



Secrétariat technique du bassin Loire-Bretagne

Améliorer l'état écologique des cours d'eau

18 questions, 18 réponses

Juin 2012

Améliorer l'état écologique des cours d'eau

18 questions, 18 réponses

Le Sdage Loire-Bretagne 2010-2015 demande d'assurer la continuité écologique des cours d'eau. Cet objectif et ses modalités sont précisés dans le chapitre 1, *Repenser les aménagements de cours d'eau*, et notamment son orientation fondamentale 1B, *Restaurer la qualité physique et fonctionnelle des cours d'eau*, et dans le chapitre 9, *Rouvrir les rivières aux poissons migrateurs*, et son orientation 9B, *Assurer la continuité écologique des cours d'eau*.

Mais les actions visant à restaurer la libre circulation de l'eau, des sédiments et des espèces dans les cours d'eau se heurtent sur le terrain à des incompréhensions, voire à des oppositions, notamment s'il s'agit d'ouvrir ou de supprimer des seuils. La méconnaissance du fonctionnement naturel des cours d'eau est souvent à la source de ces incompréhensions.

Les 18 questions 18 réponses proposées dans ce document sont destinées aux agents des services de l'Etat, de l'Onema et aux techniciens de rivière qui mettent en œuvre la politique de reconquête du bon état des eaux et du Sdage Loire-Bretagne, qui animent la concertation avec les riverains ou qui font appliquer la réglementation sur l'eau et les milieux aquatiques.

Cet argumentaire est téléchargeable sur les sites internet de l'agence de l'eau Loire-Bretagne, de la direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement et sur le site de l'Onema. Il pourra, en tant que de besoin, être complété, actualisé, précisé selon les questions qu'il suscitera en retour. Il est complété au fil du texte par des références documentaires et, en fin de document, par une fiche de ressources.

Sommaire

Les enjeux du débat

Quel est l'enjeu du débat ?.....	p. 4
Qu'est-ce qu'une rivière ?.....	p. 6
Une ambition européenne de bon état des eaux : qu'est-ce qu'une rivière en bon état écologique ?	p. 8
Quel rapport entre bon état écologique et étagement de la rivière ?.....	p. 9
Que devient la lutte contre les pollutions ?.....	p. 12
Pourquoi les seuils aggravent l'eutrophisation ?.....	p. 13

Un objectif, des solutions

Une cohérence des politiques de gestion des milieux aquatiques.....	p. 15
L'arasement, « c'est pas automatique... ».....	p. 17

Restaurer la continuité, quels effets sur...

Restaurer la continuité, quels effets sur le transit sédimentaire ?.....	p. 19
Restaurer la continuité, quels effets sur la ressource en eau ?.....	p. 20
Restaurer la continuité, quels effets sur les inondations ?.....	p. 23
Restaurer la continuité, quels effets sur la qualité de l'eau en basses eaux ?.....	p. 26
Restaurer la continuité, quels effets sur les zones humides riveraines ?.....	p. 28
Restaurer la continuité, quels effets sur la faune aquatique ?	p. 29
Le cas de l'anguille.....	p. 32
Restaurer la continuité, quels effets sur les berges et la ripisylve ?	p. 33
Restaurer la continuité, quels effets sur le paysage et le patrimoine bâti ?	P. 35
Restaurer la continuité, est-ce un frein à la politique de diversification énergétique ?.....	p. 37

Ressources documentaires

MOTS REPÈRES

Ne figurent ici, en langage vulgarisé, que les quelques termes clefs qui justifient cet argumentaire.

On retrouvera toutes les définitions utiles dans le glossaire général proposé sur le site www.eaufrance.fr;

Bon état des eaux

Des eaux en bon état permettent la plus large panoplie des usages de l'eau (production d'eau potable, usages économiques, de loisirs...) tout en assurant de bonnes conditions de vie et de reproduction pour les espèces animales et végétales qu'elles contiennent. L'atteinte du bon état suppose que la pression exercée par les activités humaines sur les milieux aquatiques soit réduite.

La notion de bon état des eaux est définie par la directive cadre sur l'eau. Pour les cours d'eau, elle intègre le bon état chimique et le bon état écologique.

Continuité écologique

La continuité écologique, dans une rivière, se définit par la possibilité de circulation des espèces animales et le bon déroulement du transport des sédiments. Elle a une dimension amont-aval, impact des obstacles transversaux comme les seuils et barrages, et une dimension latérale, impact liés aux ouvrages longitudinaux comme les digues et les protections de berges.

Eutrophisation

Prolifération anarchique dans les rivières et les plans d'eau de végétaux aquatiques (plantes à fleurs ou algues, y compris microscopiques) sous l'effet d'un excès de pollutions par le phosphore et l'azote. L'eutrophisation se traduit par une asphyxie des milieux aquatiques et peut poser des problèmes de santé publique (production d'eau potable, baignades...).

Sdage

Le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (Sdage) est un document de planification qui fixe les objectifs environnementaux (objectifs de qualité et de quantité) à atteindre pour toutes les eaux superficielles ou souterraines, dans un délai donné. Dans le bassin Loire-Bretagne, la version en vigueur du Sdage a été adoptée le 15 octobre 2009 par le comité de bassin. Le Sdage sera révisé fin 2015.

L'enjeu du débat

Inscrit dans les lois « Grenelle », le rétablissement de la continuité écologique des cours d'eau figure parmi les premières orientations du schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (Sdage) du bassin Loire-Bretagne. La restauration de la « morphologie » plus généralement (c'est-à-dire la forme des berges et du lit et les conditions d'écoulement) apparaît comme le levier le plus puissant pour améliorer l'état écologique des cours d'eau, le deuxième étant la lutte contre les pollutions. Dans certaines régions la diminution des prélèvements excessifs d'eau dans les rivières et les nappes souterraines est également une condition de l'amélioration de l'état des eaux.

Cet argumentaire est exclusivement consacré à la restauration de la morphologie des rivières, et plus précisément à l'amélioration de la continuité écologique.

Plus de 12 000 seuils...

Le bassin Loire-Bretagne compte plus de 12 000 seuils ou barrages¹ qui barrent le lit de la rivière (il y en a 60 000 en France). Pour la plupart, ce sont des ouvrages de petite taille, inférieurs à 2 m de haut. Ils ont été construits pour utiliser l'énergie des cours d'eau, parfois pour la navigation, certains pour protéger des prises d'eau ou créer des plans d'eau. 60 % de ces ouvrages n'ont plus aujourd'hui aucun usage. Mais ils façonnent un paysage coutumier.

Des effets sur la qualité de l'eau

En amont d'un seuil, ou dans la retenue d'eau formée par un barrage, la vitesse d'écoulement ralentit et la hauteur d'eau dans le cours d'eau s'élève. Dès lors, les eaux stagnent plus longtemps, les sédiments se déposent, l'eau se réchauffe, bactéries et algues se développent, l'oxygénation de l'eau est réduite, la lumière doit traverser une plus grande hauteur d'eau. Le cours d'eau perd de sa capacité d'auto-épuration. Dans le plan d'eau, l'évaporation est aussi plus forte, diminuant la quantité d'eau qui circule à l'étiage.

Des effets sur la biodiversité...

Créant des retenues d'eau calme, modifiant la forme de la rivière et la qualité de son eau, ces seuils et barrages transforment les habitats des espèces animales et végétales qui y vivent. Les variations saisonnières des niveaux d'eau sont atténuées, les petites crues amorties. Les obstacles à la circulation des espèces contribuent à fragmenter leurs aires de répartition. Isolées, les populations de poissons deviennent plus vulnérables. Et ces effets se cumulent : plus un cours d'eau est segmenté, plus la survie des espèces est menacée.

... et sur la dynamique du cours d'eau ...

Le seuil ou le barrage ralentit voire bloque aussi les matériaux solides naturellement et nécessairement transportés par tout cours d'eau (galets, graviers, sédiments...). Ces matériaux manquent à l'aval car une rivière vivante est une rivière qui charrie des matériaux. La tendance naturelle de la rivière étant de retrouver un équilibre sédimentaire, elle se recharge en matériaux dès le passage de l'ouvrage, en érodant son lit : cela contribue à faire disparaître des fonds de rivière favorables à la reproduction de certaines espèces, produit un enfoncement du lit et/ou des érosions de berges, aboutit parfois au déchaussement de ponts ou autres ouvrages d'art et sépare les bras latéraux du cours d'eau principal une grande partie de l'année.

¹ Seuils et barrages sont aussi conjointement désignés par l'expression « ouvrages transversaux »

...mais aussi des contraintes de gestion

Avec ou sans usage, les ouvrages nécessitent un entretien régulier, ne serait-ce que pour des raisons de sécurité publique. Puisque les sédiments se déposent, il faudrait pouvoir curer les retenues d'eau régulièrement mais, du fait du piégeage de polluants dans les sédiments, les vidanges créent un risque de pollution à l'aval. Enfin, pour rester opérationnels, les équipements de franchissement tels que les échelles ou passes à poissons doivent eux aussi être entretenus périodiquement².

Un objectif, plusieurs solutions

Le Sdage Loire-Bretagne, comme la stratégie nationale de restauration de la continuité écologique qu'il intègre, vise à retrouver des rivières vivantes, dynamiques et fonctionnelles, capables de rendre de multiples services. Lorsque les ouvrages n'ont plus d'usage économique, il s'agit préférentiellement de les effacer (ou de les araser). Lorsqu'ils ont toujours un usage, il s'agit d'adapter leurs conditions de gestion, comme dans le cas des systèmes de vannages sur des successions d'ouvrages, ou de les équiper de systèmes de franchissement efficaces (et qu'il faudra entretenir). Cette stratégie est progressive car elle nécessite une concertation locale et elle se nourrit des retours d'expériences. Des objectifs ont été fixés pour 2012 : en Loire-Bretagne, 400 seuils prioritaires doivent être supprimés ou aménagés à cette échéance. Fin 2011, l'agence de l'eau Loire-Bretagne avait engagé l'équipement ou l'effacement de 331 seuils. Mais ce n'est qu'une première étape, l'objectif à l'horizon 2015 étant que les deux tiers des rivières soient en bon état écologique. Le choix des seuils à équiper ou à supprimer doit viser la plus grande efficacité possible.

Un choix de solutions

- Effacer un ouvrage, ce qui revient à le supprimer, ou le démanteler de telle sorte qu'il ne constitue plus un obstacle pour les écoulements naturels, la faune aquatique et le transport des sédiments
- Abaisser la hauteur de l'ouvrage, ou ouvrir une brèche permanente
- Ouvrir les vannes périodiquement, à des périodes pertinentes
- Installer un dispositif de franchissement pour les poissons fonctionnel et correctement entretenu
- Laisser le seuil s'effondrer naturellement, en prévenant les éventuelles conséquences indésirables (embâcles, effondrement de berge...)

Toutes ces solutions doivent être étudiées globalement, à une échelle suffisante pour prendre en compte les impacts possibles, le rapport coût/bénéfice de chacune, les effets cumulés et pour organiser la concertation locale.

Les gains attendus

- Des rivières aux écoulements diversifiés avec des habitats différenciés
- La disparition des proliférations d'algues liées aux eaux stagnantes
- Un milieu bien oxygéné, capable d'une auto-épuration renforcée
- Des températures moins élevées et plus homogènes d'amont en aval
- Une réduction de l'évaporation et de la perte d'eau en été
- Des bras latéraux dynamiques et plus souvent mis en eau, utiles pour les frayères et les zones humides
- Une nappe d'accompagnement mieux alimentée...

... en d'autres termes, une rivière « vivante », plus diversifiée, avec un fonctionnement plus proche de l'état naturel.

² Cet entretien est inexistant pour la moitié des quelque 200 passes à poissons existant dans le bassin de la Loire. L'association Logrami chiffre à 10 millions d'euros les investissements consentis en passes à poissons qui n'ont pas d'effet positif sur les migrations de poissons par défaut d'entretien. Boucault J., Baisez A. et Laffaille P., 2008, *L'entretien des passes à poissons. Guide du bon usage des ouvrages de franchissement sur le bassin de la Loire*, 21 p.

Qu'est-ce qu'une rivière ?

Dès la préhistoire, les rivières constituent des axes de peuplement humain privilégiés. Elles constituent des voies de circulation, de migration, et des ressources pour le boire et le manger. Elles sont utilisées pour l'irrigation des terres fertiles ainsi que, très tôt, pour leur force motrice (moulins dès le moyen âge et, surtout depuis le siècle dernier, l'hydroélectricité).

Au fil des siècles la rivière devient ainsi le lieu de nombreuses activités. Selon ses caractéristiques naturelles, elle permet à différents usages de cohabiter avec plus ou moins de facilité : elle fournit l'eau pour l'alimentation, pour les usages domestiques ou industriels, pour l'abreuvement ou l'irrigation ; elle apporte l'énergie naturelle que procure sa pente ; elle est source de granulats alluvionnaires ou axe de transport par navigation. Plus récemment des usages de loisir sont apparus, la baignade, le canotage, la pêche aux lignes et autres sports aquatiques.

Mais une rivière, c'est aussi un lieu de vie et de reproduction pour les poissons et les autres espèces vivantes, cette fonction naturelle préexistant aux autres usages que l'homme a tirés des rivières.

Un milieu vivant

Une rivière, c'est bien sûr de l'eau qui s'écoule. Mais c'est aussi un flux de sédiments fins et grossiers (vase, sable, gravier, pierres, cailloux...) qui circulent et transitent de l'amont vers l'aval. Tout ceci crée des lieux de vie aux caractéristiques diverses et variées, ce qui est nécessaire à l'alimentation, la circulation et la reproduction de toutes les espèces vivantes, en particulier des poissons.

Une rivière est aussi un flux d'énergie. Elle se façonne en utilisant l'énergie que lui donne la pente naturelle : elle change d'aspect, elle modèle et modifie son lit, elle déplace ses sédiments, elle crée différents lieux de vie pour différentes espèces vivantes. Cette pente, lorsqu'elle n'est pas modifiée artificiellement, varie et présente des alternances de zones calmes et profondes et de parties au courant plus rapide. Ces changements naturels, fruit de la géologie locale, créent de la diversité et donnent à différentes espèces vivantes une plus grande chance de trouver les conditions de vie et de reproduction qui leur conviennent le mieux.

Une rivière est donc un écosystème vivant en étroite relation avec les écosystèmes terrestres ou semi aquatiques qui le bordent.

Les changements naturels de pente font que l'eau coule parfois sur une faible épaisseur, laissant la lumière la traverser, parfois sur des profondeurs plus importantes que la lumière n'atteint pas entièrement. La faune et la flore aquatiques ne sont pas les mêmes dans ces différentes situations et elles bénéficient de ces alternances, d'où une plus grande diversité.

En s'écoulant sur des fonds de différentes qualités, la rivière s'oxygène, ce qui lui permet aussi de participer naturellement à la dégradation des polluants que l'activité humaine produit et qui se retrouvent dans les cours d'eau.

La rivière présente, le long de son cours, des fonds variés, parfois sableux, parfois caillouteux, naturellement perméables, ce qui permet un échange avec la nappe d'eau souterraine qui l'accompagne (la nappe « alluviale »). En hautes eaux, la rivière participe généralement à la recharge de la nappe. En basses eaux c'est la nappe qui soutient le débit de la rivière.

Pour aller plus loin :

Pourquoi restaurer, la dynamique fluviale à l'origine de la biodiversité et du bon état écologique ?
http://www.onema.fr/IMG/Hydromorphologie/3_cornn1_dynfluv_vbat.pdf

Elle connaît tout au long de l'année des variations de débit et donc de hauteur d'eau, en fonction de la pluie : cela lui permet de changer d'allure, d'alterner des profils différents, bref de « respirer », par exemple en débordant vers des zones humides ou en les drainant. Certaines espèces végétales et animales du lit majeur ont besoin de ces alternances.

La majorité des seuils date, selon la taille des cours d'eau, d'après le moyen âge et d'après la révolution industrielle (1850).

En Loire-Bretagne, l'héritage représente plus de dix mille ouvrages recensés. Pour l'essentiel, ce sont des ouvrages de faible hauteur, 1,2 m de chute en moyenne.

La politique agricole et la prévention des inondations ont conduit à la construction de digues, à des curages et des sur-calibrages mécaniques (ou « recalibrages »).

Or la rectification, le sur-calibrage et la déconnexion des lits mineurs et majeurs ont conduit à accélérer les écoulements et donc à aggraver les inondations à l'aval. Dans certaines configurations, ils ont entraîné des phénomènes d'érosion régressive et progressive pouvant aller jusqu'à des déchaussements de ponts. La mise en place systématique des protections de berge a empêché les phénomènes géomorphologiques naturels d'évolution des lits mineur et majeur. Dans le même temps, ces travaux ont évidemment un coût élevé et récurrent pour les collectivités.

Un milieu aménagé depuis longtemps

Depuis très longtemps et jusqu'à récemment les cours d'eau ont été considérés comme des exutoires des différentes eaux « usées » issues des activités humaines. Aux 19^e et 20^e siècles on a artificialisé le lit de certains cours d'eau pour les rendre navigables. On a également multiplié le nombre de seuils permettant d'utiliser l'énergie hydraulique. Certaines rivières ont ainsi perdu les fonds et les berges qui leur étaient naturels et se sont transformées en une succession de plans d'eau où l'eau stagne.

Urbanisation et industrialisation obligent, l'imperméabilisation des sols a augmenté les ruissellements d'eau parvenant aux cours d'eau. Avec la mise en culture intensive des fonds de vallée ou de bassins versants, ils sont devenus les réceptacles d'eaux de drainage arrivant à la rivière de façon plus rapide qu'en écoulement naturel, et chargées de pollution n'ayant pas eu le temps de s'atténuer naturellement. Pour cela ils ont été modifiés de façon drastique, puis leur gestion a consisté à les maintenir dans une forme géométrique, homogène et stable - façon génie civil - focalisée sur l'écoulement et l'évacuation.

Des usages aujourd'hui disparus

S'agissant des seuils et moulins, des pratiques de bon usage avaient été mises en place. Ainsi le « chômage » des installations, en dehors des périodes d'exploitation, permettait la circulation des espèces vivantes et de certains sédiments. Elles demandaient une adaptation temporaire de l'activité pour restituer à la rivière une petite partie de ses fonctions naturelles. Depuis une cinquantaine d'années, de nombreux ouvrages ne sont plus utilisés pour l'usage qui avait motivé leur mise en place. A titre d'exemple, sur les cinq mille premiers ouvrages actuellement décrits dans les bases de données, au moins les deux tiers n'ont plus d'usage économique. Ils ne servent ni à l'alimentation en eau potable, ni à l'hydroélectricité, ni à la navigation. Ils ne sont donc plus gérés ni manœuvrés dans les règles de l'art existant lors de leur mise en place.

Un autre regard : d'une vision hydraulique à la perception des cours d'eau comme écosystèmes

A partir des années 80, un autre regard se construit progressivement sur les cours d'eau. Ils sont de plus en plus perçus comme des milieux de vie, spontanément hétérogènes et dynamiques. Cela est dû en bonne part à l'essor de nombreux travaux scientifiques interdisciplinaires, en écologie et géographie notamment. Un document de référence traduisant cette évolution est la synthèse de Petts et Amoros (1993)³. Les cours d'eau y sont décrits comme un système où le lit mineur et le lit majeur sont interdépendants. Les auteurs étudient les impacts anthropiques sur leur fonctionnement qui sont parfois très importants.

La vision qui s'impose aujourd'hui est celle de rivières comme milieux vivants et fonctionnels. A la prépondérance des considérations hydrauliques succède la prise en compte de leur intérêt multi fonctions.

³ Amoros et Petts, 1993. Hydrosystèmes fluviaux. MASSON éditeur, Paris, 300 p.

Une ambition européenne : le bon état des eaux

La directive-cadre sur l'eau (DCE) demande, entre autres, de maintenir ou d'atteindre le bon état des masses d'eau naturelles ou le bon potentiel des masses d'eau artificielles et fortement modifiées.

L'annexe V de la directive-cadre sur l'eau liste les éléments de qualité pour la classification de l'état écologique. Elle retient la « continuité de la rivière » comme l'un des trois paramètres hydromorphologiques qui soutiennent les paramètres biologiques. Dans une situation de très bon état « la continuité de la rivière n'est pas perturbée par des activités anthropogéniques et permet une migration non perturbée des organismes aquatiques et le transport de sédiments ».

Ce bon état est notamment subordonné à un bon état écologique, qui se définit par une composition en espèces de faune et de flore pas trop éloignée de ce qu'on aurait en situation naturelle (cette dernière correspondant au très bon état, qui n'est pas requis).

L'objectif fixé par la DCE n'est donc pas uniquement centré sur l'utilité immédiate des cours d'eau pour les activités humaines, même s'il est d'un intérêt bien compris de préserver les services rendus par les écosystèmes.

Qu'est-ce qu'une rivière en bon état écologique ?

C'est une rivière dans laquelle les peuplements vivants sont peu perturbés. Dans une rivière très peu soumise à des prélèvements d'eau, à des rejets, on peut s'attendre à trouver un certain nombre d'espèces animales et végétales. On sera au "bon état" à chaque fois que l'on trouvera à peu de choses près ces populations dans leur diversité, leur quantité et leur qualité. Si, à l'inverse, certaines manquent complètement à l'appel ou sont en nombre réduit, ou si au contraire certaines sont en surnombre et prennent la place des autres, on n'atteindra pas le bon état.

Pour une rivière en bonne santé, la variété est une richesse et une force

Une rivière naturelle est une rivière variée, présentant une grande diversité de milieux. Cette diversité permet de changer localement tout en restant elle-même globalement, et de s'adapter à des évolutions du régime des eaux. Elle permet à la rivière et aux espèces qui y habitent, de développer des résistances à des agressions comme la sécheresse, les crues ou les pollutions. Ainsi, une perturbation locale peut conduire la faune et la flore à migrer, sachant qu'ils retrouveront, en se déplaçant autre part dans la rivière, les conditions qu'ils préfèrent pour vivre et se reproduire.

En s'écoulant sur des fonds de différentes qualités, l'eau s'oxygène, ce qui lui permet aussi de participer naturellement à la dégradation des polluants que l'activité humaine produit et qui se retrouvent dans les cours d'eau.

Pour une rivière, à l'image d'une société animale ou d'une association de végétaux, la diversité est une richesse dont elle tire sa capacité de résistance ou de récupération face aux diverses agressions et aux évolutions.

Une rivière en bonne santé est davantage capable d'évoluer et se trouve ainsi mieux préparée aux évolutions qu'entraînera, par exemple, le changement climatique.

Le Sdage Loire Bretagne 2010-2015 précise que 60 % des eaux du bassin sont altérées en raison de l'hydromorphologie.

Pour aller plus loin :

Pourquoi restaurer, l'intérêt et l'importance d'une hydromorphologie non perturbée ?
http://www.onema.fr/IMG/Hydromorphologie/5_conn3_interet_vbat.pdf

Quel rapport entre le bon état écologique et l'étagement de la rivière ?

En quoi les seuils sont-ils un problème pour les poissons ?

Les seuils anciens ont généralement contribué à la création d'un milieu spécifique, la retenue d'eau calme. Le risque de destruction de ce milieu est parfois mis en avant pour s'opposer aux projets de restauration de la continuité écologique. Qu'en est-il au juste ?

Les espèces favorisées par les biefs, milieux lents et profonds, sont un faible nombre d'espèces banales et tolérantes vis-à-vis de nombreuses situations dégradées, parmi lesquelles la carpe commune, la brème et le gardon. Ces espèces, si elles dominent le peuplement en poissons, reflètent un appauvrissement de la biodiversité ; elles bénéficient simplement d'une altération et d'une stabilisation des conditions écologiques, au détriment d'espèces à la fois plus variées et plus exigeantes, donc plus sensibles aux altérations anthropiques, telles que le hotu, le barbeau, le spirilin, la vandoise, le chabot, la truite ou l'ombre de rivière.

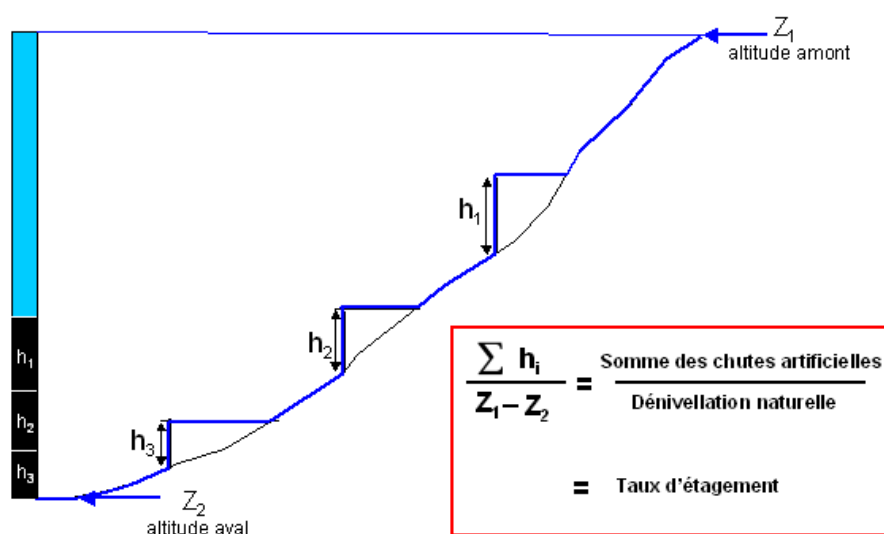
Des effets cumulatifs

Les seuils augmentent les écarts par rapport aux références de bon état des cours d'eau, d'autant plus qu'ils sont nombreux et que leurs effets s'additionnent. L'analyse statistique des résultats de 600 stations de pêche électrique de Bretagne et de Pays de la Loire par Chaplais (2010)⁴, a montré qu'au delà d'un taux d'étagement de 60 %, peu de stations de pêche ont un bon état écologique du point de vue des poissons. Inversement, entre 0 % et 20 % d'étagement, 80 % des stations ont un indice poissons rivière (IPR) qui est bon. Un résumé de cette étude est présenté dans la fiche de lecture du Sdage Loire-Bretagne relative au taux d'étagement (*voir ci-contre*).

« A échelle régionale, le gradient de la relation observée entre l'étagement et la qualité de peuplement varie en fonction des contextes, notamment dans les secteurs où l'emprise des ouvrages est la plus faible, là où d'autres pressions jouent alors le rôle de facteur limitant. (...) Les premiers résultats mis en évidence en Bretagne, Pays de la Loire, Centre et Poitou-Charentes sont suffisamment explicites pour être pris en compte dans les autres régions du bassin, d'autant plus que la définition d'objectifs se limitera aux cours d'eau les plus étagés. A cet égard, on retiendra qu'au delà de 60% d'étagement, moins de 20% des stations étudiées présentent un peuplement piscicole en bon état, quel que soit le secteur de la zone d'étude. »

(fiche de lecture du Sdage, http://www.centre.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Sdage_Fiche_lect_6_Tx_etag.pdf)

Taux d'étagement des cours d'eau



⁴ Chaplais S., 2010. Etude des impacts de l'étagement des cours d'eau sur les peuplements piscicoles en Bretagne et Pays de la Loire. Master Gestion des habitats et des bassins versants / Onema Délégation interrégionale n°2, Rennes, 48 .

La configuration fermée n'était pas le mode de gestion permanent des moulins lorsqu'ils étaient en activité : les meuniers ouvraient les vannes à l'arrêt momentané de leur activité industrielle, en fin de semaine par exemple.

A l'« effet retenue », s'ajoute en effet l'« effet seuil » : seuils et barrages entravent les transferts amont-aval de la faune et des sédiments, notamment s'ils sont maintenus fermés en permanence. Pour les poissons migrateurs, l'impact est plus ou moins total selon la nature et la densité des seuils.

L'absence d'impacts des seuils sur la vie piscicole était en partie vérifiée avant la seconde guerre mondiale, en raison d'ouvertures régulières et prolongées en particulier aux périodes de l'année correspondant à des migrations importantes de poissons. Les chutes étaient aussi plus basses (des rehausses ont souvent été réalisées par la suite) et les profils de déversoirs plus adaptés à la remontée des poissons (pentes douces, écoulement plus élevé, revêtement du fond de lit en matériaux naturels).

On dispose également, dès la seconde moitié du 20^e siècle, de connaissances élémentaires d'hydrobiologie sur l'adaptation morphologique et comportementale des végétaux, des invertébrés benthiques et des espèces de poissons aux vitesses de courant. C'est ainsi que dès 1949, Huet a proposé un diagramme des pentes et une zonation amont-aval des cours d'eau par espèces principales (truite, ombre, barbeau, brème) illustrant l'influence de la pente du cours d'eau sur les peuplements. En 1993 Amoros et Petts ont confirmé et synthétisé la connaissance scientifique des liens entre le milieu physique et les peuplements aquatiques.

Dans la mesure où la recherche du bon état écologique des eaux consiste à réduire l'écart des peuplements avec leur état d'origine, et vu le très grand nombre de seuils construits à diverses époques (plus de 60 000 en France et plus de 12 000 en Loire-Bretagne), il est indispensable d'agir sur cette modification généralisée des profils de rivière. Cette action ne va pas sans difficulté puisqu'elle peut conduire à modifier le profil d'un cours d'eau, et donc le paysage auxquels les riverains sont attachés, parfois depuis des décennies, rapprochant le paysage de celui que le cours d'eau avait avant que l'homme impose fortement sa marque, par des usages ciblés.

Les effets des seuils sur la circulation des sédiments

Sur le plan sédimentaire, les effets négatifs des seuils et barrages sont à présent bien connus et recensés⁵.

Si l'on s'intéresse à l'impact des seuils (petits barrages restreints au lit mineur), ils bloquent, comme les barrages proprement dit, une fraction importante, voire la totalité des sédiments les plus grossiers donc les plus lourds, qui se déplacent sur le fond des rivières au moment des crues (Malavoi *et al.*, 2011⁶). En conséquence, ces sédiments nécessaires au fonctionnement naturel du cours d'eau vont manquer à l'aval : le cours d'eau n'aura comme possibilité pour satisfaire son « besoin » de transporter des sédiments que de les reprendre sur place à l'aval de l'ouvrage, en provoquant une érosion du lit ou de ses berges, qui aura tendance à se propager tant que le besoin ne sera pas satisfait. Cette érosion n'a évidemment lieu que si la section aval dispose d'une pente naturelle qui mettra en mouvement les sédiments. Elle n'apparaît pas si la section aval est elle-même mise en bief par

⁵ ROLLET A.J., 2007. Etude et gestion de la dynamique sédimentaire d'un tronçon fluvial à l'aval d'un barrage, le cas de la basse vallée de l'Ain. Thèse Université Jean Moulin Lyon III, Lyon, 305 p.

⁶ MALAVOI J.R., GARNIER C.C., LANDON N., RECKING A., BARAN Ph., 2011. Eléments de connaissance pour la gestion du transport solide en rivière. Onema. « Comprendre pour agir ». Vincennes, 216 p.

un autre seuil situé plus bas. L'érosion est d'autant plus visible et plus dommageable que les cours d'eau ont une pente forte et des débits élevés, et donc une énergie plus importante à dépenser, comme en zone de piémont ou de montagne, par opposition aux rivières de plaine.

Faute d'alimentation en sédiments par l'amont, l'énergie érosive de la rivière sur la section aval du seuil peut conduire à l'incision, c'est-à-dire la disparition du matelas alluvial, suivi de l'approfondissement du lit mineur par entraînement des matériaux vers l'aval.

Au total, Malavoi *et al.* (2011) synthétisent ainsi l'impact des seuils et barrages sur le transport solide :

- impact majeur en freinant et bloquant les sédiments grossiers qui circulent naturellement sur le fond des lits mineurs, sauf dispositifs de transit efficaces et correctement manœuvrés ;
- impacts variables, mais éventuellement forts sur les sédiments de plus petites tailles, en fonction des quantités apportées par l'amont, de la pente naturelle des cours d'eau, de la densité d'ouvrages sur un tronçon de cours d'eau et enfin de la hauteur et de l'ancienneté de ces obstacles.

Les impacts des seuils sur la morphologie ne sont donc pas prévisibles de manière systématique. Ils dépendent du contexte géographique local, des caractéristiques des ouvrages et de la manière dont ils sont éventuellement manœuvrés (ouvertures temporaires).

Pour aller plus loin :

Pourquoi restaurer, l'altération de l'hydromorphologie d'un cours d'eau à l'origine de dysfonctionnements ?

http://www.onema.fr/IMG/Hydromorphologie/6_conn4_alteration_vbat.pdf

Que devient la lutte contre les pollutions ?

De 2007 à 2012, le programme de l'agence de l'eau Loire-Bretagne mobilise 1 204 millions d'euros pour la lutte contre la pollution et 166 millions pour la restauration des milieux aquatiques.

Les débats sur les projets de restauration des cours d'eau font parfois apparaître des arguments qui opposent artificiellement la lutte contre la pollution à la restauration des milieux aquatiques. Ce sont bien entendu les deux actions qu'il faut mener de front pour atteindre les objectifs de bon état.

Un très gros effort a été fait au cours des dernières décennies pour traiter les effluents urbains et industriels. Les dépenses à y consacrer vont désormais en diminuant. L'effort porte aujourd'hui sur la maîtrise des pollutions diffuses d'origine agricole. Il porte aussi sur la réduction à la source de l'ensemble des pollutions diffuses en azote, phosphore, pesticides et par les micropolluants, qu'ils proviennent de l'agriculture, de l'industrie ou des villes : métaux, perturbateurs endocriniens...

Des programmes sont en cours ou vont monter en puissance dans les années à venir : plan national micropolluants, plan national médicaments, Ecophyto 2018... Mais ces plans ne suffiront pas si, simultanément, un effort de grande ampleur n'est pas consenti en faveur de la renaturation des milieux aquatiques. Opposer les deux programmes d'action n'a pas de sens.

Les seuils ont un rôle dans l'aggravation des pollutions

Les seuils ne créent pas de pollution chimique. Mais une succession de petits seuils ou un grand barrage sont la cause d'un réchauffement de l'eau pouvant atteindre plusieurs degrés Celsius, et de la baisse de l'oxygène dissous, ce qui ajoute des contraintes à l'écosystème et dégrade son peuplement. En effet, beaucoup d'espèces animales aquatiques sont sensibles à ces deux paramètres.

De plus, l'existence de seuils accroît et amplifie les phénomènes d'eutrophisation (*voir page suivante*). Ces phénomènes existent naturellement sur les rivières lentes en présence d'azote et de phosphore dissous dans l'eau. Lorsque les seuils transforment les cours d'eau en succession de plans d'eau, le ralentissement et le réchauffement de l'eau favorisent le développement d'algues unicellulaires. Ces algues profitent du stockage du phosphore dans les sédiments et de la moindre oxygénation à proximité du fond de la rivière, propice au « relargage » du phosphore piégé dans ces sédiments. Le phénomène naturel d'eutrophisation peut alors devenir explosif et menacer les usages tels que l'eau potable ou les activités de baignade.

Pourquoi les seuils aggravent-ils l'eutrophisation ?

L'eutrophisation se caractérise par des développements végétaux qui dépassent les capacités d'assimilation des écosystèmes. Elle se manifeste préférentiellement et de manière plus importante dans les milieux aquatiques lents et profonds tels que les plans d'eau (lacs, étangs, retenues), les rivières aménagées de seuils et les rivières de plaine à très faible pente. Sous nos latitudes, ces développements se produisent majoritairement du printemps à la fin de l'automne, mais on peut observer des développements plus tardifs lors de conditions climatiques particulières.

Les variables fondamentales qui régulent la croissance des végétaux aquatiques sont la quantité de lumière solaire, la disponibilité en nutriments et le ralentissement des eaux. Chaque espèce végétale a ses *preferenda* du point de vue de ces facteurs, auxquels il faut ajouter la hauteur d'eau et sa température, qui vont jouer sur la répartition des espèces.

De manière générale, on distingue le phytoplancton (algues unicellulaires, microscopiques) en suspension dans l'eau et les macrophytes (plantes à fleurs supérieures) fixés ou libres, dont les conditions de développement sont différentes. Selon les espèces, les conséquences pour les espèces vivant localement ne sont pas de même intensité et ne posent pas les mêmes problèmes d'usage de l'eau.

Les proliférations de phytoplancton (souvent des cyanobactéries) sont beaucoup plus préoccupantes que les développements de plantes macrophytes. Dans les cas extrêmes de déséquilibre, en particulier en oxygène, les cyanobactéries ont un rôle particulier car elles constituent une impasse : pouvant se développer massivement et rapidement, elles peuvent consommer tout l'oxygène dissous, avec des conséquences très néfastes pouvant aller jusqu'à des mortalités massives de la faune et de la flore aquatiques. Les usages de l'eau sont également perturbés, avec des enjeux sanitaires liés aux toxines engendrées par certaines cyanobactéries.

Les cas extrêmes liés au développement important de cyanobactéries apparaissent régulièrement dans le bassin de la Loire et en Bretagne, notamment sur les rivières fortement étagées par des seuils telles que la Sèvre Nantaise ou la Vilaine. Hors aménagement, les profils de ces rivières sont naturellement défavorables au phytoplancton qui ne peut se développer que dans les parties terminales et plus profondes⁷. Pour des mêmes gammes de vitesse de l'eau, ces espèces sont largement favorisées lorsque la hauteur d'eau augmente.

Et quel serait l'effet de la suppression des seuils sur l'eutrophisation ?

L'agence de l'eau Loire-Bretagne a effectué en 2008 des simulations des temps de séjour et des classes de qualité de l'eau par modélisation avec le logiciel Pegase⁸. Les graphiques de teneur en chlorophylle *a* concernant la Sèvre Niortaise et les côtiers vendéens montrent une amélioration en cas de suppression des seuils de moins de 2 m de haut sur la base des conditions de l'année 2005. Si l'hypothèse

⁷ Voir à ce sujet l'étude réalisée en 1989 à la demande de l'agence de l'eau Loire-Bretagne et du fonds national pour le développement des adductions d'eau, "Etat d'eutrophisation aux prises d'eau en Bretagne", Anonyme, 1989. SRAE - Université de Rennes - Préfecture de région Bretagne. Rennes)

⁸ Gautier J.N, Coulon O., Gilet H., 2008. Impact de l'effacement de seuils sur le paramètre chlorophylle *a*. Note de travail. Agence de l'eau Loire-Bretagne, Orléans, 8 p.

Les seuils n'ont pas seulement un effet sur le ralentissement de l'eau. Ils contribuent également à favoriser le phytoplancton en augmentant la profondeur d'eau.

est la suppression des seuils de 2 à 10 m de haut, le modèle prédit une nette amélioration des teneurs en matières organiques, azotées et phosphorées pour les côtiers vendéens, toujours pour 2005. Une troisième série de simulations portait sur un scénario de suppression des seuils de plus de 4 mètres dans les conditions hydrométéorologiques de 2002. Appliquées à la Sarthe et à la Mayenne, les simulations donnent une nette diminution des teneurs en chlorophylle a, et donc de l'eutrophisation. Les auteurs concluent :

- « la suppression des seuils sur des cours d'eau de plaine ou à faible pente réduit les temps de séjour et a un effet positif sur les teneurs en chlorophylle A ainsi que sur d'autres indices de qualité, mais de manière limitée selon les cas ;
- le développement du phytoplancton dans les biefs est très variable d'une année sur l'autre et d'un bief à l'autre pour une même rivière. Il semblerait qu'il y ait des cours d'eau où l'amélioration sera plus marquée et peut-être globale. Il en est de même pour certains seuils ;
- d'un point de vue statistique, pour une meilleure représentativité, il serait nécessaire de déterminer les effets des suppressions de seuils sur plusieurs années. 5 années hydrologiques sont déjà disponibles, mais avec des bases de données concernant les seuils qui sont différentes. »

Dans le futur proche, il est prévu d'affiner et de consolider les conclusions concernant l'effet des seuils et de l'étagement des rivières sur les phénomènes d'eutrophisation en analysant les données de qualité chimique sur l'eutrophisation et en les croisant avec celles, toujours meilleures et plus nombreuses, que l'Onema recueille sur les seuils et barrages de l'ensemble du territoire métropolitain.

Cherchant à comprendre les problèmes d'eutrophisation fréquents de la Sarthe, du Loir et du Layon, la DREAL de bassin Loire-Bretagne a établi en 2011 des cartes croisant les teneurs en chlorophylle a (indicateur d'eutrophisation) et les concentrations en phosphore dissous dans l'eau et en phosphore stocké dans les sédiments pour ces trois rivières. Les cartes obtenues confirment que l'eutrophisation, mesurée par la chlorophylle a, est fortement corrélée aux mesures de phosphore. La DREAL a établi la relation avec le taux d'étagement très élevé de ces rivières (90 à 100 %), qui permet à la fois le stockage du phosphore dans les sédiments et son relargage, par l'existence de conditions réductrices dues aux biefs profonds. Elle en conclut que, pour diminuer l'eutrophisation, il faut à la fois réduire les émissions de phosphore et effacer des seuils afin de réduire la température de l'eau et d'augmenter la vitesse d'écoulement. Elle mentionne enfin une autre piste d'amélioration, la revégétalisation du cours d'eau par des végétaux supérieurs qui consommeraient les nutriments incriminés en prenant l'ascendant sur les algues unicellulaires.

Pour aller plus loin :

Oraison, F., Souchon, Y. and Van Looy, K. (2010). *Restaurer l'hydromorphologie des cours d'eau et mieux maîtriser les nutriments : une voie commune ?* Pôle Hydroécologie des cours d'eau Onema-Cemagref Lyon MAEP-LHQ, Lyon. 42 p.

<http://www.irstea.fr/la-recherche/unites-de-recherche/maly/pole-onema-irstea/publications-par-annee>

http://www.onema.fr/IMG/pdf/2011_002.pdf

Une cohérence des politiques de gestion des milieux aquatiques

Restaurer un caractère plus *naturel* des cours d'eau peut apparaître comme un objectif nouveau. Pourtant, la volonté de restaurer les équilibres naturels est inscrite dans les textes depuis maintenant deux décennies. En 1992, l'article 1^e de la loi sur l'eau stipule en effet : « L'eau fait partie du patrimoine commun de la nation. Sa protection, sa mise en valeur et le développement de la ressource utilisable, dans le respect des équilibres naturels, sont d'intérêt général ». Restaurer la continuité écologique des rivières est un élément essentiel de ce respect des équilibres des milieux naturels.

Un jeune centenaire : le classement des rivières

« La segmentation des cours d'eau est un obstacle direct au respect des engagements de bon état et de préservation de la biodiversité ».

Bien avant la loi sur l'eau, il y a plus d'un siècle, des rivières ont été classées pour bénéficier de mesures de protection particulières. Ces classements de cours d'eau, outils réglementaires, ont été établis afin de limiter l'impact sur la circulation piscicole des ouvrages construits en travers des cours d'eau.

En 2012, le classement des rivières du bassin Loire-Bretagne a été révisé pour tenir compte des objectifs de bon état des eaux. Le dossier de consultation précise :

La restauration de la continuité écologique des cours d'eau n'est pas une problématique nouvelle. Les classements de certains cours d'eau ont été instaurés progressivement par des lois et textes réglementaires successifs depuis 1865.

« Aujourd'hui, plus de 60 000 ouvrages – barrages, écluses, seuils, moulins – recensés sur les cours d'eau français (plus de 12 000 sur le bassin Loire Bretagne) induisent une fragmentation des écosystèmes aquatiques. Cette fragmentation est identifiée comme un facteur de risque de non atteinte du bon état imposé par la directive cadre européenne sur l'eau. (...) C'est pourquoi, afin d'atteindre ces objectifs de bon état écologique, la loi sur l'eau et les milieux aquatiques de 2006 réaffirme la nécessité de restaurer les continuités écologiques en prévoyant la révision des classements. La révision des classements doit donc permettre d'assurer une meilleure cohérence avec les engagements communautaires, notamment pour respecter les exigences de la DCE. La circulation des espèces aquatiques et la capacité de transport solide des cours d'eau sont deux éléments essentiels au bon fonctionnement des milieux aquatiques nécessaires au maintien ou à l'atteinte du bon état des eaux. C'est pourquoi les nouveaux classements sont adossés au Sdage et au programme de mesures qui déclinent les grands enjeux liés au maintien et à la restauration de la continuité écologique. De plus, les cours d'eau ainsi classés constitueront un des éléments de la « trame bleue » des schémas régionaux de cohérence écologique (...) ».

Pour aller plus loin :

http://www.onema.fr/IMG/pdf/revision_classements.pdf

Les plans de gestion des poissons grands migrateurs

Depuis les années 1990 existent, dans chacun des grands bassins hydrographiques, des plans de gestion des poissons grands migrateurs⁹ ou PLAGEPOMI. Ils fixent pour 5 ans les mesures utiles à la reproduction, au développement, à la conservation et à la circulation des espèces, les plans de soutien d'effectifs ainsi que les conditions d'exercice de la pêche (périodes et autorisations) (articles R. 436-45 à R. 436-54 du Code de l'environnement).

Le PLAGEPOMI des cours d'eau bretons, datant de 2005, est en cours de révision. Pour le bassin de la Loire, des côtiers vendéens et de la Sèvre Niortaise,

⁹ Il s'agit des poissons amphihalins, qui vivent alternativement en eau douce et en eau salée, comme le saumon, la truite de mer, l'anguille européenne, la grande alose et l'aloise feinte, les lamproies marine et fluviatile, l'esturgeon.

Les poissons « grands migrateurs », tels que le saumon, les aloses, les lamproies ou l'anguille, passent alternativement des eaux douces aux eaux salées pour accomplir leur cycle biologique. Ces espèces sont des symboles forts de la richesse biologique des milieux aquatiques au croisement des domaines de l'eau et de la biodiversité. La situation de ces populations est en déclin depuis plusieurs décennies ce qui a conduit à une mobilisation internationale au titre des espèces menacées. Les causes sont le plus souvent connues : perte et fractionnement de leurs habitats, pollution, surexploitation par la pêche, etc.

Pour aller plus loin :

Une démarche, gérer les milieux aquatiques de manière globale

http://www.onema.fr/IMG/Hydromorphologie/8_conn5_gerer_vbat.pdf

le PLAGEPOMI « saumon, aloses, lamproies, truite de mer » est en vigueur sur la période 2009-2013. Compte tenu de la raréfaction inquiétante et du caractère patrimonial emblématique du saumon du bassin de la Loire et de l'Allier, un plan de gestion spécifique du saumon de Loire-Allier est défini au sein du PLAGEPOMI.

La stratégie nationale pour la gestion des poissons migrateurs

Cette gestion à l'échelle des bassins hydrographiques est renforcée par la stratégie nationale pour les poissons migrateurs, approuvée en décembre 2010. Elle propose des orientations de gestion qui doivent être déclinées dans les bassins hydrographiques et qui sont regroupées en quatre axes : préserver et restaurer les populations et leurs habitats, rénover la gouvernance de la politique de gestion des poissons migrateurs, renforcer l'acquisition des connaissances, le suivi et l'évaluation, développer le partage d'expériences, la communication et la formation autour des problématiques migrateurs.

Comme le précise le document ministériel : « Cette problématique se situe à la croisée de nos engagements communautaires, en particulier la directive cadre sur l'eau, les directives habitat, faune, flore, et le Règlement anguille, mais aussi nationaux, avec le chantier ambitieux de la trame verte et bleue, des classements de cours d'eau et du plan de restauration de la continuité écologique. »

Le plan de gestion de l'anguille

Le règlement européen 1100/2007 du 18 septembre 2007 établit un cadre pour la protection et l'exploitation durable du stock d'anguilles européennes (*Anguilla anguilla*) dans les eaux communautaires, les lagunes côtières, les estuaires, les fleuves et rivières, ainsi que dans les eaux intérieures des États membres.

En application de ce règlement, la France a mis en place un plan de gestion de l'anguille. Il comprend notamment des mesures structurelles visant à permettre le franchissement des obstacles en rivières et à améliorer les habitats.

Le plan de restauration de la continuité écologique

Le 25 janvier 2010, la circulaire relative au Plan de restauration de la continuité écologique précise comment agir pour la mise en œuvre de cette politique environnementale importante. On peut en extraire le paragraphe suivant :

« La restauration de la continuité écologique n'est pas un but en soi. Elle n'a pas pour but de supprimer tous les seuils et barrages des cours d'eau, ni même tous ceux qui n'ont pas d'usage économique. Elle doit répondre à plusieurs objectifs intimement liés dans les projets de Sdage et de programme de mesures, dans le plan d'actions anguille, les classements actuels des cours d'eau et leur révision prochaine, et dans le Grenelle de l'environnement, notamment la mise en place de la trame bleue et la préservation de la biodiversité. Le plan d'action a donc un objectif de résultat nécessitant de privilégier l'efficacité globale des interventions plus que le nombre en tant que tel. Néanmoins, afin d'assurer l'avancement de ce plan, un objectif chiffré d'un total de 1 200 ouvrages à « traiter » à l'échelle nationale d'ici à 2012 a été donné aux agences de l'eau dans le cadre de la révision des 9^e programmes, en cohérence avec l'objectif d'environ 1 500 ouvrages à traiter d'ici à 2015 dans le cadre du plan de gestion anguilles. La mise en place du plan ne peut qu'être progressive au fur et à mesure de l'amélioration des connaissances nécessaires sur les ouvrages. Le démarrage doit néanmoins être immédiat selon les priorités déjà existantes, l'état des connaissances actuelles et les travaux déjà engagés. La première échéance visée est 2015 mais l'action de restauration se prolongera au-delà. »

L'arasement, « c'est pas automatique... »

Il est bon de relire les principes énoncés par le plan de restauration de la continuité des cours d'eau : « La restauration de la continuité écologique passe par la suppression de *l'obstacle* à cette continuité, ce qui ne signifie pas systématiquement la suppression de *l'ouvrage* ». Des solutions de gestion ou d'aménagement, telles que des ouvertures régulières de vannes ou des passes à poissons bien dimensionnées et entretenues permettent d'atténuer l'effet de l'obstacle tout en maintenant l'ouvrage et son usage. Toutefois, les ouvrages non entretenus doivent de préférence être modifiés afin d'assurer par leurs caractéristiques mêmes la continuité écologique (arasement, brèches, démolition, etc.). »

Il n'y a pas à ce jour de politique d'arasement systématique des ouvrages.

Des objectifs de résultats

L'orientation 9B du Sdage, « Assurer la continuité écologique des cours d'eau », rapporte le choix de solutions en objectifs de résultats en matière de transparence migratoire à long terme. Elle énonce ainsi l'ordre de priorité suivant :

- 1°) effacement ;
- 2°) arasement partiel et aménagement d'ouvertures (échancrures...), petits seuils de substitution conçus pour être franchissables ;
- 3°) ouverture de barrages (pertuis ouverts...) et transparence par gestion d'ouvrage (manœuvres d'ouvrages mobiles, arrêts de turbine...) ;
- 4°) aménagement de dispositif de franchissement ou de rivière de contournement, avec obligation d'entretien permanent et de fonctionnement à long terme.

Elle rappelle aussi que la définition des actions à entreprendre suppose des études particulières, cours d'eau par cours d'eau.

Une étude des solutions cours d'eau par cours d'eau et cas par cas

La suppression de seuils n'est pas une position de principe. C'est une décision technique mûrement analysée, même s'il peut arriver que plusieurs ouvrages peuvent être supprimés dans le cadre de contrats de rivière ou de contrats territoriaux à l'échelle d'un cours d'eau ou d'un bassin versant. C'est à ce niveau que les programmes de travaux font l'objet d'une analyse de leurs impacts et d'une concertation pilotée par les structures maîtres d'ouvrage.

Les actions doivent être envisagées au cas par cas, rivière par rivière, ouvrage par ouvrage, de façon à choisir les solutions les plus pertinentes pour la rivière, ses usages et ses usagers. Les impacts locaux doivent être analysés projet par projet, et les projets adaptés de manière à minimiser leurs effets secondaires.

Ainsi, dans l'ensemble des projets proposés dans le cadre des contrats territoriaux de l'agence de l'eau Loire-Bretagne, on prévoit un examen du cas de chaque seuil et une appréciation précise du contexte tant en termes de caractéristiques du milieu physique que d'usages associés au seuil.

Quand la suppression du seuil est reconnue comme la mesure la plus utile, les opérations d'effacement peuvent être conduites de façon progressive pour limiter le risque de ruptures brutales d'équilibre.

L'orientation 9B du Sdage précise : « les mesures de restauration

doivent privilégier les solutions d'effacement physique garantissant la transparence migratoire pour toutes les espèces, la pérennité des résultats, ainsi que la récupération d'habitats fonctionnels et d'écoulements libres. »

Pour aller plus loin :

Une démarche, gérer les milieux aquatiques de manière globale, paragraphe "prendre en compte le contexte local, historique et économique : une nécessité"

http://www.onema.fr/IMG/Hydromorphologie/8_counn5_gerer_vbat.pdf

Pourquoi ne pas remettre en état les seuils et les gérer collectivement ?

Il est parfois suggéré qu'une remise en état des seuils et une gestion collective reviendraient, *in fine*, moins cher et seraient aussi efficaces qu'un arasement.

La gestion coordonnée des vannages correspond à l'application de la réglementation encore en vigueur sur la plupart des anciens moulins : ouverture des vannes dès que les seuils commencent à déverser de façon notable. Si les propriétaires appliquaient correctement cette règle, les ruptures de continuité au niveau des seuils de faible hauteur seraient beaucoup moins problématiques (jusqu'à 1 m environ au dessus des niveaux aval d'étiage).

En revanche, restaurer les ouvrages et les faire fonctionner quotidiennement est plus coûteux (mise en place de chantier, techniques modernes, gestion régulière, contrôle) que l'ouverture permanente ou le simple effacement des seuils. La gestion automatisée coûte plus cher : il n'est que de voir les syndicats qui n'ont pas fini de rembourser des aménagements 20 ans après l'investissement initial, lesquels aménagements commencent à tomber en panne et nécessitent de nouvelles dépenses... La gestion coordonnée est difficile et de toute façon impossible dans les zones rurales peu peuplées, où peu de seuils disposent de moyens de gestion dédiés.

Il est donc globalement plus simple d'avoir un système fonctionnant de manière autonome, sans intervention humaine. C'est un gage de durabilité et d'économie.

Pour aller plus loin :

L'exemple de la Touques, dans le Calvados, montre les bénéfices réels de la mise en œuvre progressive d'un ensemble de solutions sur un bassin-versant.

En 30 ans, 33 ouvrages supprimés, abaissés ou ouverts pour un coût de 1,2 million d'euros et 38 ouvrages équipés de dispositifs de franchissement pour un coût de 2,5 millions d'euros. Résultats : 15 % de frayères accessibles en 1982 et 86% en 2009. Réponses biologiques rapides. Aujourd'hui la Touques est la 1^{ère} rivière française pour son stock de truites de mer (plus de 10 000).

http://www.onema.fr/IMG/pdf/revision_classements.pdf

Restaurer la continuité, quels effets sur le transit sédimentaire ?

La suppression d'un seuil peut-elle entraîner un apport sédimentaire massif en aval ?

L'apport sédimentaire à l'aval dépend du stockage sédimentaire dans la retenue, qui lui-même dépend du contexte géographique (abondance des productions sédimentaires par les versants), de l'ancienneté de l'ouvrage (effet d'accumulation dans le temps), d'éventuelles opérations de curage dans la retenue ou d'ouverture de vannes à intervalle régulier.

D'une manière générale, la tendance est au déficit sédimentaire, ou à un apport sédimentaire limité, dans les parties aval des rivières ou des fleuves du bassin de la Loire. L'Allier, la Loire moyenne et aval et la Vienne ont connu au cours du 20^e siècle un enfoncement de leur lit de un à trois mètres, du fait des extractions de granulats alluvionnaires en lit mineur ou à proximité de celui-ci. Il manque donc au contraire des sédiments pour contrecarrer le processus d'enfoncement. Ce phénomène est connu : il a été abondamment décrit et quantifié. Il a notamment engendré des problèmes graves de stabilité de certains ponts (exemple connu du pont Wilson à Tours) et obligé à reprendre les fondations de la quasi-totalité des points sur la Loire et ses principaux affluents, mais aussi sur des côtières bretons et vendéens.

Sur de plus petits cours d'eau, on n'a pas connaissance, pour les rivières de plaine, de cas où des retenues de seuils se trouveraient remplies de sédiments conduisant à un risque de sur-alluvionnement néfaste pour le cours d'eau en cas de suppression ou d'ouverture de vannages.

Globalement, l'apport sédimentaire massif n'est pas à redouter. Mais l'examen préalable à la suppression d'un seuil doit comprendre un diagnostic sédimentaire de la retenue artificielle concernée¹⁰.

L'ouverture coordonnée des ouvrages pourrait-elle suffire à assurer le transit sédimentaire ?

Bien menée, à condition notamment d'inclure une période automnale et hivernale de débits importants, pouvant aller jusqu'aux crues de printemps, l'ouverture coordonnée de vannages consécutifs permet un déplacement vers l'aval des sédiments fins. Toutefois, selon le type du cours d'eau, cette ouverture coordonnée peut ne pas suffire au charriage d'éléments plus grossiers (qui progressent par sauts au fond des cours d'eau), et donc ne pas résoudre les désordres morphologiques dus à l'interruption du transport solide grossier : érosion régressive, suppression du matelas alluvial et enfoncement du lit mineur, d'où déchaussement des fondations d'ouvrages d'art tels que des ponts...

Malavoi et Salgues, dans leur synthèse bibliographique des conséquences du dérasement et de l'arasement de seuils¹⁰, font des recommandations précises concernant les études préalables à ces opérations. Ils proposent trois fiches bibliographiques, sur le risque de sur-alluvionnement en aval (fiche n°3), la réactivation de l'érosion latérale en amont (fiche n°2) et le risque d'érosion régressive (fiche n°1). Ces études ne sont pas à appliquer de manière intégrale dans tous les cas. Dans les cours moyens et aval en particulier, un diagnostic simple permettra d'écarter les craintes sur l'évolution hydromorphologique de la rivière.

¹⁰ J.-R. Malavoi et D. Salgues, 2011, Arasement et dérasement de seuils, 83 p.
http://www.irstea.fr/sites/default/files/ckfinder/userfiles/files/Malavoi_2011_ArasementSeuils.pdf

Restaurer la continuité, quels effets sur la ressource en eau ?

L'existence de seuils en rivière est parfois considérée comme un avantage pour la lutte contre les étiages sévères et les inondations. Cette vision peut paraître de bon sens, mais qu'en est-il au juste ?

Les seuils vus comme des réserves d'eau... pour la survie des espèces

Le volume d'eau que constitue localement une retenue de seuil reste statique : l'eau emprisonnée derrière le seuil ne circule pas et ne participe donc pas à soutenir l'étiage. Il faudrait pour cela « vider » la retenue.

La présence de la retenue peut masquer la réalité d'un étiage sévère : en effet, le miroir d'un bief est toujours le même, que l'étiage soit normal ou sévère, seul la quantité d'eau franchissant le seuil varie. Alors que sur un cours d'eau naturel les différents niveaux d'étiage se traduisent très visiblement dans les conditions d'écoulement. La présence d'une retenue et de son miroir d'eau permanent masque donc la rareté de l'eau : l'eau semble toujours disponible en quantité et les prélèvements semblent pouvoir continuer à s'exercer avec des conséquences critiques en aval sur les parties de la rivière non mises en bief.

Le lit naturel d'un cours d'eau est adapté aux étiages : régulièrement jalonné de hauts-fonds naturels et de zones plus profondes dans une alternance mouilles-radiers, il présente des zones plus profondes qui peuvent servir de refuge pour la faune en cas d'étiage extrême ou d'annulation de débit. Ces phénomènes d'étiage sévère, dus à des précipitations anormalement faibles, éventuellement aggravés par les prélèvements pour les usages humains ne sont pas exclus. Le changement climatique a notamment pour effet d'augmenter la fréquence des étiages sévères. Ces étiages pourraient conduire certains cours d'eau à des états critiques avec des dommages sur la faune et la flore.

A la suite d'un étiage sévère, les populations d'espèces animales et végétales doivent se reconstituer. Elles le feront d'autant plus facilement que le cours d'eau abritera une grande diversité d'espèces, que son lit présentera des configurations variées et que les seuils n'empêcheront pas la recolonisation de la rivière à partir de noyaux de population isolés. La présence des seuils, qui banalise la configuration du lit et réduit le nombre d'espèces, fragilise cette capacité à résister aux étiages sévères. Le rétablissement de la continuité écologique contribue à ce retour vers une complexité plus grande, plus propice à la résistance aux étiages sévères.

Le maintien des seuils améliore-t-il les étiages ?

Concrètement, les seuils ne permettent pas de délivrer des surcroûts de débit en période d'étiage. Même s'ils étaient gérés finement et de manière coordonnée sur un cours d'eau donné pour tenter d'augmenter les débits estivaux, ils ne permettraient pas d'assurer un supplément de débit pendant plus de quelques heures, car ils ne constituent pas des volumes de stockage suffisants.

Ainsi, un bief de 2 000 m de long, 15 m de large provoqué par un seuil de 2 m de haut accumule 60 000 m³. Si on vide totalement ce bief, on peut espérer apporter à la rivière 1 m³/s pendant 60 000 secondes, soit 16 heures, ou encore 138 l/s pendant 5 jours.

Les volumes nécessaires pour soutenir les étiages dans la durée demandent des investissements très importants comme il n'en existe que peu dans le bassin Loire-Bretagne : les deux principaux sont le barrage de Naussac dans le bassin de l'Allier, et celui de Villerest sur le cours amont de la Loire. Ils ont vocation à garantir en été un débit objectif d'étiage en certains points (dits « nodaux ») de la Loire et de l'Allier. Leurs volumes sont respectivement de 190 et 130 millions de m³.

D'autant que, dans les biefs, l'évaporation augmente

Les débits ne dépendent pas principalement des retenues. La baisse des débits en été est un phénomène naturel lié aux précipitations, éventuellement aggravé par les usages humains.

Cependant, les retenues peuvent ajouter un surcroît d'évaporation aux autres causes de rareté en cas de temps de séjour long et d'ensoleillement effectif sur des surfaces cumulées importantes. Lorsque les apports du bassin versant se tarissent en période sèche, les pertes par évaporation peuvent devenir d'autant plus significatives au niveau des retenues que celles-ci sont nombreuses et ont un impact sur une grande proportion du linéaire de la rivière.

L'évaporation ne se produit pas qu'à température élevée, mais bien avant le seuil de changement de forme total à 100°C. Elle est proportionnelle à la température de l'eau. L'échauffement local à la surface d'une zone de retenue excède ce que peut évoquer une température de l'air moyenne saisonnière. L'échauffement et la perte d'eau sont fonction de la surface en eau exposée au soleil et du temps de séjour dans une retenue.

Plus la part du linéaire mis en bief sur la longueur totale du cours d'eau augmente, avec un ensoleillement intégral, plus on se rapproche d'une configuration « étang ».

Les données relatives à l'évaporation des étangs sont de 0,25 l/s/ha en moyenne annuelle et de 0,50 l/s/ha en période estivale pour des étangs de la Mayenne, de la Vienne et de l'Indre-et-Loire¹¹, départements représentatifs du centre et de l'aval du bassin de la Loire. On estime que 70 % à 80 % de l'évaporation annuelle a lieu de mars à septembre¹².

Pour un bief de 500 mètres de long pour 5 mètres de large soumis à l'ensoleillement, soit le quart d'un hectare, la perte est donc de l'ordre de 0,12 l/s soit 10 m³ par jour et 1 000 m³ en trois mois d'étiage. En cas d'une succession de 10 biefs de cette dimension sur une portion de rivière, on obtient une évaporation de plus d'un litre par seconde, soit 8 à 10 fois plus, ce qui n'est pas négligeable en cas d'étiage sévère et de canicule, tout en restant modeste si le débit de la rivière est normal.

Pourquoi les interdictions préfectorales d'ouverture des vannes ?

Les arrêtés préfectoraux liés à la sécheresse visent essentiellement à limiter les fluctuations brutales dues aux manœuvres de vannes en période de sécheresse, notamment les ruptures de débit provoquées par le remplissage des retenues (effet de stockage lorsque les vannes sont refermées après ouverture). Ces assecs provoquent un stress des milieux aquatiques pouvant aller jusqu'à des

¹¹ Boutet-Berry L.. La problématique plan d'eau, 2000, Conseil supérieur de la pêche, délégation régionale Centre-Pays de la Loire, Poitou-Charentes, cellule des milieux aquatiques, Poitiers, 37 p.

¹² Forêt-loisirs et équipements de plein air, 1991. Plans d'eau, construction, entretien, 5^e édition. Institut pour le développement forestier (IDF), 58 p.

mortalités piscicoles ou d'autres organismes aquatiques (invertébrés benthiques peu mobiles) dans les zones temporairement exondées.

Autrement dit, c'est le mouvement de vannes en lui-même qui est visé par certains arrêts sécheresse, et non pas l'état ouvert ou fermé de ces vannages. La meilleure façon d'éviter ces ruptures de débit artificielles est de maintenir les vannes ouvertes. Dans cette configuration, les refermer annulerait le débit en aval durant la phase de stockage et ajouterait par la suite un surcroît d'évaporation. De plus, en masquant la rareté, on risque de favoriser les pompages directs.

Un autre aspect est qu'en période de sécheresse, les milieux aquatiques sont plus sensibles qu'en temps normal aux pollutions (polluant chimique, déficit en oxygène, température de l'eau...). Or les mouvements de vannes présentent le risque supplémentaire d'une altération de la qualité physico-chimique de l'eau. Par exemple, il y a un risque d'entraînement vers l'aval de sédiments fins, qui peuvent asphyxier la vie aquatique.

Ces mesures des arrêts sécheresse sont donc des pis-aller en attendant les opérations de restauration de la continuité écologique.

Quels effets de la suppression des seuils sur la recharge des nappes ?

Dans la majorité des cas, les cours d'eau drainent les nappes libres, c'est-à-dire les nappes rechargeables par l'eau venant de la surface du sol et des précipitations, alluviales ou non. Si recharge il y a, elle se produit sur la nappe d'accompagnement, et pas au delà. La suppression des seuils n'aura donc aucun impact sur les nappes profondes ou captives qui sont déconnectées des apports par la surface et ne sont pas en relation avec les cours d'eau.

La présence d'un seuil relève la ligne d'eau et donc le niveau d'eau dans la nappe d'accompagnement, sur une portion du cours. Schématiquement on peut distinguer deux cas de figure :

« Dans tous les cas, un seuil qui représente un ouvrage de faible hauteur ne peut jouer qu'un rôle très localisé sur le niveau de la nappe par rapport à l'ensemble du linéaire du cours d'eau. L'effet de l'arasement d'un seuil n'aura pas une étendue supérieure et dépendra essentiellement du contexte géologique. » (Malavoi et Salgues, 2011).

- si le sous-sol aux alentours du cours d'eau est perméable, le niveau dans la nappe et dans le cours d'eau s'équilibre facilement et la ligne de piézométrie est horizontale (réservoir transmissif) : le cours d'eau peut influencer sur le niveau piézométrique assez loin dans les terres, en fonction de la hauteur du seuil ;

- si le sous-sol aux alentours du cours d'eau est peu perméable, le cours d'eau influe difficilement sur le niveau piézométrique sinon à proximité des berges.

L'abaissement du seuil aura un impact très localisé dans le second cas alors que, dans le premier cas, l'impact pourra être plus significatif en particulier sur les débits des ouvrages dans les champs captants alluviaux, puisque le débit d'appel au cours d'eau sera réduit après la diminution de la hauteur mouillée. Mais encore faut-il que le cours d'eau soit lui-même en capacité de fournir le débit qui alimente alors les captages !

Cependant, cette situation peut être inversée par le dépôt des fines au fond de la retenue et sur les berges et par le colmatage qu'il engendre. Le colmatage est parfois tel que le niveau de l'eau dans la nappe d'accompagnement sera déterminé non pas par le niveau d'eau à l'amont du seuil, mais par celui au pied de l'ouvrage. Ce type de fonctionnement est décrit dans le Guide d'hydraulique fluviale de Marcel Ramette¹³ et a été observé sur le Var (83), qui s'écoule pourtant sur un substrat sablo-graveleux perméable.

¹³ M. Ramette, Guide d'hydraulique fluviale, rapport d'étude, EDF, 1981, 172 p. Cote documentaire AELB IID3335

Restaurer la continuité, quels effets sur les inondations ?

Les seuils existants peuvent aggraver les débordements et donc les inondations à leur amont immédiat

C'est pour éviter de telles inondations dommageables que la réglementation générale des ouvrages hydrauliques et des cotes légales de retenues fixe des cotes maximales à ne pas dépasser pour ne pas pénaliser les usagers situés en amont. Cette obligation limite le volume disponible pour un stockage de l'eau à celui compris entre les berges. L'étendue du débordement vers l'amont est fonction de la pente dynamique de l'eau en période de crue : un cours d'eau avec une pente de 5 cm par km, répercutera une surélévation de 20 cm de la ligne d'eau due à un seuil sur une distance de 4 km vers l'amont mais avec des hauteurs de débordements (et non d'inondation) inférieures à 20 cm.

Dans les zones urbanisées, les seuils peuvent aggraver les crues

La présence de seuils implantés dans des zones urbanisées sensibles au risque d'inondation, ou à leur aval, peut justifier des travaux d'effacement pour éviter toute aggravation locale des niveaux de crues. Ainsi le risque d'inondation a justifié les travaux d'effacement de seuils fixes par exemple sur le Loir en aval de la Flèche, ou encore sur la Sarthe en aval et dans la traversée du Mans.

Une succession de seuils ne limite-t-elle pas l'effet des inondations ?

Cette affirmation est à nuancer en fonction du type de seuils et de l'importance de la crue considérée.

Le cas des seuils avec parties mobiles importantes

La question des crues ne doit pas être éludée lors de l'étude préalable. Des solutions mixtes incluant la suppression de vannages mais le maintien des parties dures des anciens seuils pourront, dans certains cas, permettre de gagner en continuité écologique et en écoulements naturels à l'étiage, tout en maintenant un effet de rétention des petites

Dans le cas des crues non-débordantes au niveau de l'ouvrage, du fait de la réglementation évoquée précédemment, la gestion adaptée et coordonnée de seuils pourrait atténuer les effets des crues.

Cependant, le volume disponible pour l'écrêtement des crues correspond au volume entre les berges, qui est très faible comparativement au volume écoulé lors d'une crue.

Par exemple, dans le cas de l'Indre dans le département d'Indre-et-Loire, une analyse du volume et du temps de remplissage d'un bief de moulin à proximité de la station de Saint-Cyran du Jambot montre que ce volume correspond à 8 minutes d'écoulement du débit de pointe de la crue biennale et 4 minutes pour la décennale. En effet, à la station limnimétrique de Saint-Cyran, les débits caractéristiques sont de 13 m³/s pour le module, de 88 m³/s pour la crue biennale et de 170m³/s pour la crue centennale.

En reprenant notre exemple précédent, le volume d'un bief vide peut être estimé à 2 000 m * 15 m * 2 m = 60 000 m³, ce qui correspond au volume écoulé en 11 à 12 minutes pour le débit de pointe biennal. Même si le débit de pointe ne représente pas le débit de l'ensemble de la crue, ces valeurs montrent la faiblesse du volume de stockage disponible face au volume écoulé.

Pour avoir une action efficace, il faudrait ouvrir les vannes de façon préventive et continue pour augmenter le volume disponible entre les berges, puis les fermer au moment adéquat. Une telle gestion nécessite une connaissance très précise de la

crue à venir et une coordination quasiment impossible à réaliser sur une série de seuils. L'impact d'un ensemble de seuils à vannes mobiles sur les crues non débordantes qui ne posent généralement pas de problème, peut donc être considéré comme quasiment négligeable.

Par ailleurs, dans de très nombreux cas, les parties mobiles des seuils ne sont plus manœuvrées par leur propriétaire qui n'utilise plus l'énergie que fournit le cours d'eau, qui n'habite plus sur place et qui n'est pas forcément au courant de la réglementation... Au lieu d'écrêter les crues, ces seuils aggravent parfois les débordements et les inondations locales par l'absence d'ouverture des vannes. En contrepartie, ils peuvent *éventuellement* atténuer la crue dans les zones situées en aval, de manière modérée et selon la configuration des sites. Cette éventualité doit être étudiée et si elle est confirmée il faut en quantifier les effets.

Le cas des seuils fixes ou majoritairement fixes

Le volume disponible entre les berges est occupé par la crue avant l'arrivée de la pointe de crue. L'atténuation du débit de pointe est très faible ainsi que le ralentissement de sa progression vers l'aval.

Dans le cas des crues fortement débordantes, les seuils sont totalement submergés au moment du passage du maximum de la crue et n'ont donc pas d'effet d'écrêtement. C'est le débordement dans la plaine qui atténue la crue : au moment du maximum de la crue, le seuil n'influence pas l'importance de ce débordement.

Dans le cas des crues faiblement à moyennement débordantes, de l'ordre de la biennale à la vicennale (ordre de grandeur indicatif) et en présence de seuils dénoyés, (c'est-à-dire de seuils où le niveau d'eau à leur aval est suffisamment faible pour ne pas provoquer de surélévation du niveau d'eau en amont du seuil), la suppression de l'ouvrage pourra réduire le débordement en lit majeur au moment du passage du maximum. Le maintien de l'écoulement dans le lit mineur et la réduction des débordements localisés se traduiront par une augmentation et peut-être une accélération de la pointe de crue en aval.

Dans le cas des crues faiblement à moyennement débordantes, toujours, mais en présence de seuils noyés par l'aval (l'eau en aval immédiat du seuil remontant à une hauteur telle qu'elle provoque une surélévation de l'eau sur le seuil lui-même), ou de seuils avec des vannes qui auront été ouvertes, la suppression de l'ouvrage se traduira par une réduction locale des freins à l'écoulement. L'écoulement de la crue se fera davantage dans le lit mineur, réduisant d'une part l'inondation en lit majeur et donc le stockage, et accélérant d'autre part la propagation de la pointe de crue. L'impact au niveau d'un seuil sera limité. Mais dans le cas d'une action coordonnée pour de nombreux seuils et en présence d'enjeux à proximité du cours d'eau à l'aval, une analyse de l'impact de la suppression de l'ensemble des seuils devra être envisagée.

En cas de doute, des études hydrauliques peuvent donc s'envisager pour les sites réunissant les trois conditions suivantes :

1. des problèmes d'inondation déjà rencontrés à proximité du cours d'eau en aval du secteur où un seuil important ou un ensemble de seuils seraient à supprimer ;
2. des seuils suspectés d'avoir un rôle important dans les débordements, surtout de faible à moyenne importance, en lit majeur ;
3. un lit majeur suffisamment large et plat par rapport au lit mineur pour y stocker volume d'eau significatif.

Pour aller plus loin :

Le *Recueil d'expériences sur l'hydromorphologie* présente plusieurs exemples qui montrent l'effet bénéfique des arasements ou dérasements de seuils sur les crues et sur les enjeux situés en amont de l'ouvrage :

► En Loire-Bretagne, sur le Rhins (42) : grâce à l'effacement quasi-total du seuil de l'usine, le site industriel n'est plus inondé par les crues de période de retour de 10 à 20 ans.

http://www.onema.fr/IMG/Hydromorphologie/21_15_rex_r1_rhins_vbat.pdf

et http://www.onema.fr/Les-jeudis-de-la-restauration-17_11_2011

► En Seine-Normandie, sur la Touques (14), certains ouvrages ont été effacés précisément pour prévenir les inondations

http://www.onema.fr/IMG/Hydromorphologie/21_18_rex_r1_touquebv_vbat.pdf

et http://www.onema.fr/Les-jeudis-de-la-restauration-03_03_2011

► En Rhin-Meuse, l'ouverture des vannes sur la Vence (08) a permis de réduire les risques d'inondation car l'absence de concertation lors de la manœuvre de ces vannages présentait un risque d'aggravation des inondations.

http://www.onema.fr/IMG/Hydromorphologie/21_20_rex_r1_vence_vbat.pdf

Et http://www.onema.fr/Les-jeudis-de-la-restauration-28_07_2011

► En Artois-Picardie, sur l'Aa (62) une étude hydraulique a montré que certains vannages d'ouvrages qui étaient ouverts présentaient un risque de débordement local (surcôtes de quelques cm ou dizaines de cm). Suite au démantèlement de ces vannages, l'étude montre une diminution des côtes de débordement (retour d'expériences 2012).

Restaurer la continuité, quels effets sur la qualité de l'eau en basses eaux ?

Dans les rivières non aménagées, même à faible débit, les vitesses de courant restent significatives sur les radiers (hauts fonds naturels), assurant une oxygénation de l'eau qui permet aux espèces de survivre dans les zones profondes adjacentes (les « mouilles »). Il y a donc dans ces rivières une alternance naturelle mouille-radier.

Dans le cas de cours d'eau fortement étagés, les faibles linéaires à écoulement libre ne permettent pas d'améliorer la teneur en oxygène dissous entre deux plans d'eau successifs. Il y a donc une différence entre la transformation d'une grande partie (voire de la totalité) d'un linéaire de cours d'eau en une suite de retenues permanentes à courant très lent et profondes, et un ralentissement localisé présentant une hauteur d'eau généralement inférieure à celle imposée par un seuil, saisonnier (quelques mois) ou transitoire (quelques jours) qui correspond à un régime naturel des cours d'eau.

Bien que s'agissant dans les deux cas d'écoulements lents et profonds, les conditions de vie ne sont pas les mêmes. Les peuplements animaux et végétaux, à l'échelle d'une section de cours d'eau suffisante (quelques kilomètres), diffèrent.

Les variations de débit, de vitesse et de hauteur d'eau d'une saison à l'autre font partie du fonctionnement normal de l'écosystème rivière et les peuplements s'adaptent à ces variations saisonnières. Les zones profondes à écoulement lent naturellement présentes dans un cours d'eau non équipé de seuils peuvent servir de zone refuge efficace, alors que les grands biefs créés par les seuils artificiels ont en période chaude une eau de qualité souvent insuffisante (par exemple, pour le paramètre oxygène dissous) à la survie de certaines espèces plus exigeantes.

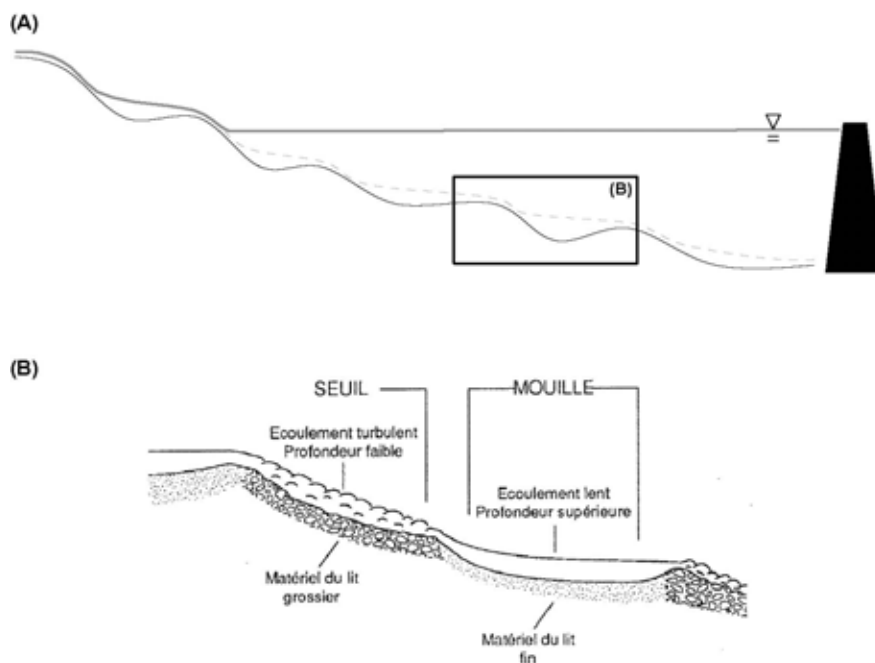


Figure 1. (A) bief créé par un seuil artificiel et (B), succession mouille-radier sur une section de rivière à écoulement libre (schéma tiré d' Amoros et Petts, 1993)

L'avantage de la suppression d'un seuil ne sera effectif sur les peuplements vivants qu'après que le cours d'eau aura retrouvé une section naturelle et une structure du lit mineur diversifiée dans l'emprise de l'ancien bief, car dans beaucoup de cas, la création de seuils artificiels a été accompagnée d'un surcalibrage mécanique du cours d'eau.

Il est donc important d'avertir les acteurs locaux du temps nécessaire pour que le cours d'eau retrouve un état d'équilibre et un aspect naturel. Au besoin, des opérations d'accompagnement sur le lit et les berges pourront faciliter ou accélérer ce retour à l'équilibre.

Pour aller plus loin :

Quelques exemples du *Recueil d'expériences sur l'hydromorphologie* montrent l'intérêt des effacements d'ouvrages et de plans d'eau dans l'amélioration de la qualité de l'eau grâce à la restauration de faciès d'écoulement diversifiés :

► En Loire-Bretagne, sur la Blaise (28) : la présence de l'ouvrage favorisait le ralentissement des écoulements et le réchauffement de l'eau, entraînant des phénomènes d'eutrophisation et d'envasement. L'effacement a permis un décolmatage du fond du lit et des écoulements diversifiés et libres.
http://www.onema.fr/IMG/Hydromorphologie/21_6_rex_r1_blaise_vbat.pdf
et http://www.onema.fr/Les-jeudis-de-la-restauration-15_12_2011

Sur la Sèvre Nantaise, les ouvertures de vannes et les abaissements réalisés sur 3 ouvrages du bassin du Thouet et de la Sèvre Nantaise ont permis de réduire l'eutrophisation dans les 3 sites et d'améliorer la qualité de l'eau.
http://www.onema.fr/IMG/Hydromorphologie/21_17_rex_r1_sevreth_vbat.pdf
et http://www.onema.fr/Les-jeudis-de-la-restauration-28_04_2011

Sur le Couasnon (49), les ouvertures de vannes des moulins le long d'une vingtaine de km ont permis au cours d'eau de se désenvaser et les phénomènes d'eutrophisation ont disparu.
http://www.onema.fr/IMG/Hydromorphologie/21_10_rex_r1_couasnon_vbat.pdf
et http://www.onema.fr/Les-jeudis-de-la-restauration-16_12_2010

► En Adour-Garonne, sur l'Aume (16), une réduction de l'eutrophisation est constatée après l'effacement récent du seuil du pont Paillard.
http://www.onema.fr/IMG/Hydromorphologie/21_4_rex_r1_aume_vbat.pdf
et http://www.onema.fr/Les-jeudis-de-la-restauration-12_05_2011

► En Rhin-Meuse, sur la Kirneck (67), l'effacement d'un petit seuil (0,5 m) en contexte urbain (traversée village plein bourg), s'est accompagné d'un travail sur le « lit d'étiage » dans le lit mineur, avec la mise en place de banquettes végétalisées. En présence d'un cours d'eau sur-élargi, cette action permet d'empêcher que la ligne d'eau soit trop basse ou qu'il y ait rupture d'écoulement en période d'étiage (*retour d'expériences 2012*).

Restaurer la continuité, quels effets sur les zones humides riveraines ?

Il y a zone humide... et zone humide

Si l'on se réfère à la définition des zones humides donnée par le ministère de l'écologie, toutes les prairies riveraines attribuables à la création ancienne de biefs n'en sont pas nécessairement, ou ne sont pas d'un intérêt écologique notable. Toutes ne sont pas "remarquables" et ne justifient pas, sans examen préalable, le maintien des aménagements antérieurs. Les zones humides citées dans les recensements auprès des riverains sont dans certains cas des peupleraies implantées en bordure de biefs artificiels, qui présentent un intérêt économique pour leur propriétaire, mais pas un intérêt général de nature écologique.

Malavoi et Salgues (2011)¹⁴ résumant ainsi leur paragraphe sur la nature des zones humides créées par les seuils en rivière :

« Les seuils ont un effet stabilisateur sur le profil du cours d'eau, ce qui limite la migration du lit au droit de l'ouvrage mais permet parfois le développement de zones humides en amont, le long de la retenue, notamment grâce à l'augmentation de la fréquence de débordement en période de hautes eaux et à l'alimentation par la nappe en période de basses eaux. Cependant, les zones humides naturelles sont caractérisées par des processus saisonniers d'humidification et d'assèchement liés aux variations du niveau de la nappe (¹⁵). L'intégrité de cette zone et sa composition végétale dépendront de cette hydropériode (¹⁶), chaque espèce ayant une hydropériode favorable. Dans le cas des seuils, ces battements n'existent pas ou plus, même s'ils ont pu exister à l'époque où ces ouvrages avaient une fonction et où les vannes étaient ouvertes régulièrement. Les zones humides ainsi créées présentent généralement actuellement un faible intérêt au plan écologique, même si elles peuvent avoir une valeur économique (¹⁴), surtout en comparaison de leurs analogues fluviaux caractérisés par leur dynamique. De plus, ces milieux sub-naturels créés il y a parfois des siècles, ont vu au cours des dernières décennies un bouleversement par rapport aux usages traditionnels : intensification des pratiques agricoles ou au contraire abandon des prairies et fermeture du milieu, drainage du sol par les peupleraies... (¹⁴). »

Quid de la régulation des débits par les zones humides ?

Pour être fonctionnelles et participer à l'équilibre quantitatif de la ressource en eau, les zones humides doivent pouvoir jouer leur rôle d'éponge. En période de basses eaux, elles doivent pouvoir se ressuyer en cédant de l'eau à la rivière voisine. Or les seuils maintenus fermés en permanence, faute d'ouverture régulière ou saisonnière des vannes (c'est le mode de gestion quasi-général), ont l'effet inverse. En stockant l'eau à l'amont de l'ouvrage, ils bloquent le processus de restitution.

S'agissant de zones humides présentant un intérêt écologique

Dans l'hypothèse où on aura vérifié qu'il y a un certain intérêt écologique aux zones humides ou humidifiées riveraines, liées à un seuil donné, il faut :

1°/ rappeler qu'il s'agit de milieux « humides » créés par des aménagements humains, donc de création historique assez récente (sans préjudice de leur intérêt écologique),

2°/ mettre en balance une modification possible, mais à confirmer, de la végétation des rives en cas d'abaissement de la ligne d'eau avec un gain écologique spécifique pour le cours d'eau, que l'on peut juger préférable en définitive.

Un aménagement conduit à faire des choix et il n'est pas toujours possible de gagner dans tous les compartiments de l'écologie des cours d'eau et du fond de leur vallée.

¹⁴ Cités plus haut, voir note 10

¹⁵ Barnaud, G. et Fustec, E. (2007). Conserver les zones humides : pourquoi ? comment ? 296 p.

¹⁶ Vernoux J.F., Lions J., Seguin J.J. (2009). Synthèse bibliographique sur les relations entre eau souterraine et eau de surface en lien avec la DCE, rapport BRGM/RP-57044-FR, 153 p.

Restaurer la continuité, quels effets pour la faune aquatique ?

La crainte qu'une suppression de seuils perturbe brutalement les habitats est souvent évoquée. En fait, les seuils stabilisent un type d'habitat d'un niveau de diversité hydromorphologique et donc écologique assez pauvre, ce qui demande réflexion.

La suppression de seuils va effectivement modifier de façon importante les conditions du milieu. Ces modifications vont donner un nouvel équilibre morphologique et écologique, en quelques mois à quelques années selon les facilités de recolonisation par la faune. Mais il ne faut pas oublier que la perturbation a été brutale aussi lors de la création des seuils, y compris dans la perception de bien des riverains qui ont connu les travaux hydrauliques de grande ampleur des années 1970-80. Mais tout le monde n'a pas connu ces bouleversements et une partie de ceux qui les ont vécus ont pu en perdre le souvenir.

L'inquiétude porte aussi sur la baisse de hauteur d'eau résultant de la suppression des seuils. Or cette baisse n'est pas une dégradation de l'habitat aquatique, mais le plus souvent une amélioration - à condition que le lit mineur soit diversifié, non modifié par des travaux antérieurs de recalibrage et de reprofilage.

Oies et canards...

L'inquiétude existe aussi de voir certains oiseaux d'eau familiers désertir la rivière après renaturation. Or la plupart d'entre eux, les canards, les oies, les poules d'eau... sont des espèces *euryèces*. Elles peuvent vivre dans des milieux et des conditions très diverses et sont capables de s'adapter à des changements importants de leur milieu. Elles ne sont pas inféodées aux étangs et aux retenues des anciens moulins ou des seuils plus récents. Elles peuvent très bien vivre dans des zones peu profondes de petits cours d'eau dépourvus de bief. Il n'y a donc pas de perte d'habitat pour ces espèces lorsqu'on supprime un seuil en rivière. Inversement, d'autres espèces moins banales, comme le martin-pêcheur, bénéficient de lames d'eau moins profondes et plus courantes pour y trouver les alevins et petits poissons dont ils se nourrissent.

Brème, brochet, carpe, sandre...

D'autres espèces, brème, brochet, carpe, sandre... s'accommodent des eaux calmes mais elles n'ont pas absolument besoin de zones de biefs uniformes pour vivre et se développer. C'est même l'inverse pour le brochet, dont la reproduction dépend partiellement d'annexes hydrauliques latérales, asséchées en période d'étiage, mais en eau de février à avril ; il bénéficie donc de variations de niveaux d'eau, ce que les biefs ne permettent pas.

Disparition de la perche-soleil et du poisson chat...

Après suppression d'un seuil formant une retenue, on peut s'attendre en quelques années à une diminution des espèces *lénitophiles* (préférant les eaux calmes) comme la carpe, la brème, les carassins, le rotengle, la tanche, la perche soleil et le poisson chat, mais non à leur disparition. Cette évolution pourra déranger certains pêcheurs amateurs de carpe. Apparaîtra au contraire comme positive la disparition de la perche-soleil et du poisson chat, introduits d'Amérique du Nord, « susceptibles de créer des déséquilibres biologiques » (art. R 432-5 du code de l'environnement) et généralement peu prisés des pêcheurs à la ligne. Elle ne suscitera pas de réaction particulière pour les autres espèces.

Pour aller plus loin :

l'exemple de la Kilienne en Artois-Picardie :

http://www.lesagencesdeleau.fr/assets/files/actus_pdf/AEAP-Kilienne-62.pdf

Pour aller plus loin :

Le *Recueil d'expériences sur l'hydromorphologie* présente des exemples de bénéfices de la suppression de l'ouvrage pour la pêche de loisir :

► En Seine-Normandie, sur l'Orne, l'effacement du seuil du Moulin de Viard (14) a permis de créer un parcours de pêche à la mouche grâce à la diversité des habitats regagnée.
http://www.onema.fr/IMG/Hydromorphologie/21_14_rex_r1_orneviard_vbat.pdf
et http://www.onema.fr/Les-jeudis-de-la-restauration-21_07_2011

► En Rhin-Meuse, sur le Ventron (88), l'effacement du seuil de l'ancien moulin Maurice a permis le retour à un « vrai » cours d'eau de montagne en lieu et place d'une retenue stagnante sur environ 100 à 150 mètres. Satisfaction des pêcheurs.
http://www.onema.fr/IMG/Hydromorphologie/21_21_rex_r1_ventron_vbat.pdf
et http://www.onema.fr/Les-jeudis-de-la-restauration-24_02_2011

On considère que, naturellement, un lit mineur de cours d'eau a une section qui entraîne le débordement à partir des crues de fréquence biennale.

... mais retour de la truite et du chabot

A contrario, dans la configuration d'un bief artificiel, ce sont les espèces *rhéophiles* (truite, chabot, barbeaux, vandoises, hotu, spirilin...) qui ont été éliminées. Il y a donc eu perte et non gain de biodiversité. Ces espèces peuvent réapparaître assez rapidement après l'effacement du seuil, sous réserve qu'existent des noyaux de populations assez proches et que la recolonisation ne soit pas freinée par des obstacles.

Côté invertébrés benthiques

La modification des peuplements touche aussi les invertébrés benthiques, également structurés en espèces rhéophiles / exigeantes (courants) et en espèces limnophiles / ubiquistes (peu exigeantes).

Dans leur synthèse bibliographique des conséquences hydromorphologiques et hydroécologiques du dérasement et de l'arasement de seuils, Malavoi et Salgues (2011) consacrent la fiche n°11 à l'évolution de la qualité de la faune aquatique après arasement. Elle montre l'évolution positive des peuplements de poissons et d'invertébrés après arasement, qui peut prendre cependant quelques années. Cette amélioration dépend de l'existence de populations de poissons à proximité, non déconnectées du site par des obstacles. Les invertébrés aquatiques peuvent réagir plus vite que les poissons (quelques mois), grâce à leur mode de recolonisation aérien, mais à la condition que les sédiments fins (sable) de l'ancienne retenue aient été évacués, ce qui peut prendre plus de temps selon la survenue ou non de crues remobilisatrices.

Des changements aussi de conditions de pêche

Brochet, carpe et sandre font l'objet de techniques de pêche spécifiques et sont plus recherchées que certaines des espèces rhéophiles que les mises en bief de la rivière ont éliminées. Ils peuvent prospérer en dehors de zones de biefs uniformes, mais c'est la façon de les pêcher qui peut différer entre les secteurs profonds et d'autres moins profonds. C'est évidemment une donnée à prendre en compte, qui peut être perçue par certains pêcheurs comme une contrainte.

Que deviennent les poissons en période de basses eaux ?

Les riverains craignent parfois que la suppression de seuils se traduise par une disparition des poissons en période de basses eaux.

En cas de basses eaux, une partie des poissons réagit soit en migrant vers des zones plus profondes naturellement présentes dans un cours d'eau non retravaillé à la pelleuse, soit en se réfugiant dans des caches, sous les racines de la végétation de berge ou dans les encombres ligneux...

Y a-t-il une "hauteur d'eau minimum suffisante" ?

Non, dans un cours d'eau de structure normale, même en cas de débits minimes, des zones profondes alternent avec les secteurs peu profonds, et fournissent au besoin un refuge à la faune piscicole - à condition qu'aucun obstacle n'empêche les poissons de se déplacer et de trouver ces refuges.

Par contre, quand la section du lit mineur est sur-calibrée du fait de travaux hydrauliques antérieurs, et dans certains contextes (faible énergie, stock alluvial modeste...), il peut être nécessaire de la restaurer par des aménagements rustiques ou de la recharge sédimentaire, pour l'adapter aux débits moyens et estivaux.

Le cours d'eau sera moins productif ?

Un cours d'eau peu profond n'est pas moins productif, à commencer par la production primaire, celle issue de la photosynthèse par les végétaux. C'est d'ailleurs pourquoi la production intensive de poissons a lieu dans des étangs peu profonds où, toutes choses égales par ailleurs, la lumière pénètre dans une plus grande partie de la hauteur d'eau, comme par exemple les étangs de Sologne ou de Brenne.

Pour les migrateurs, l'ouverture des vannes pendant la période de migration suffirait-elle à résoudre le problème ?

Si l'on prend l'exemple de la truite, elle remonte les ruisseaux d'octobre à décembre et s'y reproduit, mais elle a besoin de biotopes courants toute l'année. Cela exclut qu'elle puisse survivre dans des retenues tels qu'il en existe dans beaucoup de rivières de plaine.

Si les vannages sont ouverts durant cette saison de migration, il reste à vérifier la possibilité réelle de franchissement vers l'amont. En effet, de nombreux vannages ne sont pas franchissables, même ouverts, par suite de chutes d'eau excessives ou de la nature du radier en aval. La plupart des radiers béton ne permettent pas aux poissons de nager car ils créent une chute infranchissable ou des écoulements trop rapides par rapport à la vitesse de pointe des poissons.

Par le passé, les rivières étaient poissonneuses

On lit parfois que dans le passé les seuils de moulins n'ont jamais constitué d'obstacles infranchissables et que les rivières étaient très poissonneuses.

Cette affirmation très générale met en évidence un fait trop souvent négligé : la gestion antérieure (avant guerre) différait nettement de celle en vigueur depuis les années 1970 (*voir Qu'est-ce qu'une rivière ? des usages aujourd'hui disparus*).

D'autre part, des travaux historiques ont montré que les rivières n'ont pas toujours été poissonneuses par le passé : il y a eu des pollutions industrielles graves par rouissage du chanvre et par les tanneries en Bretagne au moyen âge et aux 17 et 18^e siècles par exemple. Une revue bibliographique confirmerait ceci et multiplierait probablement les références similaires. Il y a un certain mythe d'un « âge d'or », d'une abondance passée.

Quoi qu'il en soit, l'impact des seuils s'est aggravé du fait de...

- la modification de leur gestion (vannages fermés, et non plus manœuvrés de manière intermittente comme par le passé) ;
- l'augmentation de leur nombre ;
- l'augmentation des hauteurs initiales suite à des rehausses souvent illégales ;
- la modernisation de seuils traditionnels en pente douce et rugueux (donc partiellement franchissables, selon le débit) au moyen de structures verticales étanches et lisses (béton, palplanches et clapets)...
- la synergie avec d'autres nuisances apparues dans la seconde moitié du vingtième siècle : pollutions diffuses entraînant l'eutrophisation ; extractions de granulats entraînant l'incision des lits mineurs et l'abaissement des lignes d'eau en aval des ouvrages et augmentant la hauteur à franchir ; travaux mécaniques uniformisant le lit mineur, surcalibrages, reprofilages, etc.

On surestime très généralement la capacité de nage ou de saut des différentes espèces de poissons. Effet sans doute des documentaires sur les sauts spectaculaires des saumons du pacifique dans les rivières d'Alaska ?

Le mythe de l'abondance du saumon atlantique a été démenti dès 1980 par Thibault et Rainelli¹⁶ qui ont examiné les capacités naturelles de production des cours d'eau de Bretagne.

¹⁷ Thibault M. et Rainelli P., 1980, L'abondance passée du saumon Atlantique : mythe ou réalité ? essai de synthèse à partir de l'exemple de la Bretagne. Bulletin scientifique et technique du département hydrobiologie de l'INRA, 78p.

Le cas de l'anguille

Le sujet de l'anguille est complexe. Sa présence est parfois mentionnée en amont de seuils comme un élément relativisant l'obstacle créé par le seuil. Il faut donc d'abord vérifier si des anguilles existent bien en amont des obstacles en question. Si oui, il faut aussi vérifier s'il n'y a pas, ou pas eu, des transferts de jeunes anguilles, assez communs dans certaines régions jusqu'à il y a quelques années, soit dans la rivière, soit dans des étangs plus ou moins reliés au réseau hydrographique. Ce type de pratiques peut donner l'illusion que les animaux remontent en amont des obstacles alors qu'ils y ont simplement été introduits.

Le passage des anguilles par la terre ferme est sans doute possible, mais il est rare. Or il fait l'objet d'une croyance généralisée. A notre connaissance, aucune personne le mentionnant n'en n'a jamais été le témoin oculaire... Rappelons que l'anguille est un poisson (et pas une espèce de poisson amphibie) et que son lieu normal de vie et de migration est l'eau. Sa capacité de reptation hors de l'eau est réelle mais elle constitue un comportement exceptionnel et non pas ordinaire.

Aujourd'hui les obstacles posent d'autant plus de problèmes à l'espèce que les arrivées de civelles dans les estuaires ont très fortement diminué, d'un facteur 10 à 100 selon les bassins, depuis le début des années 1980.

Pour enrayer la régression de l'anguille dans les bassins versants, il est indispensable de réduire conjointement toutes les pressions d'origine humaine qui pèsent sur l'espèce, qu'il s'agisse des mortalités par pêche à tous les stades de vie, des mortalités à la dévalaison au passage dans les turbines, des seuils et barrages qui entravent la colonisation des bassins versants, de la pollution par les molécules toxiques (métaux lourds, pesticides...) ou de la contamination par le parasite de la vessie natatoire *Anguillicola crassus*. Le groupe de travail qui, à la demande de la Commission européenne, édite un rapport annuel sur l'anguille européenne sous l'égide du CIEM¹⁸ et de la FAO¹⁹, liste régulièrement ces nuisances depuis 1995 mais n'établit aucune hiérarchie entre elles.

La solution passe par le traitement coordonné de toutes les causes maîtrisables. C'est la stratégie adoptée par la France dans le cadre du règlement européen pour la reconstitution du stock d'anguilles (*voir Une cohérence des politiques de gestion des milieux aquatiques, § le plan de gestion de l'anguille*).

Pour ce qui concerne les mortalités par pêche, la réduction des captures est déjà largement entamée (forte réduction du nombre de pêcheurs et fermeture générale de la pêche à l'anguille durant 7 mois par an). Cette réduction du niveau de capture atteindra 60 % en 2015.

Pour ce qui concerne les obstacles, il est vrai que les grands barrages et les ouvrages à la mer sont plus pénalisants que les seuils de faible hauteur. Mais une accumulation de petits seuils peut arriver à un résultat identique et ne doit pas être sous-estimée, dans la situation actuelle de très forte réduction des arrivées de civelles, candidates à la colonisation vers l'amont des bassins versants.

¹⁸ Conseil international pour l'exploration de la mer, basé à Copenhague

¹⁹ Food and Agricultural Organisation (organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture)

Restaurer la continuité, quels effets sur les berges et la ripisylve ?

La question de la stabilité des berges en amont d'un seuil après arasement est importante à considérer. Mais il importe de distinguer deux mécanismes d'érosion de berge :

- l'érosion dite « fluviale » correspond à l'arrachement des particules sédimentaires, ou d'agrégats de particules sédimentaires, par l'action des forces exercées par l'écoulement sur les berges (notion de « forces tractrices »). On peut retenir de manière schématique que l'érosion fluviale est proportionnelle à la vitesse au droit de la berge, et inversement proportionnelle à la résistance du matériau.
- le glissement de berge correspond à la rupture du matériau constitutif de la berge et à son éboulement en pied de berge. Ce mécanisme relève de la géotechnique et implique des considérations relatives au comportement des matériaux poreux en milieu saturé et non saturé en eau.

Dans un bief, la faible vitesse de l'écoulement et la pression hydrostatique sur la berge et son pied favorisent la stabilité des berges vis-à-vis de l'érosion. La suppression d'un seuil entraîne une modification des vitesses d'écoulement au droit des berges et une fluctuation du niveau d'eau dans le lit mineur.

Une fois le niveau abaissé, un glissement de berge se produira à court ou moyen terme, sauf si des végétaux assurent un rôle de solidification par leurs racines.

L'érosion de berge est un phénomène naturel. L'érosion de berge en amont d'un seuil arasé relève alors d'un risque géotechnique d'éboulement, à traiter comme tel. Si des enjeux existent sur les rives de l'ancien bief, des dispositions sont à prendre pour stabiliser les berges, par exemple en les retalutant afin de diminuer la pente. Si aucun enjeu n'est à protéger, il n'est pas nécessaire de protéger les berges vis-à-vis du risque d'érosion.

Le long des cours d'eau à faible pente, les mécanismes de glissement sont dominants, notamment lorsque le lit a été surcalibré, induisant des berges hautes. L'érosion de berge va induire localement un élargissement du lit, puis se stabiliser.

Dans les cours d'eau à forte pente, dont les plaines alluviales sont généralement constituées de sables et graviers peu cohésifs, une dynamique latérale peut se réactiver, avec une érosion en berge concave et des dépôts sédimentaires en berge convexe si le lit est sinueux. Ce phénomène est caractéristique des rivières de piémont et bien sûr de montagne.

C'est pourquoi, en cas de suppression d'un seuil, il faut :

- soit modifier les berges de l'ancien bief (retalutage), afin de retrouver une configuration normale et relativement stable de rives d'un cours d'eau naturel,
- soit accepter une reconfiguration naturelle, qui prendra un peu plus de temps,
- et dans tous les cas, réaliser une vidange progressive du bief, afin d'assurer toujours un équilibre des pressions entre l'eau contenue dans le sol et le cours d'eau : si le bief est vidangé trop vite, l'eau en provenance des berges saturées aura tendance à provoquer un éboulement des matériaux constitutifs.

La crainte d'une modification des berges (« perte de stabilité ») répond à l'effet stabilisateur du bief.

Mais le remaniement par un cours d'eau de son propre lit est un phénomène normal, même s'il est surtout fréquent pour les cours d'eau à forte énergie, et non pas en plaine. L'instabilité des berges a globalement un intérêt sur le plan écologique et morphologique : espace de mobilité, recharge sédimentaire du cours d'eau pour l'aval.

Y a-t-il un risque de mortalité de la ripisylve ?

Des mortalités d'arbres peuvent avoir lieu en cas d'abaissement important de la ligne d'eau et si les racines sont exondées. Il s'agit là d'un désordre temporaire, réversible en quelques années. Faut-il les comparer avec les évolutions drastiques imposées dans les années 1970 et 1980 avec les surcalibrages des rivières à la pelle mécanique agricole et souvent, la création de vannages ou de clapets automatique sur des parties de cours d'eau antérieurement dépourvues du moindre seuil, même d'ancien moulin ?

Malavoi et Salgues (2011) résumant ainsi leur analyse bibliographique à ce sujet :

« Il est effectivement possible, à cause de l'abaissement du niveau de l'eau à l'amont du seuil, qu'une forte mortalité de la ripisylve apparaisse le long de l'ancienne retenue. Cependant, la végétation s'établit très rapidement dans l'emprise de l'ancienne retenue après l'effacement d'ouvrages et les sédiments nus sont très rares. Orr (2006)²⁰ montre que sur 13 sites dans le Wisconsin où la re-végétalisation s'est faite de manière naturelle, les plantes se sont établies dès la première année et ont couvert de manière importante tous les sites. Shafroth (2002)²¹ constate qu'au printemps, la re-végétalisation dense et naturelle de ces zones se fait en quelques semaines. La banque de graines présente dans les sédiments ainsi que la dispersion de graines depuis les zones adjacentes participeront à la dynamique végétale des sols mis à jour dans l'ancienne retenue (Shafroth, 2002). »

Pour aller plus loin :

► En Adour-Garonne, sur l'Agout (82) : suite au démantèlement du barrage de Laparayrié, la ripisylve arborescente s'est reconstituée dans l'ancienne retenue.
http://www.onema.fr/IMG/Hydromorphologie/21_1_rex_r1_agout_vbat.pdf
et http://www.onema.fr/Les-jeudis-de-la-restauration-29_09_2011

► En Loire-Bretagne, sur la Beaume (43) : suite à l'effacement du barrage de Fatou, la végétation a rapidement repris son développement naturel sans qu'il soit nécessaire de faire des plantations.
http://www.onema.fr/IMG/Hydromorphologie/21_5_rex_r1_beaume_vbat.pdf
et http://www.onema.fr/Les-jeudis-de-la-restauration-21_10_2010

Sur la Vienne (37), suite à l'effacement du barrage de Maisons-Rouges on a constaté un fort développement des strates arbustives et arborescentes sur les berges de la Vienne et de la Creuse ainsi que sur les bancs alluviaux dans le périmètre de l'ancienne retenue.
http://www.onema.fr/IMG/Hydromorphologie/21_22_rex_r1_vienne_vbat.pdf

²⁰ Orr, C.H. and Stanley, E.H. (2006). Vegetation development and restoration potential of drained reservoirs following dam removal in Wisconsin. River. Research and Application 22: 281–295.

²¹ Shafroth, P. B., Friedman, J.M., Auble, G.T., Scott, M.L. and Braatne, J.H. (2002). Potential responses of riparian vegetation to dam removal. Bioscience 52(8): 703-712.

Restaurer la continuité, quels effets pour le paysage et le patrimoine bâti ?

Les riverains craignent parfois que l'effacement des retenues n'induisse des effets négatifs sur les paysages, notamment du fait de la disparition de plans d'eau qui ont un rôle touristique ou de promenade.

Cette inquiétude ne peut être levée qu'avec le temps. Elle justifie d'autant que les projets soient accompagnés par une phase d'information suffisamment longue au cours de laquelle on pourra valoriser les cas réels déjà observés. C'est par l'exemple que l'on peut montrer que le nouveau milieu naturel présente lui aussi des charmes, de l'agrément, des aménités²².

Quels risques pour le patrimoine immobilier ?

Il faut prendre en compte le risque d'impact d'une disparition des seuils sur le patrimoine immobilier inféodé à la rivière (apparition de fissures, écroulements...). Ce risque doit être évalué correctement par avance dans certains projets (étude géotechnique) mais il n'est pas forcément généralisé. En première approche, il est à surveiller pour des terrains argileux, compte tenu du retrait observé en cas d'assèchement du terrain, à la condition qu'existe un lien entre le niveau de nappe alluviale et la ligne d'eau dans le bief artificiel.

Bien qu'ils recommandent cette précaution, Malavoi et Salgues (2011) notent que « le matériau argileux n'est pas vraiment censé évoluer, même en cas d'abaissement du niveau de la nappe. Il restera saturé par des phénomènes de succion. Les dommages apparaissent généralement dès la construction du bâtiment sur ces sols et sont liés à des fondations non adaptées au type de terrain (mauvaise prise en compte de la consolidation des matériaux argileux), ce qui est différent des problèmes de retrait/gonflement. Le BRGM propose une carte d'aléa retrait-gonflement d'argiles sur toute la France, afin de tenter de diminuer à l'avenir le nombre de sinistres causés par ces phénomènes. »

Dans le cadre de la cohérence de l'action publique, la DRAC (direction régionale des affaires culturelles) et la DREAL (direction régionale de l'environnement de l'aménagement et du logement) interviennent de concert par un double examen des enjeux des politiques du patrimoine et de l'eau. L'aspect patrimonial des constructions proches du cours d'eau ne sera donc pas écarté.

Des effets positifs : valorisation du patrimoine historique, amélioration paysagère, création de lieux de détente

Le *Recueil d'expériences sur l'hydromorphologie* présente un certain nombre d'exemples dans lesquels, non seulement le patrimoine bâti ou paysager a été préservé, mais où il a même été mis en valeur.

Pour aller plus loin :

► En Loire-Bretagne, l'effacement du barrage de Kernansquillec sur le Léguer (22) a permis de conserver la mémoire du site industriel et d'y associer un centre culturel valorisant l'histoire de la Vallée. Des sentiers de randonnée ont été aménagés dans la zone de l'ancienne retenue.

http://www.onema.fr/IMG/Hydromorphologie/21_12_rex_r1_leguer_vbat.pdf

²² Voir le guide méthodologique publié par l'agence de l'eau Loire-Bretagne, *Restauration des cours d'eau, communiquer pour se concerter*, mars 2011, 60 p.

Sur la Vienne (37), dix ans après l'effacement du barrage de Maisons-Rouges, l'analyse une personne découvrant le paysage dans le périmètre de l'ancienne retenue pourrait difficilement imaginer la configuration antérieure de ce site.
http://www.onema.fr/IMG/Hydromorphologie/21_22_rex_r1_vienne_vbat.pdf

Sur le Vicoin (53), l'abaissement partiel du seuil de Régereau a permis de concilier continuité écologique et préservation du patrimoine à la satisfaction des propriétaires.
http://www.onema.fr/IMG/pdf/continuite_cours-deau.pdf

Sur le Vicoin toujours, l'effacement du barrage de Coupeau est à l'origine d'un espace de promenade.
http://www.onema.fr/IMG/Hydromorphologie/22_7_rex_r2_vicoin_vbat.pdf
et http://www.onema.fr/Les-jeudis-de-la-restauration-08_09_2011

► En Rhin-Meuse, sur la Vence (08), conservation du patrimoine bâti (conservation des vannages de 2 ouvrages)
http://www.onema.fr/IMG/Hydromorphologie/21_20_rex_r1_vence_vbat.pdf
et http://www.onema.fr/Les-jeudis-de-la-restauration-28_07_2011

Parmi les retours d'expériences 2012, sur l'Orne (54), de nombreuses mesures d'accompagnement ont été mises en place afin de conserver les usages pêche, promenade et récréatif. Une île centrale sépare le bief et cours principal. La digue sur cette île a été supprimée, et un retalutage avec plantation et banquettes a été réalisé pour permettre de conserver cette île.
C'est aussi l'exemple de la Kirneck (67) déjà cité.

► En Artois-Picardie, sur la Canche à Hesdin (62), l'effacement du seuil au cœur de la ville a permis de redonner au site un aspect paysager intéressant qui satisfait les riverains.
http://www.onema.fr/IMG/Hydromorphologie/21_8_rex_r1_canchehesd_vbat.pdf
et http://www.onema.fr/les-jeudis-de-la-restauration-21_10_2010

Restaurer la continuité, est-ce un frein à la politique de diversification énergétique ?

L'argument de l'intérêt du développement de l'énergie hydroélectrique, nécessaire pour lutter contre le réchauffement climatique mais contradictoire avec l'effacement des seuils, est à prendre en considération.

Cette question de la compatibilité entre le plan national de restauration de la continuité écologique et le développement de l'hydroélectricité à partir d'ouvrages existants fait d'ailleurs l'objet d'une annexe spécifique « 1-5 » au sein de la circulaire du 25 janvier 2010 citée précédemment.

Cette annexe rappelle que les objectifs de développement des énergies renouvelables impliquent en partie la petite hydroélectricité. De ce fait, le choix des interventions sur les ouvrages doit considérer cet enjeu, mais le développement de la petite hydroélectricité par équipement d'ouvrages existants doit être recherché de manière privilégiée, et ceci en dehors des cours d'eau identifiés comme prioritaires vis-à-vis de la continuité écologique (cours d'eau à «migrateurs » principalement).

La « Convention d'engagement pour le développement d'une hydroélectricité durable en cohérence avec la restauration des milieux aquatiques » du 23 juin 2010, signée par le ministère chargé de l'écologie et les représentants des élus, les producteurs d'hydroélectricité et des associations, reprend ce principe en insistant sur les secteurs où les enjeux environnementaux sont moindres, en cohérence avec la révision des classements de cours d'eau.

D'une manière générale, sur les cours d'eau prioritaires, l'intervention privilégiée est l'effacement de l'obstacle en l'absence d'usage associé : elle est en effet la plus efficace, tout particulièrement si l'on considère les impacts cumulés des ouvrages, équipés ou non de dispositifs de franchissement, et l'enjeu relatif à la circulation des sédiments.

Sur les ouvrages appartenant à un cours d'eau prioritaire et dont le maintien n'est pas justifié par d'autre usage que l'hydroélectricité, l'annexe 1-5 de la circulaire met en balance la solution de l'effacement et le maintien de l'ouvrage pour une exploitation. Dans l'éventualité d'un équipement hydroélectrique, un principe « gagnant - gagnant » est mis en avant : l'objectif visé dans ce cas conjugue l'exigence d'un impact résiduel très faible sur la continuité écologique (« très proche des conditions qui résulteraient de l'effacement »), tout en permettant de faire une économie conséquente et justifiée sur le coût de cet effacement et en participant suffisamment aux objectifs de développement des énergies renouvelables.

L'application de ce principe suppose de « toujours tenir compte de la priorité donnée, sur les cours d'eau à migrateurs amphihalins, à la lutte contre le cumul d'obstacles à franchir et, sur tous les cours d'eau prioritaires, à la reconquête de zones d'habitats. La comparaison entre la situation avec effacement ou avec maintien et équipement aux conditions strictes énumérées [...] est de règle et doit donner plus de poids à la priorité de restauration de la continuité écologique qu'à la stricte rentabilité financière. » Ce texte précise aussi que « si le gain en matière de restauration de la continuité écologique et de préservation de la biodiversité qui découle de la valorisation énergétique du seuil n'est pas assez proche de celui résultant d'un effacement, l'équipement doit être refusé. »

On peut citer l'exemple du barrage de Bigny, haut de 4 mètres et implanté dans le cours moyen du Cher (18) : la prise en compte de ces orientations a conduit à privilégier la solution de l'arasement. Ceci tient en premier lieu aux forts enjeux écologiques liés à l'axe migratoire du Cher ainsi qu'à l'efficacité toute relative, en termes de continuité écologique, d'une passe à poissons comparée à un dérasement. Le choix fait par l'Etat, propriétaire du site, de supprimer l'ouvrage plutôt que d'y installer des turbines tient également à l'état fortement dégradé de son déversoir, qui impliquait un coût de restauration très élevé grevant la rentabilité économique d'une exploitation énergétique.

L'étude de l'évaluation du potentiel hydroélectrique du bassin Loire-Bretagne (2007), qui traite des sites potentiels d'une puissance unitaire supérieure à 100 kW, donne des ordres de grandeur de développement faibles :
+ 8 MW dans le sous bassin Loire aval et côtiers vendéens (avec 2 MW existants),
+ 25 MW en Mayenne-Sarthe-Loir (sur 7 MW existants),
+ 37 MW pour Vilaine et côtiers bretons (avec 0 MW existants)
+ 54 MW en Loire moyenne (16 MW existants).
Les possibilités de développement sont plus importantes pour Vienne-Creuse et Allier-Loire amont, avec respectivement 175 et 391 MW d'accroissement chiffré.

Quelques chiffres :

- 2 713 GWh sont actuellement produits dans le bassin par l'hydroélectricité
- 130,9 GWh seraient potentiellement bloqués, soit la production de 26 éoliennes
- 307 GWh sont potentiellement mobilisables (hors potentiel non ou très difficilement mobilisable)

S'agissant des petits seuils (< 2 m) sur de modestes cours d'eau de plaine, on peut se demander dans combien de cas l'énergie mécanique de ces très petites chutes est encore utilisée. Dans les faits, ce n'est presque jamais le cas, signe de leur intérêt très relatif en termes économiques pour un particulier et en termes énergétiques.

La petite hydroélectricité, qui ne devient intéressante pour un investisseur privé que pour des hauteurs de seuils et des débits plus importants que la plupart de ceux qu'on rencontre en régions de plaine, peut être rentable pour un particulier sans pour autant avoir un effet significatif au niveau national sur la production globale d'électricité. En effet, 400 grandes centrales produisent 95 % de l'hydroélectricité française, sachant que celle-ci représente 8 % (en 2010) de toute l'électricité produite en France. A l'inverse, quelque 1 700 « micro-centrales », de puissance unitaire inférieure à 1 MégaWatt, représentent 2 % de la production hydroélectrique en 2005, soit environ 0,16 % de la production électrique du pays.

Alors que la capacité de production des grandes centrales hydroélectriques est mobilisée sous forme d'énergie de pointe, quand la demande d'électricité est particulièrement forte, la production au fil de l'eau des petits ouvrages reste aléatoire, dépendante du débit des cours d'eau et non de la demande ni du prix sur le marché international.

L'étude de l'impact du classement des cours d'eau²³ sur le bassin Loire-Bretagne a montré un impact négatif mais modeste sur les usages hydroélectriques. Le classement rendrait impossible la production de 130,9 GWh, en interdisant de créer de nouveaux seuils. C'est minime à l'échelle des bassins de la Loire et de la Bretagne, cette production étant celle de 26 éoliennes de 2 MW de puissance. Cet impact n'est pas critique pour l'atteinte des objectifs de développement de l'hydroélectricité, compte tenu de potentiels associés à des créations de nouveaux ouvrages et à l'optimisation de sites existants susceptibles d'être équipés de turbines.

Pour se faire une idée de l'économie d'énergies fossiles polluantes en gaz à effet de serre imaginable, il faut avoir en tête que la part de l'hydroélectricité dans la consommation d'énergie primaire en France est de 1,6 % en 2005. Elle ne varie guère d'une année à l'autre. Ces 1,6 % représentent 4,5 millions de tonnes-équivalents-pétrole (Tep) sur un total de 276 millions de Tep annuels.

Globalement, les petites centrales hydroélectriques (< 1 MW de puissance) sont donc marginales dans l'économie d'énergies fossiles. Elles peuvent difficilement contribuer à l'application de la directive énergies renouvelables, au titre de laquelle la France s'est engagée à porter à 21 % en 2020 la part d'électricité d'origine renouvelable (contre 14% en 2004) dans la production totale d'électricité. Il est d'ailleurs prévu que ce développement se fera essentiellement à partir de la filière éolienne.

Au final, la production hydroélectrique sur de petits seuils peut présenter un *intérêt particulier* compte tenu des tarifs de rachat obligatoire par EDF. Mais sa contribution à la production d'énergies renouvelables est très faible et ses impacts environnementaux sur les rivières très importants. Se pose donc la question de *l'intérêt général*.

²³ Etude de l'impact des classements de cours d'eau sur le bassin Loire-Bretagne, mai 2011, 142 p. www.centre.developpement-durable.gouv.fr

Ressources documentaires

Les notions fondamentales

Pourquoi rétablir la continuité écologique des cours d'eau ?

Onema, ministère de l'environnement, 2010, 23 p. *Cote documentaire : III2307*²⁴

<http://www.onema.fr/IMG/jc2010/Brochure-continue.pdf>

Introduction à l'hydromorphologie (animation didactique) / Agence de l'eau Seine Normandie

<http://www.eau-seine-normandie.fr/index.php?%20id=6655#23778>

Suivre la morphologie des cours d'eau / Onema

<http://www.onema.fr/Hydromorphologie>

Un plan national pour restaurer les cours d'eau d'ici à 2015 / Portail du gouvernement et portail du développement durable

http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DGALN_Plan_de_restoration_des_cours_d_eau.pdf

Restauration physique des cours d'eau : des étapes et des outils / Onema, 2010

http://www.onema.fr/IMG/Hydromorphologie/III_Etapes_et_outils.pdf

Restaurer la continuité écologique : un axe phare du plan national de gestion de l'anguille

Les rencontres de l'Onema, n°3, avril 2010

<http://www.onema.fr/IMG/pdf/rencontres/Onema-Les-Rencontres-3.pdf>

L'hydromorphologie : une nouvelle composante du « bon état » des cours d'eau confiée à l'Onema / Onema, 2009

http://www.onema.fr/IMG/pdf/dossiers/DP4_hydromorpho.pdf

Morphologie des cours d'eau

France nature environnement, 2010, 36 p. *Cote documentaire III2299*

http://www.fne.asso.fr/breves_pdf/eau/guide_morpho_bd.pdf

La morphologie des cours d'eau, cahier de l'eau n°3 du réseau des CPIE

<http://plateforme.cpie.fr/IMG/Cahierdeleau3hydromorphologie.pdf>

Outils de sensibilisation / Continuité écologique. Exemples d'outils utilisés par les CPIE- 2011

http://www.eau-loire-bretagne.fr/espace_educatif/outils_pedagogiques/CPIE-outils-Hydrom.pdf

Des guides

Restauration hydromorphologique et territoires : concevoir pour négocier, guide Sdage

Agence de l'eau Rhône-Méditerranée et Corse, 1^e semestre 2011

<http://www.eaurmc.fr/espace-dinformation/guides-acteurs-de-leau/agir-sur-lhydromorphologie-des-milieux-aquatiques.html>

Restauration des cours d'eau : communiquer pour se concerter

Agence de l'eau Loire-Bretagne, 2011, 60 p. *Cote documentaire IIL496*

http://www.eau-loire-bretagne.fr/espace_documentaire/documents_en_ligne/guides_milieux_aquatiques/Guide_restaura

[tion-CE.pdf](http://www.eau-loire-bretagne.fr/espace_documentaire/documents_en_ligne/guides_milieux_aquatiques/Guide_restaura-tion-CE.pdf)

²⁴ Les cotes documentaires sont celles du centre de documentation de l'agence de l'eau Loire-Bretagne.

Révision des programmes pluriannuels de gestion des cours d'eau, guide méthodologique,
Agence de l'eau Adour-Garonne, octobre 2010
www.eau-adour-garonne.fr

Guide de mise en œuvre de la continuité écologique sur les cours d'eau
Conseil général du Finistère, Fédération pêche 29, Agence de l'eau Loire-Bretagne, mai 2010, 82 p. Côte documentaire IIB1460
<http://www.cg29.fr/content/download/25097/241024/file/CGFI001%20guide%20cours%20d%5C%27eau%20br ochure.pdf>

Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau et guide de terrain
Agence de l'eau Seine-Normandie, 2007, 160 p. Côte documentaire : IIA1261
http://www.eau-seine-normandie.fr/fileadmin/mediatheque/Collectivite/HYDROMORPHO/01Manuel_restoration.pdf
http://www.eau-seine-normandie.fr/fileadmin/mediatheque/Collectivite/HYDROMORPHO/02Guide_terrain.pdf

Des retours d'expériences

La restauration des cours d'eau : retour d'expériences sur l'hydromorphologie
animé par l'Onema en partenariat avec les agences de l'eau et le ministère chargé du développement durable, 2010 – Côte documentaire IID6850
<http://www.onema.fr/Hydromorphologie.510>

Témoignages d'élus et dossier de presse sur « la restauration des rivières pour un bon état des eaux » Campagne Changeons de point de vue sur l'eau, Agences de l'eau et Onema, 2011
<http://www.lesagencesdeleau.fr/v2/pages/les-elus-agissent-pour-la-restauration-des-rivieres.html>

Agir ensemble pour les rivières et les zones humides : témoignages d'acteurs
Les rencontres de l' Onema, n°4, mai 2010
<http://www.onema.fr/IMG/pdf/rencontres/Onema-Les-Rencontres-4.pdf>

Restaurer nos rivières et nos milieux aquatiques, des exemples à suivre / Vidéos sur le site dédié au Sdage Loire-Bretagne, 2009, Côte documentaire DVD11
http://www.eau-loire-bretagne.fr/espace_documentaire/documents_en_ligne/guides_milieux_aquatiques

Effacement du barrage du Fatou : restauration du milieu naturel, agence de l'eau Loire-Bretagne, Etablissement public Loire, 2009, 8p. Côte documentaire : III2304
<http://www.eptb-loire.fr/spip.php?article14>

La protection des milieux aquatiques
revue l'Eau en Loire-Bretagne, n° 77 de janvier 2009
http://www.eau-loire-bretagne.fr/espace_documentaire/documents_en_ligne/revue_lb