'une fosse d'appel, la présence de radiers maçonnés à l'aval...

Les buses sont souvent sous-dimensionnées et réduisent ponctuellement la largeur du ruisseau causant une importante accélération du courant.

CAPACITÉ BIOLOGIQUE ET FACTEUR D'INFRANCHISSABILITÉ

▶ DESCRIPTION GÉNÉRALE

Un obstacle ne peut être franchi par un poisson que si ce dernier possède les capacités physiques de le faire. Pour franchir, un poisson utilisera ses capacités de nage et son aptitude à sauter.

PROBLÉMATIQUE **1**

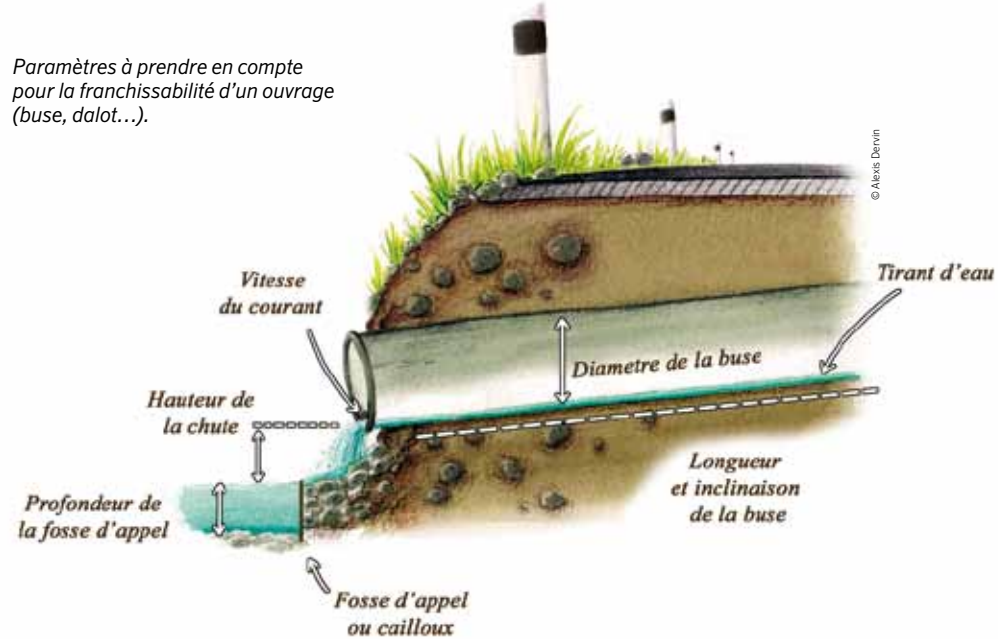
VITESSE DE NAGE ET VITESSE DE COURANT

La vitesse de courant dans une buse ou sur un radier est définie par la pente, la rugosité du fond et le tirant d'eau. La progression du poisson sera limitée par ses capacités de nage. L'activité de nage soutenue et l'activité de sprint ne peuvent être tenues qu'un temps limité (quelques secondes à quelques minutes) car elles font appel à des mécanismes anaérobies.
La vitesse et la durée maximale de nage dépendent des caractéristiques propres à chaque individu au sein des différentes espèces (longueur, masse musculaire, forme des nageoires...), mais aussi des facteurs abiotiques comme la température de l'eau. Par exemple, une truite de 25 cm ne pourra parcourir que 4 m contre une vitesse de courant de 2 m/s dans une eau à 15° C.
Le tirant d'eau devra également être supérieur à 1,5 fois la hauteur du corps du poisson. On admet communément une valeur minimale de 10-15 cm.

TRUITE COMMUNE (20cm) (LARINIER, 1992) : 150 à 200 cm/s
CHABOT (TUDORACHE *et al*, 2007) : 85 à 95 cm/s
LAMPROIE DE PLANER (BESSON *et al*, 2008) : 80 à 100 cm/s
LOCHE FRANCHE (TUDORACHE *et al*, 2007) : 80 à 85 cm/s

Vitesse maximale de nage pour différentes espèces lors de leur période de reproduction respective : fin d'automne pour la Truite fario, fin d'hiver pour le Chabot, printemps pour la Lamproie de Planer et Loche franche.

Paramètres à prendre en compte pour la franchissabilité d'un ouvrage (buse, dalot…).



Passages busés cumulant hauteur de chute, absence de fosse d'appel, pente et faible tirant d'eau.

PROBLÉMATIQUE **2**

CAPACITÉ DE SAUT ET HAUTEUR DE CHUTE

Toutes les espèces de poisson ne possèdent pas de capacité de saut. Certaines espèces peuplant les ruisseaux, comme le Chabot ou la Lamproie de Planer, ne pourront franchir un obstacle avec une chute.
La truite peut le franchir par saut si les caractéristiques de l'ouvrage le permettent : hauteur de chute limitée (<60-80 cm à l'étiage), présence d'une fosse d'appel pour prendre son élan (de 1,5 à 2 fois la hauteur de chute). Là aussi, la température influera sur la vitesse de nage lors de la prise d'élan.

PROBLÉMATIQUE **3**

CUMUL DES FACTEURS D'INFRANCHISSABILITÉ

Les obstacles, et notamment les buses, cumulent souvent les différents facteurs limitant la franchissabilité. Même si, pris indépendamment les uns des autres, ces facteurs ne sont pas rédhibitoires pour le poisson, l'accumulation de ces derniers rend l'obstacle infranchissable.

HIÉRARCHISATION DES ACTIONS DE RECONNEXION

▶ DESCRIPTION GÉNÉRALE

Différentes techniques existent pour rétablir la continuité. Elles vont de l'effacement total de l'obstacle à son remplacement dans les cas des infrastructures linéaires, en passant par l'aménagement.. Devant le nombre d'obstacles concernés, il convient de définir des clés d'intervention. Elles doivent permettre de hiérarchiser les actions de décloisonnement.
Parmi ces clés de hiérarchisation figurent la distance pouvant être reconnectée en amont d'un ouvrage (jusqu'à l'obstacle suivant ou à la source) mais aussi les potentialités du milieu pour les espèces considérées vis-à-vis de leur cycle biologique.

▶ COMMENT ÉTABLIR UNE CLÉ DE DÉCISION

Le choix de rendre un obstacle transparent pour le poisson, outre les possibilités techniques et/ou financières, doit prendre en compte les potentialités du milieu à l'amont de ce dernier, la longueur de ruisseau pouvant être reconnectée, ainsi que la présence des espèces considérées sur le secteur. Concernant

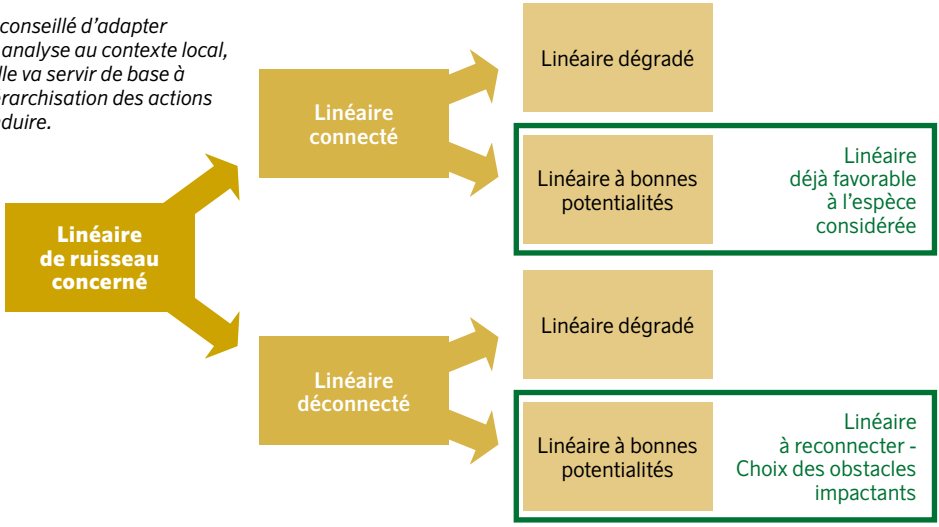
Exemple de grille d'analyse (COUASNÉ, 2003).

Potentiel d'accueil		Potentiel de reproduction: nul (0)	faible (1)	moyen (2)	élevé (3)
nul	0	0	1	2	3
moyen	1	1	2	3	4
conforme	2	2	3	4	5

Linéaire à bonnes potentialités pour l'accueil des géniteurs ou la reproduction de l'espèce

A Habitat très dégradé dont l'une des deux composantes est totalement nulle = enjeux faibles à nuls.
B Habitat peu dégradé présentant un intérêt non nul pour la reproduction = enjeux moyens.
C Habitat à fort potentiel d'accueil et à intérêt frayère variable mais toujours non nul = enjeux forts.

Il est conseillé d'adapter cette analyse au contexte local, car elle va servir de base à la hiérarchisation des actions à conduire.



les potentialités du milieu, elles peuvent être diagnostiquées par l'évaluation et la synthèse de différents impacts sur les ruisseaux vis-à-vis d'espèces repères. Par exemple, les diagnostics établis pour la truite commune en Bourgogne reprennent une série de descripteurs influant sur les capacités d'accueil (état de la ripisylve, enrésinement de bordure, séquences de faciès, dégradation par piétinement...) et sur le potentiel de reproduction (colmatage, surface de frayère disponible...).
Ces diagnostics se font à partir d'une reconnaissance et d'une cartographie de l'ensemble du linéaire des cours d'eau du bassin considéré. Cette étape de terrain peut être fastidieuse si le réseau hydrographique est dense, mais elle est indispensable si on veut obtenir une analyse complète et globale de l'état et des potentialités de l'hydrosystème. De plus, elle permet un inventaire exhaustif des obstacles aux déplacements des poissons, qui se sont avérés être nombreux et souvent inconnus, dans le cas des secteurs étudiés en Bourgogne. Les descripteurs du milieu sont ensuite classés, pondérés et regroupés en indices exprimant le potentiel du milieu pour la reproduction et pour la croissance de l'espèce. Le croisement de ces indices permet de définir des secteurs à enjeux faibles, moyens ou forts. Le détail de la méthodologie d'analyse des potentialités du milieu est disponible dans le travail de Couasné (2003).

AMÉNAGEMENTS PROPOSÉS

La solution la plus efficace pour restaurer la circulation des espèces aquatiques dans les têtes de bassins est souvent simplement de supprimer l'ouvrage infranchissable. En fonction de l'usage, un aménagement conservant le lit du ruisseau pourra être reconstruit en lieu et place (des exemples sont disponibles dans les fiches p.33 et p.47). Les expériences du programme LIFE ont montré que, quand cela est envisageable, le remplacement de l'ouvrage constitue souvent le meilleur rapport coût/efficacité/durabilité pour l'aménagement.

Quand le remplacement n'est pas possible, deux aménagements ont été envisagés :
- aménagement aval d'un seuil par un ouvrage type passe à poissons,
- aménagement de l'intérieur d'un ouvrage enterré (buse, dalot...).

Documents utiles

• *Étude des capacités de franchissement de la Lamproie de Planer (Lampetra planeri, Bloch, 1784) en vue de définir des critères de dimensionnement de dispositifs de franchissement.* AFB, CEMAGREF – BESSON S., BARAN P., PESME E., DURLET P. – 2009 – Rapport technique Pnr du Morvan, 35 p.

• *Évaluation de la population de Moule perlière (Margaritifera margaritifera) du Haut Cousin et potentiel des affluents pour le cycle de la Truite fario (Salmo trutta, L.) (Aspects circulation piscicole et état de conservation).* BONTEMPS F.- 2005 – Rapport de stage PNRM / LIFE04NAT/FR/000082, 83 p.

• *Restauration de la libre circulation piscicole sur les affluents salmonicoles de la Cure entre les réservoirs des Settons et du Crescent.* COUASNE J.P. - 2003 - Rapport de stage Pnr du Morvan, 66 p.

• *Facteurs biologiques à prendre en compte dans la conception des ouvrages de franchissement, notion d'obstacles à la migration* – LARINIER M. – 1992 – BFPP, 326, pp. 20-29.

• *A comparaison of swimming capacity and energy use in seven European freshwater fish species.* TUDORACHE C., VIAENE P., BLUST R., VEREECKEN H., DE BOECK G. – 2007 – Ecology of Freshwater Fish, 17, 284–291.

AMÉNAGEMENT

MISE EN PLACE D'UNE PASSE ADAPTÉE AUX PETITES ESPÈCES PISCICOLES (LAMPROIE DE PLANER, CHABOT, LOCHE FRANCHE, VAIRON) SUR SEUIL EXISTANT

Objectif : aménager un obstacle, de type seuil, ne pouvant être supprimé, pour restaurer la libre circulation des petites espèces piscicoles.

Le substrat offrant le meilleur rapport coût / efficacité / durabilité semble être les plots béton de type « Evergreen », proposés par l'entreprise SOTUBEMA.

INTÉRÊTS

Les études menées sur les capacités de nage des différentes espèces de têtes de bassins ont permis de définir le type d'aménagement le plus efficace, en prenant en compte une autre référence que la Truite fario.

MISE EN PLACE

Éléments techniques importants pour le gestionnaire

• DIMENSIONNEMENT ET POSITIONNEMENT DE L'OUVRAGE

Les faibles capacités de nage des espèces visées imposent le respect d'un certain nombre de contraintes techniques.

• Une pente globale de la passe de 8% maximum.

• La rampe doit être calée pour que le débit maximal observé soit de 37,5 l/s/m de largeur.

• La hauteur d'eau au dessus des plots "evergreen" ne doit pas excéder 1 à 1,5 fois la hauteur du plot. D'un point de vue hydraulique, le poids de la tranche d'eau pour une hauteur plus importante modifie le régime d'écoulement entre les plots. Pour garantir un fonctionnement dans

une amplitude de hauteur d'eau plus importante, il peut être envisagé de créer un pendage latéral au fond de la rampe.

• Le débit de la partie aval de la passe (débit d'attrait) doit être significatif par rapport au débit du cours d'eau. Si ce n'est pas le cas, il peut être envisagé de mettre en place un guide constitué de petits blocs afin d'orienter les espèces benthiques vers l'entrée de la rampe.

• Dans le cas où le gué sert pour la traversée du bétail, il convient de ne pas implanter le substrat "evergreen" sur le seuil pour éviter tout risque de blessure.

• PRÉCAUTIONS POUR LA RÉALISATION DES TRAVAUX

• Les plaques du commerce font 50 cm x 50 cm. L'assemblage des plaques doit rigoureusement correspondre à un plan et les pentes doivent être respectées pour tous les éléments afin d'éviter toutes modifications des courants.

• L'entrée de la rampe doit être calée avec attention afin d'éviter toute zone d'accélération trop marquée, toute marche et toute zone de recirculation.

Éléments réglementaires

Un dossier de déclaration au titre de la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques devra être établi avant tout travaux (conformément au code de l'environnement, articles L 214-1, L 214-2 et L 214-3 ainsi qu'à l'arrêté ministériel du 28 novembre 2007 fixant les prescriptions générales applicables aux installations, ouvrages, travaux ou activités soumis à déclaration).

Par ailleurs, les travaux devront avoir lieu hors de la période de reproduction des salmonidés (pour les cours d'eau de première catégorie piscicole).

▶ EXEMPLES DES LIFE

Sur **le ruisseau du Valzin (Chatonnay, 39),** environ 200 mètres en amont de la confluence avec la Valouse, un passage à gué agricole en béton armé a été aménagé lors du remembrement. Suite à l'incision de la Valouse et de la partie basse du Valzin, liée à des travaux hydrauliques (recoupements de méandres, drainage, curages), le seuil forme une chute de 80 cm infranchissable pour les petites espèces piscicoles présentes en aval.

Au cours de l'été 2009, une passe garnie de plots "Evergreen" et d'une pente globale de 8 % a été mise en place en aval de ce seuil. La rampe est ancrée sur la berge en rive gauche et calée de manière à ne capter qu'une partie du courant afin de ne pas dépasser les débits théoriques mesurés de manière expérimentale.

COÛTS DES LIFE
Coût total : 12 000 € HT
Mise en place du chantier, signalisation : 800 € HT
Création fossé contournement : 1300 € HT
Réalisation de la rampe : 8 300 € HT
Réalisation d'un enrochement : 1 400 € HT
Réalisation d'un guide en aval de la passe : 200 € HT

Le seuil forme une chute de 80 cm de hauteur.

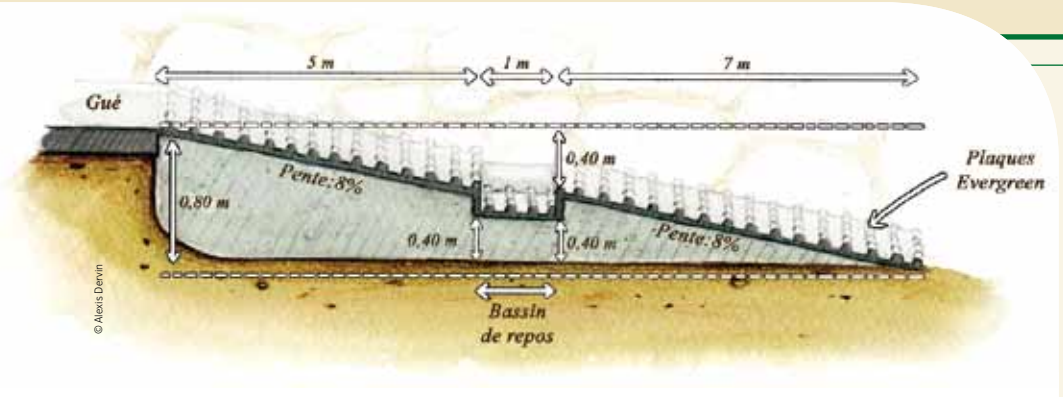
La rampe est divisée en deux parties de 5 et 7 mètres de long présentant un pendage latéral de 15 %. Un bassin de repos a été aménagé à mi-passe.

Un rang de petits blocs a été mis en place en aval de la passe afin de guider les poissons vers cette dernière. La protection des berges attenantes à l'ouvrage a été assurée par des enrochements.

10 ans après... La passe est fonctionnelle mais demande un entretien très régulier, lié à la rétention des algues sur le radier "Evergreen". Malheureusement elles se développent de manière importantes à l'amont, due à l'hyper-eutrophisation du ruisseau.

Lors d'une crue importante (débit de 2 m³/s), la rampe est totalement ennoyée et non fonctionnelle pour les petites espèces. Cependant, l'ensemble du seuil devient franchissable pour les salmonidés en migration.

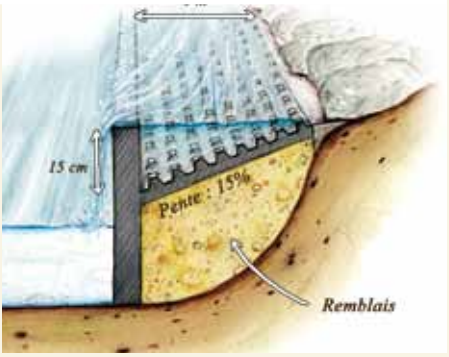
Les travaux ont nécessité la dérivation du ruisseau afin de court-circuiter un tronçon et de pouvoir travailler à sec.



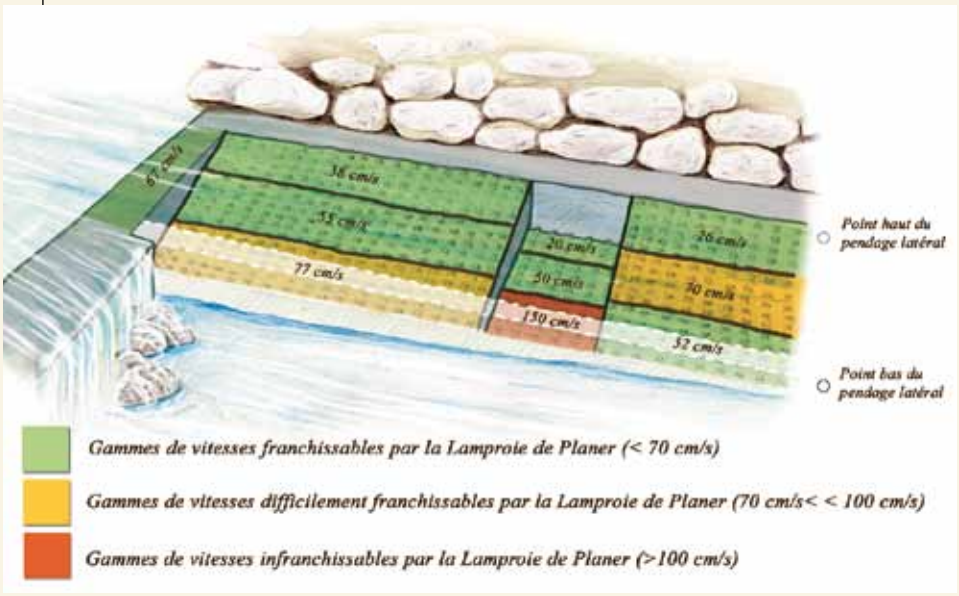
© Alexis Dervin

Coupes schématiques de la rampe

Les premières mesures de vitesse réalisées dans la passe lors d'épisodes de débits soutenus ont mis en évidence la présence continue de zones de franchissement possibles pour la Lamproie de Planer.



Schématisation des vitesses mesurées dans la passe à poissons du Valzin pour un débit de 575 l/s soit des hautes eaux moyennes.



© Alexis Dervin

Documents utiles

• *Passes à poissons, Expertise, Conception des ouvrages de franchissements,* LARINIER M., PORCHER J.P., TRAVADE F. et GOSSET C., Collection Mise au point, INP, ENSEEIHT, CSP, CEMAGREF, EDF.

• *Étude des capacités de franchissement de la Lamproie de Planer (Lampetra planeri) en vue de définir les critères de dimensionnements de dispositifs de franchissement,* BESSON S., BARAN P., PESME E., DURLET P. - 2008 - Rapport technique, Pnr du Morvan, AFB, CEMAGREF.

AMÉNAGEMENT

AMÉNAGEMENTS DE BUSES OU DE DALOTS

Aménager un obstacle sous une infrastructure linéaire, de type buse ronde ou dalot, ne pouvant être supprimé, pour restaurer la libre circulation des espèces piscicoles.

MISE EN PLACE

Éléments techniques importants pour le gestionnaire

Face à un ouvrage déconnectant du type buse ou dalot carré, l'approche devra répondre à deux questions :

• l'ouvrage est-il accessible pour le poisson ? C'est-à-dire, y a-t-il une chute infranchissable à l'aval ?

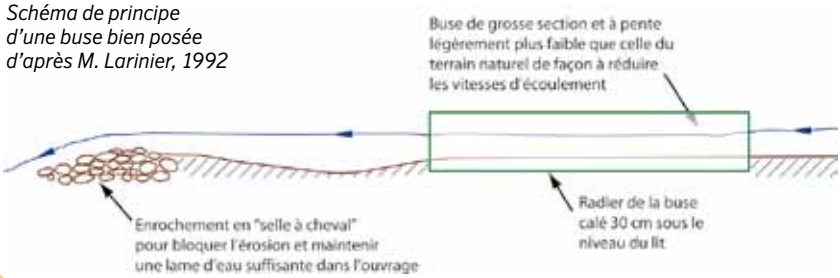
• l'ouvrage en lui-même est-il franchissable ? C'est-à-dire la vitesse et la lame d'eau à l'intérieur de l'ouvrage sont-elles compatibles avec les capacités de nage des poissons ?

Chute avale générée par le passage busé du ruisseau de la Saint-Nicolas (90) avant son aménagement.

• AMÉNAGEMENT AVAL DE L'OUVRAGE

La technique classiquement utilisée pour rendre franchissable la chute aval d'un ouvrage mal positionné est la création de bassins successifs. Les seuils entre chaque bassin vont diviser le dénivelé en une succession de chutes franchissables par les espèces considérées. Cette technique est uniquement adaptée aux espèces sauteuses comme la Truite fario. Dans le cas de cette espèce, les seuils des pré-bassins pourront atteindre 15 à 20 centimètres de haut. Cependant, afin de faciliter l'accès à la buse, le bassin supérieur sera calé de manière à ennoyer la partie aval de l'ouvrage à aménager. Il est important que l'accès à la buse ou au dalot ne se fasse pas par une chute, aussi minime soit-elle.

Schéma de principe d'une buse bien posée d'après M. Larinier, 1992



Pour les espèces marcheuses comme les écrevisses, on pourra prévoir une rampe de blocs rugueux sur un des côtés des bassins.
Pour éviter le comblement des bassins par des sédiments, il est important de ne pas les prévoir trop grands, afin de conserver une puissance hydraulique suffisante à leur auto-curage.

• AMÉNAGEMENT INTÉRIEUR DE L'OUVRAGE

Les aménagements intérieurs de l'ouvrage permettent :
• soit, grâce à l'installation de déflecteurs, de ralentir la vitesse d'écoulement et d'augmenter la hauteur de la lame d'eau,
• soit de permettre la restauration d'un substrat similaire au lit du ruisseau.

Éléments réglementaires

La rubrique 3.1.1.0. : Installations, ouvrages, remblais et épis, dans le lit mineur d'un cours d'eau, ne sera pas pris en compte dans le cas d'un aménagement visant à l'amélioration de la circulation des espèces aquatiques.
Cependant, il sera nécessaire de prendre contact avec le Service de Police de l'Eau et de rédiger une déclaration de travaux par rapport à **la rubrique 3.1.2.0.** Installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou le profil en travers du lit mineur d'un cours d'eau.

⚠ **Tout aménagement intérieur d'un ouvrage diminuera sa capacité hydraulique.** Les travaux ne peuvent donc être réalisés que sur des busages surdimensionnés dès leur construction. Cela ne s'adaptera donc qu'à de très rares cas.

▶ EXEMPLES DES LIFE

Passage busé sur la Saint-Nicolas (Rougemont-le-Château, 90)
Afin de traverser un affluent de la Saint-Nicolas, un franchissement constitué d'une buse béton a été installé sous la route empierrée principale d'accès au massif (accessible aux grumiers).

Le passage cumule deux défauts le rendant infranchissable par les espèces aquatiques :

• un seuil de 60 cm de dénivellation en sortie de buse et l'absence de fosse d'appel,

• une pente et une faible rugosité à l'intérieur de la buse créant des conditions de vitesse d'écoulement trop élevées et uniformes à fort débit et une trop faible lame d'eau à faible débit. Vitesse mesurée avant aménagement = 3 m/s en eau moyenne.

Aménagement de pré-bassins pour résorber le dénivelé aval de la buse.

▶ EXEMPLES DES LIFE - SUITE

Le remplacement total de l'ouvrage n'est pas apparu opportun afin de ne pas provoquer une érosion régressive trop importante en amont. La capacité hydraulique de la buse étant suffisante, diamètre de 1000 mm, un aménagement intérieur est apparu possible.

Résorption de la chute d'eau en sortie de buse par l'aménagement de 2 bassins successifs :

- installation d'une dérivation temporaire pour permettre de travailler à sec et éviter les départs de laitance de ciment,
- création de 2 seuils en enrochement, liaison bétonnée, avec confection d'une « échancrure » pour concentrer l'écoulement à l'étiage,
- aménagement de chaque seuil avec une rampe en enrochement pour permettre aux marcheurs de trouver des points d'accroche,
- renforcement d'une berge pour éviter l'érosion en période de crues et conserver l'étanchéité des bassins,
- conservation des substrats existants.

Diminution de la vitesse de l'écoulement et augmentation de la lame d'eau à l'intérieur de la buse :

Afin de diversifier et de ralentir l'écoulement laminaire, la buse a été équipée de 7 seuils (un tous les mètres) avec échancrures alternées. Les pièces, en acier inoxydable, ont été façonnées sur mesure et fixées à l'aide de tire-fonds.

Détail des seuils en acier inoxydable.

La faible lame d'eau ainsi que les vitesses trop élevées empêchent le déplacement des poissons.

Les seuils installés dans la buse réhaussent la lame d'eau, ralentissent l'écoulement et fixent le sédiment.

Résultats :

• en période d'eaux moyennes, les vitesses mesurées sont fortement diminuées. Des zones de vitesse nulle sont observées entre les seuils.

• La lame d'eau permet, même à l'étiage, la traversée par un poisson comme une truite.

• Lors des prospections nocturnes, des écrevisses à pattes blanches sont observées dans la buse aménagée.

Limites :

• L'obstacle n'est probablement pas franchissable pour des espèces à faible capacité de nage comme la Lamproie de Planer ou le Chabot. Ces espèces étant absentes de ces ruisseaux, cela ne faisait pas partie des objectifs.

• La mise en place de ce type de seuils à l'intérieur d'une buse nécessite le passage d'un homme. Une technique réalisée par EDT (Pont-Farcy, 14) permet de réaliser ce type d'aménagement sans avoir besoin de rentrer dans l'ouvrage.

Ce système pré-monté se glisse dans la buse et permet de fixer les seuils sans pénétrer dans l'ouvrage. Technique réalisée par EDT.

COÛTS DES LIFE
BUSE SUR LA SAINT-NICOLAS :

Coût total : 7 200 € TTC
Aménagement des pré-bassins : 3 050 € TTC
Création des seuils intérieurs : 4 150 € TTC

▶ EXEMPLES DES LIFE

Dalot carré aménagé sur le Ruisseau d'Avau (Saint-Agnan, 58)

Le ruisseau d'Avau traverse une route communale avant de confluer avec le Cousin. L'aménagement des deux buses infranchissables était très difficile. Il a été préféré de les remplacer par un dalot carré de 1 mètre de côté. Cependant, pour que ce nouvel ouvrage ne devienne pas infranchissable avec le temps, certaines précautions ont été prises :

- l'intérieur du dalot a été aménagé de "barrettes" transversales de 10 centimètres de haut, constituées de rebords de trottoir en ciment. Positionnées tous les mètres, ces "barrettes" fixent les sédiments et permettent de recréer un lit de ruisseau à l'intérieur de l'ouvrage.
- L'ouvrage a été positionné avec une pente de 3 %.
- L'aval de l'ouvrage est enterré jusqu'au sommet de la "barrette aval".
- Un seuil de quelques centimètres a été aménagé, un mètre à l'aval de l'ouvrage, de manière à nettement ennoyer l'aval du dalot et à créer une fosse de dissipation de l'énergie évitant l'incision du ruisseau et l'apparition d'une chute infranchissable.

Vue amont du dalot du ruisseau d'Avau montrant les "barrettes" de fixation de sédiment.

COÛTS DES LIFE
DALOT SUR LE RUISSEAU D'AVAU :

Coût total : 16 800 € TTC
(suppression de l'ancien ouvrage, mise en place du dalot et réfection de l'enrobé)

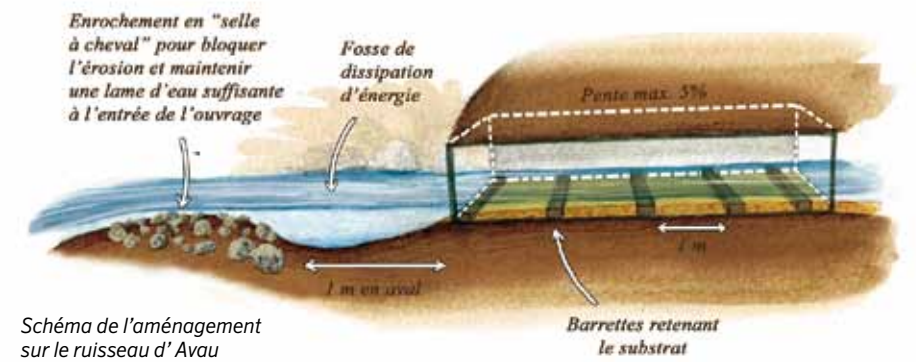


Schéma de l'aménagement sur le ruisseau d' Avau

▶ EXEMPLES DES LIFE

Passage busé sur le ruisseau de Montmain (Avallon, 89)

Une buse ARMCO de 2,5 m de diamètre est située sur le ruisseau de Montmain. Cette buse était fortement érodée par le passage du ruisseau. Sur toute sa longueur, elle était percée aux endroits les plus fragiles. En conséquence, le lit du ruisseau passait sous la buse et empêchait la remontée des Truites fario sur un grand linéaire de frayères potentielles.

La solution généralement la plus simple (et moins couteuse que le remplacement de la buse) consiste à réaliser un radier de renforcement en béton armé, directement coulé sur le radier métallique existant, et correctement liaisonné aux parties saines de la buse. Ce type de protection peut concerner essentiellement les ouvrages hydrauliques dont le radier peut être plus particulièrement affecté par les effets de l'abrasion et de la corrosion.

Le radier de protection doit s'étendre au moins à la périphérie mouillée dans les conditions normales d'exploitation, plus 20 cm environ de chaque côté. Il est recommandé de lui donner une épaisseur minimale de 12 à 15 cm, de l'armer légèrement, à l'aide d'un treillis soudé, et de le solidariser au radier de la buse, par exemple à l'aide de connecteurs en acier fixés ou soudés à celui-ci.

Au préalable, l'ouvrage doit être mis hors d'eau, décapé à l'abrasif, nettoyé et revêtu d'une couche de primaire riche en zinc.

Il s'est avéré nécessaire de procéder au renforcement des extrémités de la buse, en amont et en aval. Le moyen le plus simple et le plus efficace pour procéder au raidissement de l'extrémité d'une buse est la construction d'un perré de raidissement en béton armé. La liaison entre la buse et le perré doit être correctement assurée, par exemple au moyen de crochets d'ancrage en acier galvanisé qu'il est possible d'obtenir auprès des fournisseurs de matériels pour les buses métalliques

▶ EXEMPLES DES LIFE - SUITE

Il a été prévu par ailleurs, de rétablir la continuité piscicole à l'aide d'un tapis d'enrochements intégré au radier, et rétablir le profil en long à l'amont et à l'aval de l'ouvrage, avec des rampes en enrochements. Le tapis d'enrochement a été conçu comme « une passe naturelle » à enrochements régulièrement répartis. Le radier est à double échancrure car les écarts de débits d'étiage et de crue sont importants. Dans un souci de rapport coût/efficacité, il a été choisi d'utiliser des bornes de trottoir en granit. Elles présentent l'avantage d'avoir toute la même surface plane face à l'écoulement, essentielle dans le dimensionnement de ce type de dispositif.

La buse sur le ruisseau de Montmain est située sous une route et est de grande dimension. Il n'était pas souhaité de couper la route pendant les travaux. La mise hors d'eau et la garantie du débit réservé dans ce cas ne sont pas chose aisée. Il a été proposé ici de faire passer tout le débit du ruisseau dans des tuyaux, qui ont été intégrés par la suite dans le radier béton.

COÛTS DES LIFE
SUR LE RUISSEAU DE MONTMAIN

Coût total : 38 400 € HT

Documents utiles

• *Les ouvrages de franchissement des cours d'eau bas-normands. - 2009 - Document de synthèse CATER Basse-Normandie. http://cater.free.fr*
• *Le franchissement des buses, des seuils en enrochements et des ouvrages estuariens. LARINIER M. - 1992 - Bull. Fr. Pêche Piscic. 326-327, pp. 111-124*

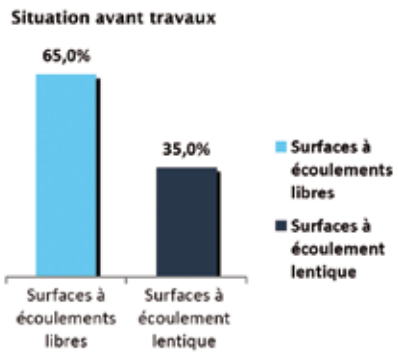
Restauration de la continuité écologique, enjeux patrimoniaux et paysagers

CONTEXTE GÉNÉRAL

Les obstacles présents sur les rivières induisent des perturbations plus ou moins importantes selon leur hauteur, leur emplacement et selon l'effet cumulé de leur succession. Le déplacement de la faune aquatique est une des composantes de la continuité écologique, mais sa fragmentation inclut aussi les déséquilibres sédimentaires et hydrologiques. Les seuils (de moulins par exemple) présentent, souvent, un héritage historique, paysager et culturel qu'il convient de prendre en compte. De plus, les solutions de restauration, pour qu'elles soient écologiquement et socialement acceptables, doivent intégrer une réflexion sur le potentiel à produire de l'énergie renouvelable.

▶ EXEMPLES DES LIFE

Depuis 2012, un diagnostic a été mené sur la basse vallée du Cousin (Yonne, 89). Sur le secteur étudié, on répertorie 26 seuils d'anciens moulins. Schématiquement il y a 1 ouvrage tous les 540 mètres (à l'échelle du Cousin dans son ensemble, 1 ouvrage tous les 1 425 m). La hauteur de chute est de l'ordre de 2 m. maximum, ce qui induit une hauteur cumulée de 25,60 m sur un linéaire de rivière de 15 km. Les effets sont donc nécessairement cumulatifs mais sont difficiles à évaluer.



Comparatif de la nature des écoulements du Cousin sur le tronçon étudié, avant travaux.

Si tous sont construits en vue d'une fonction bien particulière, aucune activité originelle ne subsiste à l'heure actuelle et nombre de moulin a été transformé en lieu d'habitation ou disparu. Aujourd'hui, un seul est équipé à des fins de production électrique.

PROBLÉMATIQUE **1**

DÉFINITION DU NIVEAU D'AMBITION DE RESTAURATION DE LA CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE

▶ DESCRIPTION GÉNÉRALE

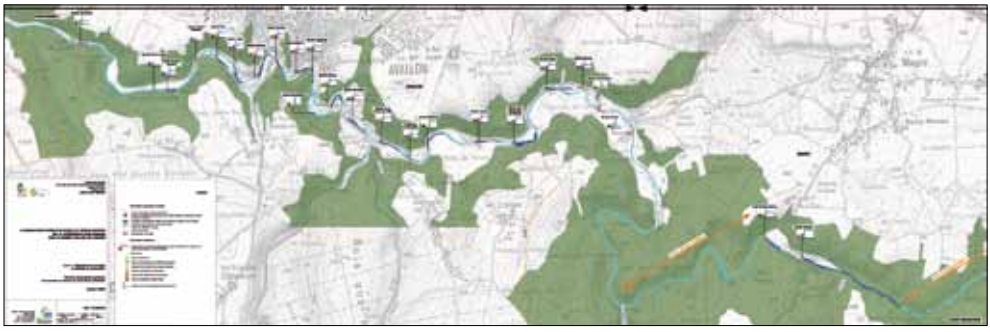
Avant tout, il convient de reconnaître que le bilan globalement négatif de l'impact des seuils en rivière invite à conclure que dans la plupart des situations, et en l'absence d'intérêt économique ou d'intérêt majeur sur le plan patrimonial, la meilleure solution pour aller vers la pleine restauration de la fonctionnalité de la rivière consiste à supprimer ceux-ci. Les ambitions de restauration nécessitent cependant d'être en certains cas adaptés à la réalité des droits, attentes et volontés des propriétaires concernés.

PROBLÉMATIQUE **2**

DÉFINIR UN PROJET DE TERRITOIRE ET FACILITER L'ACCEPTATION LOCALE

▶ DESCRIPTION GÉNÉRALE

Il est important d'avoir une réflexion à une échelle cohérente, afin d'améliorer les connaissances vis-à-vis de l'état et du fonctionnement



de la rivière d'un point de vue morpho-écologique, mais aussi et surtout, de développer un véritable « projet de territoire », à forte valeur ajoutée d'un point de vue environnemental. La communication et la pédagogie sont bien les clés pour que ce type de projet réussisse. L'acceptation sociale passe aussi par un maître d'ouvrage proche du territoire et du terrain.

PROBLÉMATIQUE **3**

UNE COMMUNICATION ABONDANTE

▶ DESCRIPTION GÉNÉRALE

La communication doit être abondante, doit s'adresser à tous les publics (Elus, riverains, grands publics et scolaires) et ne doit donc pas être trop technique. Les 3 défis qui ont été les plus importants à relever étant d'expliquer toutes les composantes de la continuité écologique et comment elles interagissent en elles (ne pas réduire la continuité écologique à la continuité piscicole), la communication des résultats scientifiques de façon simple, et d'expliquer le principe de restauration de la fonctionnalité du cours d'eau. Des outils pédagogiques ont été développés en ce sens et sont disponibles sur le site internet du Life "Continuité écologique".

PROBLÉMATIQUE **4**

DES ÉTUDES SCIENTIFIQUES AVANT ET APRÈS TRAVAUX, UNE NÉCESSITÉ

▶ DESCRIPTION GÉNÉRALE

Les études initiales doivent être menées à plusieurs échelles emboîtées. C'est à partir de ces études préalables que peut être justifié le niveau d'ambition de restauration.

▶ EXEMPLES DES LIFE

Continuité écologique et impact sur la qualité habitationnelle.

• Les conséquences de la présence des seuils se traduisent par un amoindrissement du matelas alluvial en aval, comblement progressif des retenues et atterissement à l'entrée des biefs.
Il en résulte un fort impact des seuils sur la qualité habitationnelle du cours d'eau, dans la zone de remous des ouvrages, par simplification des mosaïques d'habitats, et un fort colmatage.

Suite aux travaux d'arasement des seuils Michaud, Rochette et des Templiers, il a été mesuré une nette amélioration de la qualité habitationnelle et une forte diminution du colmatage des substrats, sur les stations situées en amont des ouvrages, en seulement une année.

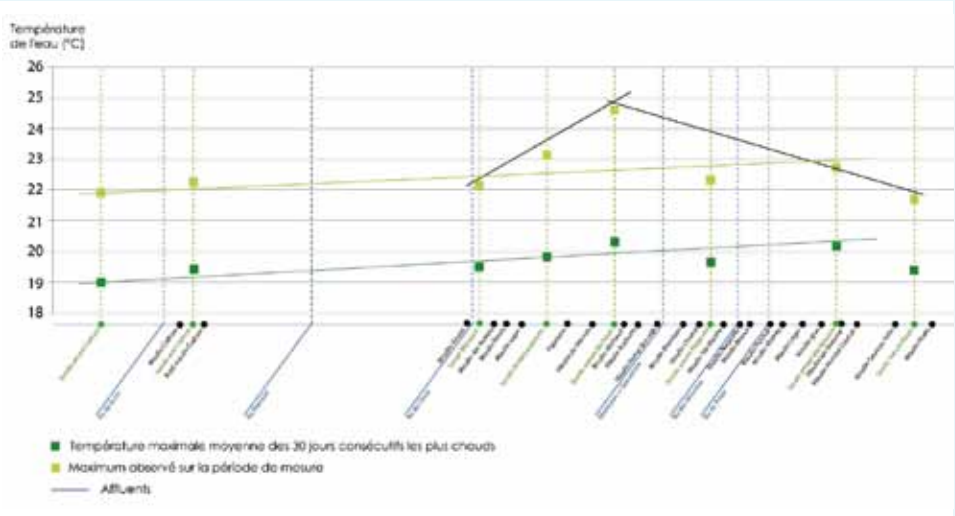
	2015 (avant travaux)		2016 (après travaux)	
	IAM calculé	Note IAM sur 20	IAM calculé	Note IAM sur 20
Amont Michaud	2 589	4,71	5 184	10,37
Amont Rochette	4 516	9,70	5 087	10,92
Amont Templiers	2 542	4,07	7 063	12,84

Comparaison de l'Indice d'Attractivité Morphodynamique (IAM), en amont des ouvrages Michaud, Rochette et Templiers, avant et après travaux.

▶ EXEMPLES DES LIFE - SUITE

Le facteur thermique, un facteur primordial à prendre en compte

• Les retenues font augmenter la température de l'eau en période estivale. Sur la basse vallée du Cousin, en 2012, le réchauffement le plus important est de + 0,8 °C sur les températures maximales moyennes des 30 j consécutifs les plus chauds et + 2,4 °C sur les maximums observés sur la période de mesure. Sur l'ensemble du secteur d'étude, la température dépasse très souvent les limites maximales (18 - 20 °C) tolérées par les espèces sténothermes d'eau froide comme la truite. Sachant que le secteur d'étude est largement tamponné par des arrivées froides des affluents et des sources.



Un impact direct et indirect sur la population de moule perlière

• Le site abrite en amont une population de moule perlière (Margaritifera margaritifera). La densité de la population de moule perlière mesurée par Marquage Capture Re-marquage (CMR) est faible sur ce site, par rapport aux références de 10 indiv /m² retrouvées chez une population fonctionnelle (Young et al., 2002). Les raisons peuvent être multiples mais la rupture de la continuité écologique impacte le recrutement de la truite fario, espèce hôte privilégié de la moule perlière, et influe grandement sur la qualité intra-sédimentaire. La qualité du lit de la rivière et notamment sa perméabilité à l'oxygène est très importante pour l'espèce et surtout pour les juvéniles. Celui-ci n'étant pas ou peu compatible dans les retenues générées par les seuils.

Les différentes mesures de la qualité intra-sédimentaires ont mis en évidence l'impact des retenues des seuils, et notamment celui d'une retenue modeste telle que celle du seuil de la côte Cadoux (Yonne, 89). La mesure du potentiel d'oxydo-réduction permet de caractériser la qualité chimique du milieu hyporhéique du cours d'eau en fonction des exigences écologiques des naïades. Les gradients de variation des mesures avec la profondeur ont été observés. En effet,

ils ne doivent pas diminuer de plus de 20%, pour permettre la survie des naïades et plus particulièrement celle des juvéniles. (Geist et Auerswald 2007).

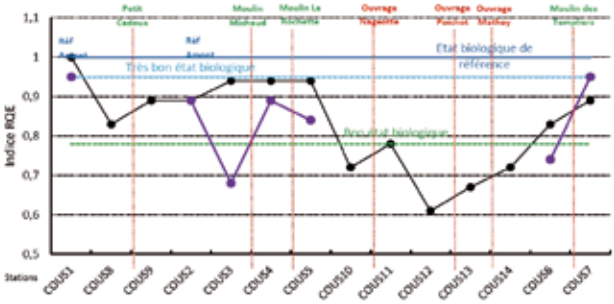
GRADIENT DE POTENTIEL REDOX	
Amont seuil côte Cadoux	12,2 %
Emprise de la retenue côte Cadoux	22,7 %
Aval seuil côte Cadoux	14,0 %

Diminution moyenne des gradients de potentiel redox mesurés entre 0 et 15 cm de profondeurs, en amont du seuil de la côte Cadoux, dans l'emprise de la retenue et en aval du seuil.

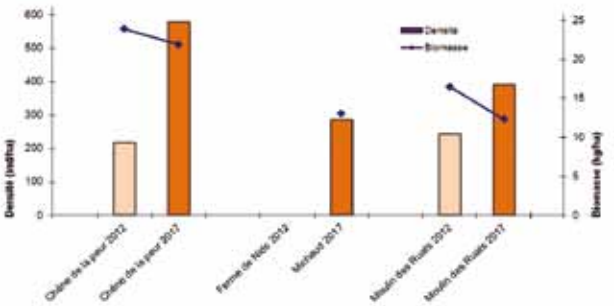
Des peuplements perturbés

• Les modifications hydromorphologiques de la rivière induisent des écarts significatifs entre les niveaux typologiques calculés sur les différentes stations du Cousin.
En témoigne l'état du peuplement piscicole dégradé sur les stations influencées par les ouvrages. Tant du point de vue de la qualité de la richesse spécifique (absence majeure de la truite) que des abondances des espèces présentes. Le constat est similaire en ce qui concerne les peuplements de macro-invertébrés. Il y a une chute de la variété taxonomique observée sur les stations « amont ouvrages » et disparition des taxons polluo-sensibles et rhéophiles.

• Une année après les travaux, la variété taxonomique des macroinvertébrés augmente nettement sur l'ensemble des stations « amont ouvrages » où il y a eu des travaux d'arasement. Ce phénomène touche essentiellement les groupes indicateurs les plus polluo-sensibles. Suite aux travaux d'arasement des seuils Michaud, Rochette et des Templiers, on retrouve des stations proches de la référence amont. D'un point de vue piscicole, à l'échelle du site, on constate une amélioration globale des peuplements après restauration, avec notamment une réapparition de la truite fario sur la station Michaud, une année après les travaux.



Évolution spatiale de l'indice Ratio de Qualité écologique (RQE) sur le Cousin en 2015 et 2016. Comparaison avant /après travaux d'arasement pour les moulins Michaux, Rochette et Templiers.



Évolution de la densité et de la biomasse des truites fario avant travaux (2012) et après travaux (2016). Chêne de la peur = station amont du site d'étude ;
Ferme des Nids = station au milieu du site d'étude ;
Moulin des Ruats = station en fin de site d'étude.

PROBLÉMATIQUE **5**

PRISE EN COMPTE DES ENJEUX PAYSAGERS, HISTORIQUES ET DU POTENTIEL HYDROÉLECTRIQUE

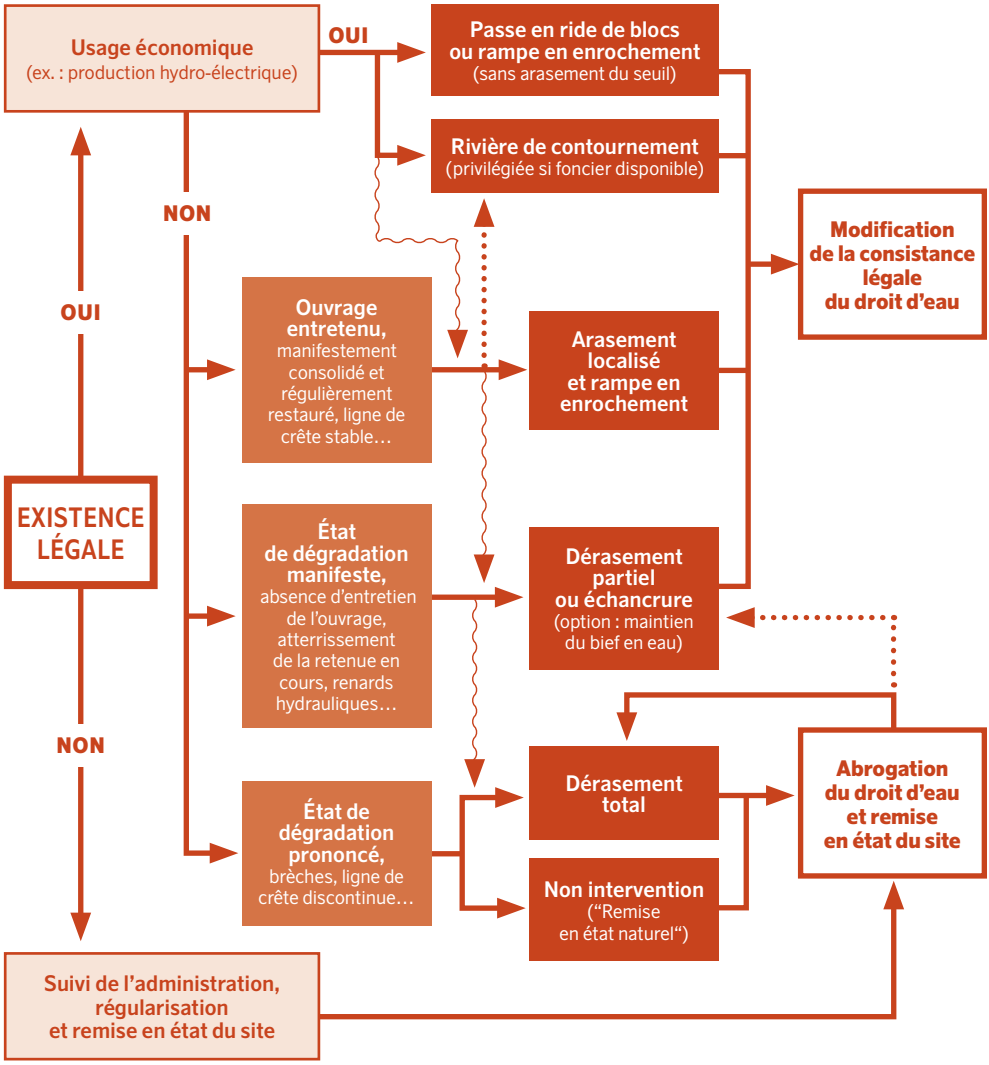
▶ DESCRIPTION GÉNÉRALE

Les enjeux paysagers sont difficiles à systématiser mais tiennent souvent à la présence ou non du plan d'eau et/ou du canal d'amené. Ils contribuent à l'ambiance des lieux et marquent la différence entre une maison au bord de l'eau et un moulin. Or le niveau d'ambition de la restauration dépend directement du maintien du plan d'eau ou de son abaissement. Concernant les enjeux historiques, ils sont souvent rattachés au maintien des anciens vannages, ce qui peut parfois être compatible avec une ambition écologique élevée. Pour le potentiel hydroélectique, il est évidement propre à chaque contexte hydraulique. Il s'agit de faire la balance entre impact d'une installation hydroélectrique et intérêt privé/public. On pourrait résumer simplement la problématique de la façon suivante : faut-il faire un gros barrage de 100 MW, ou 100 centrales d'1 MW, ou encore de 2 000 petits ouvrages de 50 kW ? De ce point de vue, il est apparu clairement le besoin d'orienter les actions dans une stratégie globale (au niveau Régionale ou National), plutôt que site par site. Cette clarification soulagerait grandement le travail d'animation sur le terrain, où il est souvent difficile de délégitimer certains maîtres d'ouvrage, ou certains espoirs de collectivités ou de particuliers sur un projet hydroélectrique. On éviterait de ce fait la quasi-systématique opposition que provoque chaque début de projet.

AMÉNAGEMENTS PROPOSÉS

Les problématiques de devenir des ouvrages hydrauliques relèvent d'un exercice délicat et demeurent fortement attachées, non seulement aux ambitions que l'on se fixe, mais aussi et surtout, aux conclusions des négociations devant nécessairement être menées avec les propriétaires concernés. Dans le cas du Cousin, il a été montré par les études préalables qu'au-delà de la restauration de la continuité piscicole, la restauration de l'habitat était une priorité. Ce qui signifie que les projets de passes à poissons ne doivent pas être systématiques et doivent être justifiés. Ce qui aurait pu entraîner de la confusion si la philosophie de restauration n'avait pas été correctement expliquée.

Même si chaque ouvrage a fait l'objet d'un ou plusieurs Avant-Projet Sommaire, avec des niveaux d'ambition suggérés en fonction des contraintes d'aménagement et de gestion, une clé des choix a été élaborée. Elle permet pour les propriétaires d'avoir une meilleur visibilité de la stratégie de restauration à l'échelle du site d'étude. Cette hiérarchisation s'appuie essentiellement sur l'existence légale de l'ouvrage, de son usage (économique) et de son état de vétusté. Les intérêts patrimoniaux ont également été pris en compte dans les solutions techniques qui ont été imaginées par la suite : maintien du bief en eau, maintien du seuil ou d'une partie…



Choix pour les propriétaires d'une typologie de travaux en fonction de l'état ou l'évolution de l'ouvrage.

Possibilité pour les propriétaires de choisir une typologie de travaux plus ambitieuse pour la restauration de la continuité écologique.

Cas particulier, discuté en Comité de pilotage et avec les services de l'État.

Documents utiles

• *BIOTEC. 2013. Elaboration d'une stratégie de restauration de la continuité écologique sur la basse vallée du Cousin. Diagnostic des ouvrages et stratégie de restauration. Note de synthèse. 31 p.*

• *Bouchard J (AFB). 2012. Diagnostic piscicole du Cousin amont et de ses affluents. Campagne d'état initial – 2012. 35p.*

• *Fouillé S. 2013. Etude d'impact de la qualité intra-sédimentaire en vue de la protection des naïades sur les rivières de la cure et du cousin. 76 p.*

• *Hydrosystèmes Ingénieurie. 2016. Etude d'état initial avant travaux de dérasement de seuils en rivière – cousin aval – 2015. 185 p.*

• *SIALIS. 2013. Elaboration d'une stratégie de restauration de la continuité écologique sur la basse vallée du Cousin. Diagnostic biologique et hydromorphologique. 109p.*

• *Film : les seuils de moulins entre patrimoine paysage, économie et biodiversité sur http://www.life-continuite-ecologique.eu*

AMÉNAGEMENT

DÉRASER UN SEUIL, À LA MAIN, EN MILIEU SENSIBLE

Déraser un ancien seuil, sans engins mécaniques dans le lit de la rivière et utilisation d'un radeau pour diversifier l'ancienne retenue à l'amont.

INTÉRÊT

Technique douce permettant de limiter au maximum l'impact du dérasement. A envisager sur un cours d'eau avec des espèces sensibles, telles que la moule perlière (*Margaritifera margaritifera*). Permet de ne pas utiliser d'engins mécaniques dans la rivière, susceptibles d'écraser les individus de moule perlière, d'altérer la qualité de l'eau et dans un but de réduire les départs de Matière En Suspension (MES) vers l'aval.

MISE EN PLACE

• Au préalable à toute intervention pouvant impacter une espèce protégée, prendre contact avec la DREAL.
• Les seuils considérés sont fixes en pierres ou moellons. Ils sont démontés progressivement à la barre à mine.
• Un radeau est fabriqué à partir de bois et de bidons.
• Les plus petites pierres sont chargées à la main, les autres avec une minipelle restée sur la berge.
• Les blocs sont ensuite transportés vers l'amont afin de diversifier les écoulements dans l'ancienne retenue.
• Le dérasement doit être effectué sur toute la hauteur du seuil. Il peut être envisagé de laisser une rangée de fond (souvent difficile à enlever) et rattraper le seuil résiduel à l'aval avec les autres pierres.
• Cette technique est assez fastidieuse, mais pas forcément la plus coûteuse. Elle est cependant à réserver dans des cas particuliers où le seuil est en très mauvais état et facilement démontable à la main.

ELÉMENTS RÉGLEMENTAIRES

Pour les projets de dérasement complet ou partiel avec perte ou retrait du droit d'eau :
• sur un ouvrage ruiné au sens des textes, c'est à dire quasiment disparition physique de l'ouvrage de dérivation, une action administrative sur la base d'un constat de ruine pour figer la situation « plus d'obstacle », peut être envisagée.
• sinon, il est possible de faire un retrait d'autorisation par arrêté préfectoral prévue par l'article L.214-4 dans le cas d'ouvrages ou installations abandonnée ou ne faisant plus l'objet d'un entretien régulier. Cela peut s'appliquer à tous les types de droit d'eau, y compris droits fondés en titre (article L.214-6).
• Dans les deux cas, prévoir la remise en état du site (prévue article L.214-3 & R.214-26, R.214-29 & R.214- 30).

EXEMPLES DES LIFE

Seul vestige de cette activité passée, le seuil de l'ancien moulin de la Côte Cadoux se présentait sous la forme d'un complexe hydraulique en ruine dont ne subsistait qu'une chaussée transversale d'une longueur de 26 mètres ainsi qu'un mur d'appui rive droite guidant les eaux au sein d'un bief étroit. Cet ouvrage maintenait une ligne d'eau stagnante sur 179 m et marquait une discontinuité dans la population de Moule perlière. La restauration de la pleine transparence hydraulique et sédimentaire ne pouvait s'envisager avec succès sans entreprendre un travail « d'exagération » de la brèche existante. Mais ce travail a été rendu délicat du fait de l'installation de la population de Mulette perlière en amont et en aval de l'ouvrage. Toutes les précautions ont été prises afin de limiter les impacts des travaux. En premier lieu, un état initial complet a été réalisé. Il a notamment été fait usage des protocoles tels que celui du Capture Marquage Recapture, sur la population de Mulette perlière, le diagnostic de l'habitat avec une sonde potentiel Oxydo/Réduction et la cartographie des habitats par l'Indice d'Attractivité Morphodynamique. Les travaux décrits précédemment ont été mis en œuvre en deux phases, afin de limiter au maximum les départs de fines. La première phase a débuté fin octobre 2013 et la deuxième phase de travaux a démarré en mai 2014. Les arbres qui ont poussé sur le seuil ont été démontés par le sommet afin d'éviter de les trainer dans le lit de la rivière et déstabiliser les individus de moule perlière. La mini pelle a été utilisée pour charger les plus grosses pierres sur le radeau et quelques fois pour déchausser les plus récalcitrantes sur l'ancien seuil. Aujourd'hui, le seuil est effacé et laisse place à un grand radier propice aux espèces d'eaux vives.

COÛTS DES LIFE
Coût total : 5070 € HT
Installation de chantier, transfert du matériel et démontage des arbres sur le seuil : 1 410 € HT
Enlèvement des pierres et mise en dépôt dans l'ancien bief : 2 100 € HT
Mini-pelle : 1 560 € HT

AMÉNAGEMENT

ARASER UN SEUIL
ET MAINTENIR LE CANAL D'AMENÉ EN EAU

Araser un ouvrage, en maintenant un seuil résiduel permettant de conserver l'alimentation de l'ancien canal d'amené.

INTÉRÊT

Dans la définition du niveau d'ambition de la restauration, l'alimentation en eau du canal d'amené est bien souvent un facteur déterminant dans la concertation avec le propriétaire. Il est un élément clé dans l'ambiance paysagère d'un moulin. Son maintien en eau n'aura pour unique but l'agrément, voire la conservation de vannages emblématiques, faire tourner une roue… En revanche le potentiel hydroélectrique est fortement diminué mais laisse peut être entrevoir des possibilités d'installation de très petite unité pour envisager une production en autoconsommation (Ce sujet reste à développer).

MISE EN PLACE

Principe d'intervention

• Le principe est la conservation d'un effet de "micro-seuil" au sein du lit vif, à l'endroit de la chaussée dérasée.

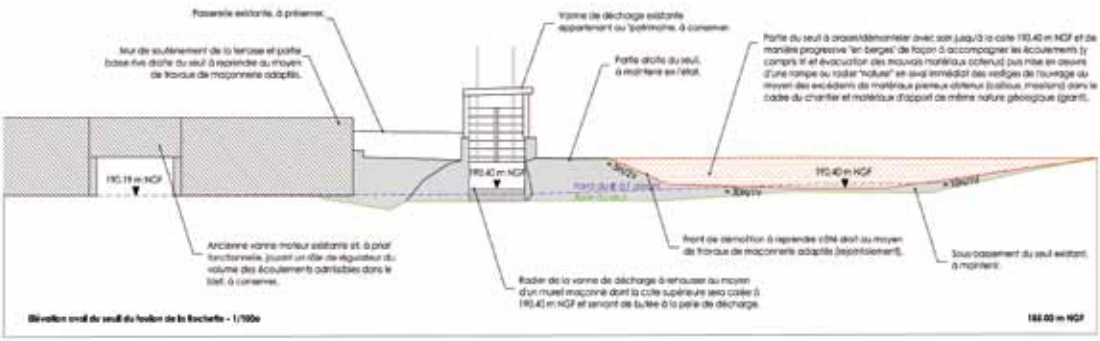
• Les matériaux pierreux obtenus à la suite de l'arasement de la chaussée sont réemployés sur site de façon à créer une petite rampe rugueuse à l'endroit de la partie démolie de l'ancien ouvrage transversal.

• Outre les matériaux récupérés au sein de l'ancienne retenue, la mise en forme d'un radier pierreux, aux éléments libres (physionomie naturelle), permettra de préserver durablement la cote d'arase réalisée, mais aussi de prévenir tout risque d'érosion régressive.

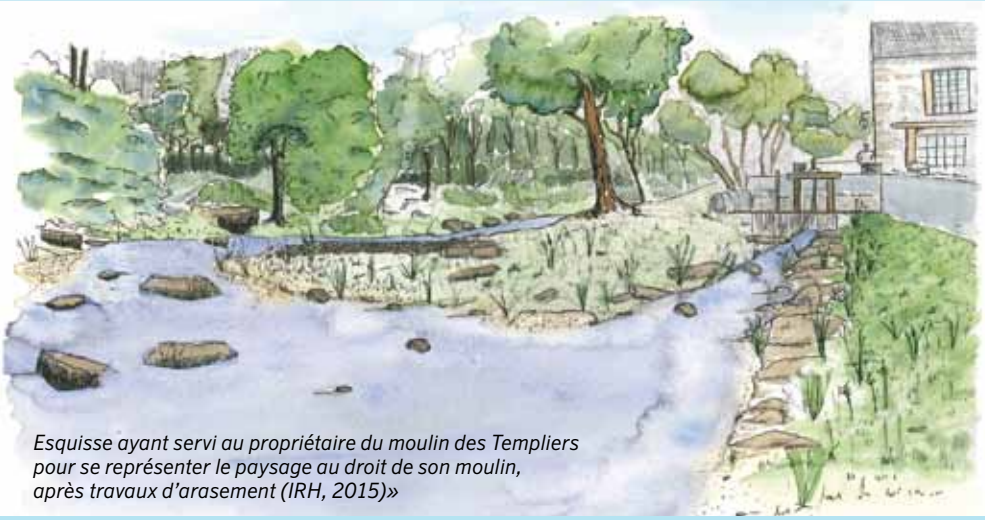
Précautions pour la réalisation des travaux.

• Le terrassement des matériaux doit se faire hors d'eau. La solution qui a souvent été retenue est le travail par demi-rivière.

• Il est bien sûr conseillé de constituer un barrage filtrant à l'aval, durant la phase travaux. La solution qui est apparu la plus efficace et la plus rustique a été l'installation de houppiers prélevés sur place.



Coupe longitudinale et projet de travaux du seuil du Foulon de la Rochette (BIOTEC, 2014)



Esquisse ayant servi au propriétaire du moulin des Templiers pour se représenter le paysage au droit de son moulin, après travaux d'arasement (IRH, 2015)»

• Étant donné la sensibilité du milieu et les passages répétés dans le lit de la rivière, il a été choisi de travailler le plus possible avec une pelle araignée. Elle présente l'avantage d'une faible pression au sol et surtout une grande accessibilité, notamment sur ce type de chantier.

ELÉMENTS RÉGLEMENTAIRES

Une collectivité peut se substituer à un propriétaire avec son accord et ce, sans DIG, si aucun financement de la part de la collectivité (cas opération 100% subventionnée), pour :

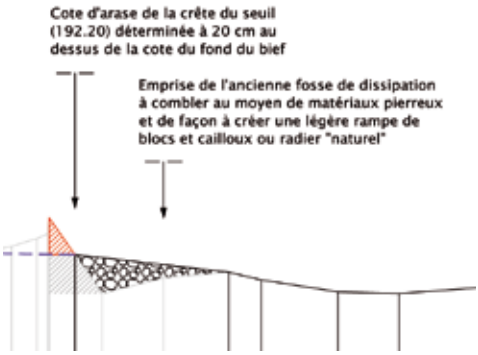
• Une opération de remise en état après abrogation d'un Droit d'Eau : application L.214-3-1,

• Une opération de restauration de la continuité écologique sur cours d'eau classés en liste 1 ou 2, application L.214-17.

Cela concerne tous les types d'opérations permettant de rétablir la continuité : dérasement d'ouvrage, dispositifs de franchissement, rivière de contournement…

Le recours à cette procédure nécessite l'accord préalable du propriétaire et, de l'avoir dûment informé des conséquences de son accord, comme la perte du potentiel hydroélectrique.

En cas de dispense de DIG, il n'y a pas nécessité d'Enquête publique, sauf en présence d'une procédure d'Autorisation. En cas de dispense EP, en vertu L.120-1, opération ayant incidence sur environnement : information du public par voie électronique et note de présentation du projet.



Profil en long avant et après travaux du seuil du moulin Michaud (BIOTEC, 2014)

EXEMPLES DES LIFE

Fort du constat simple qu'aucun dispositif d'aménagement n'assurera jamais une aussi complète « transparence » (piscicole et sédimentaire) que l'absence d'ouvrage hydraulique, les conditions d'un arasement optimal ont été recherchées sur les seuils Michaud, Rochette et Templiers. Parmi les contraintes et enjeux ayant guidés ou motivés les choix, il fallait assurer la persistance d'une alimentation en eau de l'ancien canal d'amené, dans un but d'agrément essentiellement.

Dans le cas de Michaud et Rochette, en vue de garder l'alimentation du petit canal après travaux, non seulement un effet de « micro-seuil » a été conservé au sein du lit vif du Cousin et à l'endroit de la chaussée (cote d'arase de l'ouvrage supérieure de quelques vingt centimètres au fond du lit du bief post-aménagement) mais les seuils n'ont été abaissés que sur une largeur d'un peu plus d'une vingtaine de mètres. Ces dispositions ont permis tout à la fois de guider les écoulements vers l'entrée du bief mais aussi de réduire le risque d'atterrissement rapide du bief (les eaux étant guidées au sein d'un lit de largeur proche de conditions naturelles).

Dans le cas des Templiers, l'alimentation du canal d'amené est assurée par

l'aménagement d'une diguette avec les matériaux de la rivière et un ouvrage de répartition des eaux avec les blocs prélevés sur place. Les plans d'eau sont désormais supprimés et sont remplacés par des faciès lotiques, propices à la Truite fario notamment.

Les conditions de mise en œuvre des travaux ont été exemplaires notamment grâce à l'utilisation d'une pelle "araignée".

COÛTS DES LIFE
Coût total : 140 538 € HT
Arasement du seuil du moulin Michaud : 29 616 € HT
Arasement du seuil du moulin de la Rochette : 37 142 € HT
Arasement du seuil du moulin des Templiers : 73 780 € HT

AMÉNAGEMENT

RÉALISER UNE ÉCHANCRURE SUR UN SEUIL ET MAINTENIR UN EFFET DE PLAN D'EAU, EN HAUTES EAUX.

Réaliser une échancrure sur un ouvrage, permettant la "remise en état" du site tout en conservant un effet de plan d'eau en période de hautes eaux.

INTÉRÊT

Le maintien ou la suppression du plan d'eau est souvent le point de concertation le plus délicat à traiter. Lorsque les problématiques sociales et paysagères sont importantes, pour le propriétaire et pour les riverains, il peut être envisagé un scénario permettant de combiner le franchissement piscicole et le maintien d'une ligne d'eau suffisante.

MISE EN PLACE

Principe d'intervention

• Les modalités de création d'une échancrure au sein de l'ouvrage hydraulique sont définies avec l'appui de l'analyse géomorphologique du tronçon de cours d'eau ainsi qu'une modélisation hydraulique.
• Les hypothèses de dimensionnement sont fixées par rapport à la fréquence d'apparition du miroir d'eau, au profil en long et à la hauteur de chute résiduelle qu'il faudra aménager pour permettre le franchissement piscicole.
• Une des mesures d'aménagement importante consiste à réaménager le lit amont de façon à fixer un certain gabarit, qui sera amené à évoluer progressivement dans le temps en fonction de la remobilisation des matériaux. Un apport complémentaire de matériaux graveleux doit être prévu afin de resserrer le lit mineur, et éviter un étalement de ligne d'eau.
• La création d'une ouverture dans le déversoir permettra la libre circulation piscicole. Toutefois, la chute résiduelle doit être aménagée en fonction des capacités de franchissement des espèces cibles.
• L'arasement partiel du déversoir, permettra au grès des crues, un ajustement des pentes au niveau de l'échancrure et donc un retour à un style plus "naturel" de la rivière pour les faibles débits. En revanche, la conservation partielle du déversoir implique un maintien d'un niveau d'eau à l'amont, créant ainsi des écoulements lentiques pour les plus forts débits. Les sédiments piégés dans la retenue, seront alors faiblement mobilisables compte tenu de la faible ouverture.

EXEMPLES DES LIFE

• Les infrastructures des moulins Nageotte et Poichot étaient dépourvues de droit d'eau du fait de la démolition des bâtiments auxquels elles étaient liées. Les canaux d'amenée et de fuite étaient comblés.

• En parallèle, un projet d'abrogation du droit d'eau de chacun de ces ouvrages a été soumis à la commune propriétaire, avec obligation de remise en état.

• Le compromis fut délicat à trouver entre la préservation d'un ouvrage structurant le paysage de la vallée du Cousin, sur un secteur à enjeux touristiques, avec des contraintes réglementaires et la restauration du patrimoine naturel.

• Il a été choisi, en accord avec la DDT, de réaliser une échancrure au centre des ouvrages permettant de rendre le seuil franchissable pour la truite fario. Ce type de dispositif permet également le franchissement de l'ouvrage à d'autres espèces d'accompagnement, sur certaine plage de débit.

• Le plan d'eau en amont a été supprimé et se reconstitue uniquement en période de haut débit.

• Des risbermes ont été terrassées à l'amont afin de réduire le chenal d'écoulement et conserver une lame d'eau compatible au bon fonctionnement de la rivière.

• Etant donné le contexte péri-urbain et des infrastructures en place, les berges ont été confortées.

• Il a aussi été choisi de conserver l'alimentation des vannages, par le maintien d'un chenal, afin de maintenir la mémoire des lieux.

COÛTS DES LIFE

Le coût important de ces aménagements est en grande partie dû aux apports importants de matériaux pour réaménager le lit amont de la rivière.

Coût total : 312 526.67 € HT
Arasement du seuil du moulin Michaud : 183 416.67 € HT
Arasement du seuil du moulin de la Rochette : 129 110 € HT

AMÉNAGEMENT

CONCEPTION DE PASSE À POISSONS AMBITIEUSES

Dimensionner une passe à poissons, intégrée dans le paysage, et permettant le franchissement d'un maximum d'espèces dans une large gamme de débit.

INTÉRÊT

Lorsqu'il n'est pas envisageable d'araser un ouvrage, une passe à poissons permet de compenser en partie l'impact de l'ouvrage, en assurant le rétablissement la continuité piscicole. Son dimensionnement est conditionné par des choix de départ, tels que le(s) espèce(s) cible(s), son positionnement… Lors de la conception on peut cependant s'attacher à ce qu'elle soit tolérante pour le plus d'espèces possible, dans une large gamme de débit. L'intégration paysagère de la passe est aussi un élément important à prendre en compte lorsque que les seuils présentent un fort intérêt patrimonial ou paysager.

MISE EN PLACE

Principe d'intervention

• Les étapes successives de la démarche de dimensionnement sont les suivantes :
- Définition des espèces à prendre en compte et de leur période de migration
- Définition de la gamme de débit sur laquelle le dispositif doit être fonctionnel
- Acquisition des données sur la répartition des débits et sur les évolutions des niveaux d'eau amont et aval et les contraintes (accès, foncier, corps dérivant et des sédiments, …)
- Choix du nombre et de l'implantation du ou des dispositifs et des débits à transiter dans les dispositifs

- Choix du type de dispositif et des critères de dimensionnement adaptés aux espèces ciblées
- Phase de dimensionnement hydraulique du dispositif et de calage par rapport aux niveaux d'eau amont et aval
- Phase de dimensionnement des structures (fondations, génie civil,…)

• Pour le programme Life continuité écologique, les choix techniques qui ont été retenus ont privilégié les dispositifs rustiques et l'emploi de matériaux locaux.
• Dans le cas d'installation de passe à poissons sur des ouvrages dont les enjeux paysagers ne permettaient pas le dérasement, une arase du seuil a été réalisée pour diminuer l'emprise du plan d'eau et gagner des habitats courants.

ELÉMENTS RÉGLEMENTAIRES

En vertu de l'article R. 214-17 du code de l'env., le Préfet peut prendre par arrêté complémentaire et après avis du CODERST, toutes prescriptions additionnelles visant la protection de la qualité et de la ressource en eau (art. L. 211-1, code de l'env.), comme modifier un ouvrage ou de l'équiper d'un dispositif de franchissement.
Cette procédure ne nécessite donc pas une nouvelle autorisation au titre de la Loi sur l'eau, bien qu'une étude préalable soit nécessaire. Cela est assimilé à une modification d'autorisation de l'existant (ouvrage), et ne concerne donc pas la création d'une rivière de contournement.

L'utilisation de matériaux locaux est un défi pour la réalisation de passe à poissons conforme au dimensionnement du projet. Cela nécessite par exemple, d'accompagner les entreprises dans les choix des blocs en carrière. Veillez également à utiliser la même nature de roche que sur site et tendre vers la même couleur pour conserver l'ambiance paysagère.

EXEMPLES DES LIFE

Le moulin Cadoux

Le site du Moulin Cadoux est inscrit au patrimoine pittoresque de l'Yonne depuis le 19.03.1964, notamment pour le miroir d'eau amont et le seuil lui-même bâti en pierres. Un travail spécifique a donc été nécessaire avec la DREAL et l'ABF afin de s'assurer de la compatibilité du rétablissement de la continuité piscicole avec les enjeux paysagers, architecturaux et patrimoniaux.

Les possibilités d'équipement et d'aménagement sur le site étant assez limitées du fait de la topographie, la solution d'une rampe en enrochements régulièrement répartis a été choisie. La passe mise en œuvre est de type « naturelle », constituée d'une double rampe inclinée en génie civil, tapissée de blocs en enrochements uniformément répartis en fond.

L'objectif de ce dispositif est de recréer des conditions d'écoulements proches des caractéristiques des cours d'eau naturels à forte pente, en intégrant des matériaux naturels (blocs en enrochement) pour la dissipation d'énergie et la réduction des vitesses.

Étant donné le niveau d'ambition élevé souhaité, l'arasement partiel du seuil a également été intégré. Celui-ci permettant notamment de réduire le remous hydraulique du seuil sur l'amont. Une longue réflexion a donc été menée afin de préserver le caractère pittoresque du site. L'inscription du site fait notamment état du reflet du Moulin dans le plan d'eau amont. Ainsi, un compromis a été trouvé entre arasement partiel du seuil et maintien du miroir en amont immédiat du seuil.

L'implantation du dispositif de rétablissement de la continuité piscicole en rive gauche a été faite en fonction :

- des exigences biologiques et comportementales du poisson. En effet celui-ci a tendance, dès lors qu'il rencontre un ouvrage/obstacle transversal, à se diriger le plus en amont possible ;
- des enjeux patrimoniaux et paysagers. Pour des raisons d'intégration paysagère au site inscrit, cette implantation permettait de limiter les co-visibilités entre le moulin et la rampe.

Le choix de ce dispositif, mais aussi son implantation et son calage altimétrique a permis de répondre aux enjeux de rétablissement de la continuité piscicole mais aussi de préservation du patrimoine architectural et paysage. L'aménagement du Moulin Cadoux est un bel exemple de conciliation de ces enjeux.

> ⚠ Pour limiter la formation d'embâcles dans la passe à poissons, il est conseillé de prévoir un "pare-embâcles" à l'amont. Plusieurs techniques existent, mais l'installation de bloc de 2 m³, en forme d'épi, a été une solution rustique, efficace et intégrée dans le paysage.

▶ EXEMPLES DES LIFE - SUITE

Le moulin Sapin

Le site du moulin Sapin présente un patrimoine historique, exceptionnel. Une installation d'une petite unité hydro-électrique était imminente.
Suite aux discussions avec le propriétaire, la solution d'une rivière de contournement a été retenue sur ce site. En effet, cette solution permettait à la fois de préserver le seuil et de rétablir la continuité piscicole.
Ce type d'aménagement bénéficie d'une excellente intégration paysagère et présente l'avantage d'être franchissable pour la plupart des espèces piscicoles. En revanche, il nécessite une forte emprise foncière.
Cette solution d'aménagement était également rendue possible par la topographie et la disponibilité foncière.
En effet, en rive gauche (rive opposée au Moulin), le propriétaire disposait d'un terrain peu utilisé.
Une rivière de contournement consiste à relier l'amont d'un ouvrage à l'aval par un chenal dans lequel l'énergie est dissipée et les vitesses réduites par la rugosité du fond et des parois, ainsi que par une succession d'obstacles (blocs, épis, seuils), reproduisant en quelque sorte l'écoulement d'un cours d'eau naturel (pente de 1 à 2 %).
La confluence au bief aval doit être placée au plus près du pied de l'obstacle à franchir, afin que les poissons trouvent plus facilement l'entrée.
Le choix de ce dispositif, son implantation, son calage altimétrique et les modalités de gestion des vannes associées a permis de répondre aux différents enjeux paysagers, historiques, économiques et piscicoles.

Le moulin Léger.

Le moulin Léger correspond à un complexe hydraulique qui supporte un usage de production hydroélectrique.

La conception d'un dispositif de franchissement piscicole devait respecter les contraintes et enjeux suivants :
• Une conception en accord avec les modalités d'exploitation de la microcentrale ;
• Un dispositif pleinement efficace pour la Truite fario.
• S'intégrer le mieux possible aux ouvrages existants et dans le contexte paysager local ;
• Favoriser des solutions techniques rustiques privilégiant l'emploi de matériaux locaux ;
• S'insérer dans le fonctionnement de la microcentrale ;
• Permettre le respect du débit minimum biologique ;
• Demeurer peu sensible à la formation d'embâcles et peu contraignant en termes d'entretien, d'autant que l'exploitant n'est pas sur site en permanence.

Sur la base de ces éléments, la solution technique d'aménagement s'est orientée vers la création de pré-barrages.

Les pré-barrages (ou rangées de blocs successives) présentent comme principaux avantages, leur attractivité renforcée par le positionnement sur l'obstacle, leur plus faible sensibilité au colmatage et à l'engravement, une mise en œuvre souvent moins complexe et plus rustique sur des obstacles de faible hauteur que des solutions en génie-civil.

En cas d'installation d'une micro-central, sur certaine plage de débit, le débit du bief aval peut être plus attractif que le tronçon court-circuité (TCC). Il peut alors être envisagé de créer un épi pour resserrer les écoulements à l'aval du TTC (augmente l'attrait) et éviter les débits concurrentiels du bief aval.

COÛTS DES LIFE
Coût total : 194 022.83 € HT
Moulin Cadoux : 71 553.83 € HT
Moulin Sapin : 43 154 € HT
Moulin Léger : 79 315 € HT

AMÉNAGEMENT

CRÉATION D'UNE MAQUETTE HYDRAULIQUE ET DU PARCOURS PÉDAGOGIQUE « LE CHEMIN BLEU »

Créer un outil pédagogique permettant d'expliquer au grand public "la continuité écologique" et les enjeux qui y sont attachés, tout en s'amusant et en manipulant soi-même.

INTÉRÊT

La continuité écologique est un concept scientifique complexe car il regroupe plusieurs notions souvent inconnues du grand public. Il va bien au-delà du franchissement piscicole. Pour favoriser l'acceptation des travaux de restauration, il est nécessaire que ce concept soit compris par le plus grand nombre. Plusieurs outils ont été développés mais quoi de mieux que de voir, manipuler, et jouer dans l'eau pour comprendre ?

MISE EN PLACE

Principe d'intervention

• La maquette hydraulique est inscrite dans un parcours qui permet d'observer un ensemble d'aménagements réalisés dans le cadre du Life "Continuité écologique".
• Le parcours, appelé " le chemin bleu", suit les travaux qui sont identifiés par différents symboles et détaillés sur des stèles explicatives.
• À mi-parcours, il est possible d'expérimenter librement une maquette hydraulique.
• 10 mètres par 6 en mortier paysager, elle représente la rivière, les processus de circulation

de l'eau et des sédiments, les différents types d'aménagements (Dérasement, arasement et passes à poissons).

• Le visiteur, en toute autonomie :
- déclenche la mise en eau,
- se déplace sur la maquette,
- gère les débits d'entrée et simule des crues ou l'étiage,
- met un barrage ou le retire,
- constate les effets sur les lignes d'eau, le transport des sédiments ou embâcles,
- réfléchit aux avantages ou inconvénients de chaque passe à poissons, en fonction des capacités de franchissement de plusieurs espèces de poissons…

La conception de la maquette a été confiée à un architecte. En effet, la maquette hydraulique, et la signalétique associée, se trouvent dans un milieu naturel qu'il s'agissait de ne pas dénaturer. Nous ne souhaitions pas de "simples" panneaux car cette forme était restreinte par rapport à nos intentions. Il a été envisagé dès le début de créer des "mobiliers signalétiques" qui correspondaient mieux à nos contraintes et potentialités des différents sites. La maquette a donc été traitée comme tel. Ce qui présente l'avantage, en plus d'être "technique", d'être intégré dans les lieux tout en interpellant le public.

• Les applications autour de la maquette sont nombreuses. Il peut aussi être envisagé de simuler les transferts d'eau sur un bassin versant en fonction de l'occupation du sol, simuler une installation hydroélectrique, comprendre l'hydromorphologie…

COÛTS DES LIFE
Coût total : 59 336 € HT (ne tient pas compte du temps passé en interne)
Conception (cabinet d'architecte + graphiste + muséographe) : 20 493 € HT
Travaux : 38 843 € HT

Ce guide se propose de présenter de façon très concrète un ensemble d'expériences de gestion, de préservation et de restauration des ruisseaux et de la continuité écologique, issues des programmes LIFE "Ruisseaux de têtes de bassins et faune patrimoniale associée" et LIFE "Continuité écologique, gestion de bassin-versant et faune patrimoniale associée". Il se présente sous forme de fiches détaillant les thèmes, puis les actions menées depuis leur mise en place jusqu'à l'estimation des coûts de mise en œuvre :

Étangs et ruisseaux de têtes de bassins

Gestion et exploitation forestière

Exploitation agricole et ruisseaux de têtes de bassins

Restauration physique d'un ruisseau

Déplacements de la faune aquatique

Restauration de la continuité écologique, enjeux patrimoniaux et paysagers

Ces programmes ont été mis en œuvre par :

Participation financière et technique de :

Appuis scientifiques pour une partie des actions :

LIFE MOULE PERLIÈRE EN BELGIQUE LIFE 02NAT/B/008590

LIFE MOULE PERLIÈRE EN ALLEMAGNE LIFE 03NAT/D/000003

Parc naturel régional du Morvan
Maison du Parc
58230 Saint-Brisson
France
+ 33 (0)3 86 78 79 00
www.life-continuite-ecologique.eu

Dépôt légal : 2017
ISBN : 978-2-918060-14-7