

Hydromorphologie des cours d'eau

Le bon état des cours d'eau

Pour qu'une rivière atteigne le bon état écologique demandé par la directive européenne cadre sur l'eau de 2000 (DCE), elle doit satisfaire à certains critères de qualité chimiques et physico-chimiques.

Mais cela ne suffit pas. Les caractéristiques physiques naturelles des rivières et de leurs annexes hydrauliques, jouent un rôle déterminant dans les capacités d'accueil des espèces.

Le bon état des cours d'eau est celui qui permet de réunir les **conditions nécessaires à la vie et à la libre circulation des espèces et des sédiments et à la régulation autonome des régimes hydrologiques** (crues, débits minimums d'étiage, échanges avec les nappes...).

Cette notion empirique doit s'appréhender pour chaque cours d'eau en fonction des objectifs fixés.

De nombreux indicateurs biologiques (espèces indicatrices) ou physico-chimiques permettent de réaliser des diagnostics hydromorphologiques des cours d'eau et de mesurer les efforts et opérations à effectuer pour retrouver le bon état écologique et fonctionnel.

L'annexe V de la Directive cadre sur l'eau (DCE) précise l'ensemble des paramètres et indicateurs permettant de juger des états écologiques « très bon », « bon » et « moyen » des rivières selon les paramètres hydromorphologiques, biologiques et physico-chimiques

Deux paramètres principaux permettant de mesurer le bon état hydromorphologique :

Paramètres	Indicateurs du bon état
La diversité morphologique	<ul style="list-style-type: none"> • Faciès d'écoulement et de profondeur de l'eau variés (mouilles, radiers, plats, rapides, cascades...). • Des berges non protégées permettant leur érodabilité. • Des bancs alluviaux mobiles et une ripisylve fournie et variée.
La continuité écologique	<ul style="list-style-type: none"> • Continuité de la rivière (sans fragmentation). • Espace de mobilité existant. • Présence d'annexes hydrauliques fonctionnelle (zones humides alluviales, bras secondaires, prairies inondables...).

Facteurs façonnant les cours d'eau

La puissance spécifique

Il apparaît que les vitesses d'écoulement de l'eau sont des éléments déterminants de la morphologie des cours d'eau. Ces vitesses d'écoulement de l'eau, qui sont fonction de la pente et du débit, conditionnent la puissance spécifique du cours d'eau qui, par dissipation énergétique, provoque les phénomènes d'érosion et de transport des sédiments et des matériaux. Cette puissance spécifique caractérise ainsi les potentialités dynamiques et morphologiques d'un cours d'eau (BIOTEC et Malavoi, 2007).

Des cours d'eau à faible puissance (10-15 W/m²) peuvent présenter une activité géodynamique relativement importante si leurs berges sont non ou peu cohésives et s'ils reçoivent de l'amont une certaine quantité d'alluvions grossières qui, par leur dépôt sous forme de bancs, activent les processus d'érosion sur les ber-

source: manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau- eau sein Normandie (DEMAA)

1. la puissance spécifique correspond sommairement au produit de la pente X le débit, qui caractérise les potentialités dynamiques du cours d'eau.
La puissance (Ω) est calculée comme suit : $\Omega = \gamma QJ$ (en watts/m)
La puissance spécifique (ω) est calculée comme suit : $\omega = \Omega/l$ (en watts/m²)
où γ est le poids volumique de l'eau (9 810 N/m³), Q le débit (m³/s) (ici le débit journalier de crue de fréquence 2 ans), J la pente de la ligne d'énergie en m/m, l la largeur du lit pour le débit utilisé (m).

Un seuil « majeur » apparaît aux environs de 35 W/m² au-dessus duquel la puissance naturelle de cours d'eau anciennement chenalisés a permis à ces derniers de se réajuster morphologiquement et de retrouver petit à petit une géométrie plus naturelle. Un seuil mineur est visible aux environs de 25 W/m². Les autres valeurs de puissance ne permettent pas d'identifier de seuils supplémentaires.

L'érodabilité des berges

Quelques éléments méthodologiques permettant une approche de ce paramètre (matériel nécessaire:pelle – décimètre – échelle visuelle):

- si possible, enlèvement localisé au droit du point d'analyse de la végétation pour bien visualiser la coupe de la berge
- décapage du talus de pied de berge (partie la plus sensible à l'érosion): Une berge de 3mètres de hauteur de nature limoneuse ou limono-argileuse sera faiblement érodable. Si une berge de même hauteur est limoneuse sur 2,5mètres et sableuse à la base sur 0,5mètre, elle sera moyennement à fortement érodable.
- si la berge n'est pas déjà subverticale, creusement d'une coupe subverticale sur environ 50 cm de largeur
- prise de photos (granulométrie visuelle simplifiée et épaisseurs des différentes strates sédimentaires : argiles, limons, sables, graviers, galets, blocs, roche). Placer si possible un repère visuel sur la photo.

Les apports solides

Outre leur rôle d'activation des processus d'érosion latérale (effet déflecteur de l'écoulement), les apports de charge sédimentaire grossière en provenance de l'amont sont extrêmement importants en termes de création du substrat alluvial indispensable à de nombreux organismes composant les biocénoses aquatiques.

Méthode

Basée sur l'analyse des photographies aériennes de l'Institut Géographique National (IGN) :

- sont cartographiés les bancs alluviaux visibles et présentation sur une carte synthétique permettant de distinguer les rivières en fonction de la densité des zones de stockages alluviaux, par le biais d'un critère : nombre de bancs/km de rivière.



Figure 5 : Exemples visuels de divers degrés d'érodabilité de berges. ≈

Typologie

Il est important de caractériser les cours d'eau, notamment dans un objectif d'évaluation de l'efficacité de travaux de restauration, par :

- leur puissance spécifique - W
- l'érodabilité potentielle naturelle de leurs berges (abstraction faite des protections éventuelles existantes) - B
- leurs apports solides potentiels - A.

Sur la base de ces 3 variables, il est possible de proposer une typologie simple, qui pourrait être mise en œuvre à l'échelle du bassin ou renseignée au fur et à mesure dans le cadre d'études ponctuelles, préalables aux travaux de restauration.

Ainsi, par exemple pour le type W4B3A3 (à forte puissance spécifique, apports solides et érodabilité des berges moyens), le cours d'eau sera probablement très réactif et les travaux de restauration qui pourraient y être réalisés efficaces et avec des résultats positifs rapides.

A l'inverse un type W1B2A1 (à très faible puissance, érodabilité des berges faible et apports solides nuls) sera plus difficile à restaurer, avec des travaux qui seront assez chers car très aboutis dès le départ, du fait que la dynamique propre du cours d'eau ne pourra pas y contribuer.

Evaluation du score d'efficacité

La méthode proposée ici permet d'évaluer de manière sommaire mais rapide l'efficacité hydromorphologique probable d'un projet de restauration.

Elle permet d'identifier a priori les opérations qui pourraient présenter les meilleurs taux de réussite.

Le principe que nous proposons de retenir consiste à évaluer un « score d'efficacité probable » de la restauration envisagée, sur la base :

- de la valeur des trois variables typologiques majeures présentées plus haut : puissance, érodabilité des berges, apports solides (score géodynamique)
- de l'emprise foncière disponible pour réaliser la restauration
- de la qualité de l'eau.

Les valeurs permettant d'apprécier ce score sont très empiriques et ne sont pas validées scientifiquement.

Par exemple, chacune des variables a ici le même poids dans la « note ». Notons aussi que la présence de réservoirs biologiques en amont, en aval ou au droit de la zone à restaurer ainsi que la connexion entre les différents habitats nécessaires au cycle de vie de la faune aquatique sont probablement aussi importants que la qualité de l'eau. Nous avons cependant privilégié ce dernier critère dans le score pour limiter le nombre de variables.

Ces paramètres sont évalués sur la base des caractéristiques moyennes du cours d'eau pour le tronçon géomorphologique homogène² concerné :

- la **puissance spécifique** est évaluée en utilisant la largeur moyenne naturelle à pleins bords et le débit moyen journalier de fréquence biennale ;
- les **apports solides** sont évalués en tenant compte de la présence éventuelle de sites de piégeage en amont du secteur à restaurer (barrages, anciennes fosses d'extractions, zones où des curages sont réalisés régulièrement, etc.) ;
- l'**érodabilité des berges** est évaluée en faisant abstraction des protections existantes. Il s'agit donc de l'érodabilité potentielle des berges naturelles ;
- l'**emprise disponible** est évaluée selon une analyse rapide du contexte socio-politique du projet. Doit-on obligatoirement limiter les aménagements au strict gabarit actuel du cours d'eau ? Peut-on se permettre d'élargir l'espace alluvial d'un facteur allant de 1 à 3 fois la largeur du lit (L), de 3 à 10 × L, ou avec une emprise dépassant 10 × L ?
- la **qualité de l'eau** est évaluée selon la classification et la cartographie simplifiée de 5 à 4 classes des Agences de l'Eau : – *qualité mauvaise* – *qualité médiocre* – *qualité passable* – *bonne et très bonne qualité*.

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

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



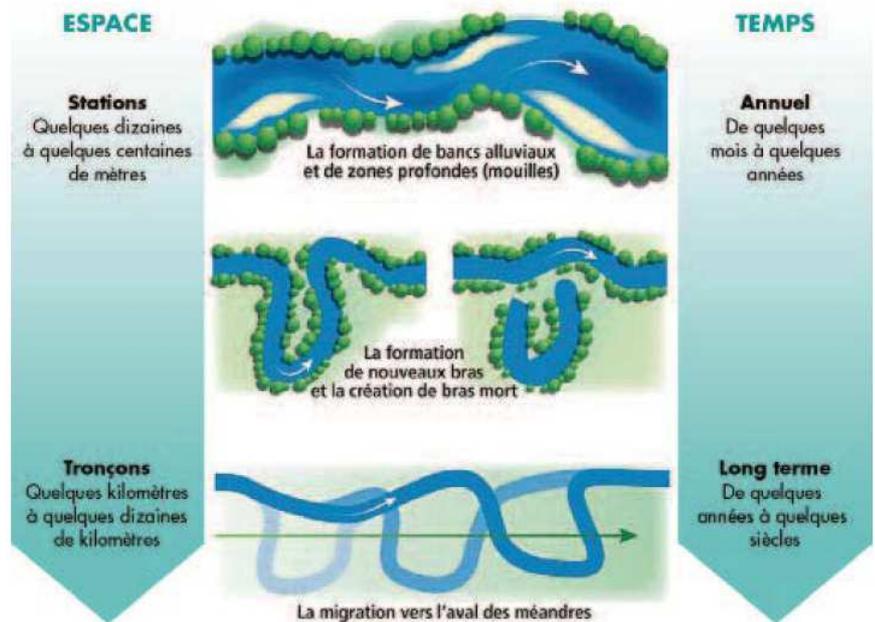
Figure 13 : Variables permettant d'évaluer un « score d'efficacité probable » de la restauration envisagée. ≈

Dynamique des eaux dans le temps

Des réajustements morphologiques se font en permanence dans le temps avec la création et la disparition de bancs alluviaux, de mouilles, la formation et la disparition de nouveaux méandres, l'apparition de nouveaux bras morts... (voir schéma ci-contre)

Ces variations morphologiques nécessitent que le cours d'eau dispose d'un espace de liberté ou de fonctionnalité au sein duquel il pourra mobiliser des matériaux, éroder, déposer des sédiments (disponibilité des matériaux), dissiper de l'énergie ou en gagner (érodabilité des berges...), etc, pour assurer une **dynamique fonctionnelle du système dans le temps**.

Les altérations de l'espace de fonctionnalité auront des conséquences sur la capacité de réaction et de retour à l'équilibre de l'hydro-système face à une perturbation anthropique ou une modification d'origine naturelle de sa morphologie.



Christian Couvert-Graphies (Recueil d'expériences sur l'hydromorphologie, ONEMA, 2010)

Les modifications de forme interviennent dans l'espace et dans le temps.

Ainsi, le modelage de bancs alluviaux et de zones de mouilles peut se faire, au niveau de la station (figure du haut, schéma ci-dessus), à une échelle temps qui varie de quelques mois à quelques années.

À moyen terme (quelques années), les fluctuations hydrologiques des annexes hydrauliques peuvent conduire à la formation de nouveaux bras et la création de bras mort du cours d'eau (figure du milieu, schéma ci-dessus).

Enfin, à une échelle spatiale plus grande, celle du tronçon, un processus de « migration » vers l'aval des méandres se fera à l'échelle de plusieurs années à quelques siècles (figure du bas, schéma ci-dessus).

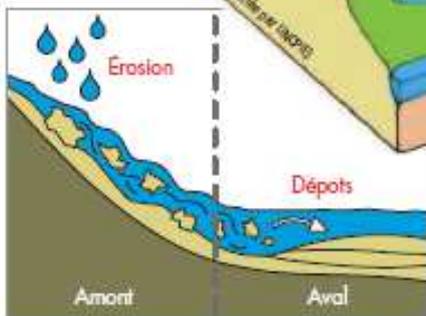
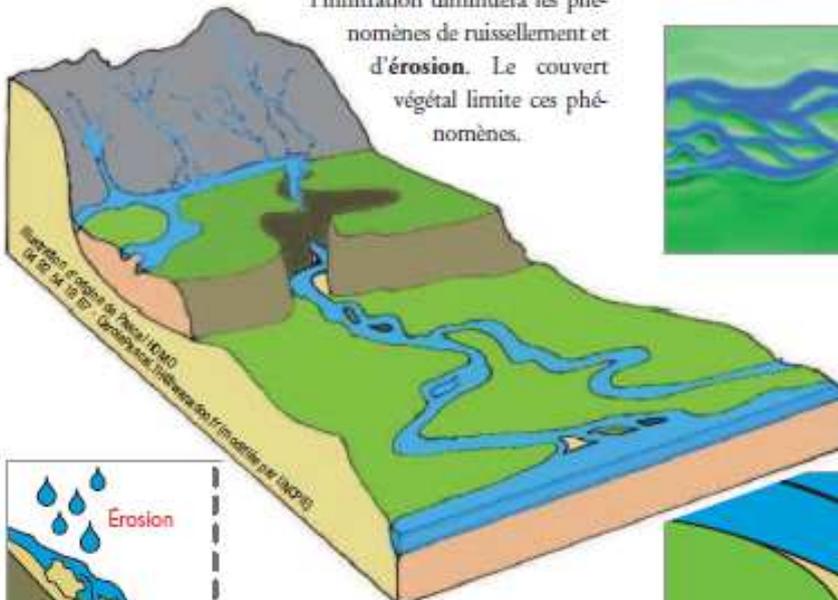


Bassin versant et morphologie des cours d'eau

Le schéma suivant présente, de l'amont à l'aval, différentes formes de cours d'eau résultant des contraintes physiques à différentes positions au sein du bassin versant (pente raide, pente intermédiaire, plaine)



1 En amont du bassin, les pentes sont fortes et les vallées souvent creusées et étroites. Ces caractéristiques physiques confèrent une **force érosive** importante aux cours d'eau qui s'y forment. Le débit et la puissance spécifique y sont suffisamment importants pour mobiliser des matériaux. À noter que la nature du sol aura une influence sur l'infiltration de l'eau et sa capacité de rétention. Ainsi, un terrain favorisant l'infiltration diminuera les phénomènes de ruissellement et d'**érosion**. Le couvert végétal limite ces phénomènes.

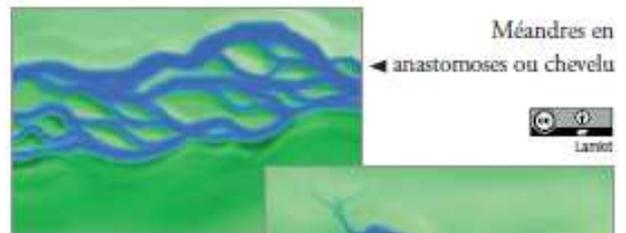


2 Lorsque la pente est moins forte et que le lit de la rivière s'élargit la puissance spécifique du cours d'eau diminue. La rivière peut alors voir son cours se diviser et les matériaux arrachés puis transportés se déposent formant des petits atterrissements (îlots...).

la puissance spécifique du cours d'eau diminue. La rivière peut alors voir son cours se diviser et les matériaux arrachés puis transportés se déposent formant des petits atterrissements (îlots...).

3 En plaine, l'énergie du cours d'eau ne suffit plus à mobiliser de gros matériaux. En conséquence, la rivière les contourne. Le phénomène d'érosion-dépôts est toujours présent mais ne s'exprime plus dans la transversalité (largeur) du cours d'eau.

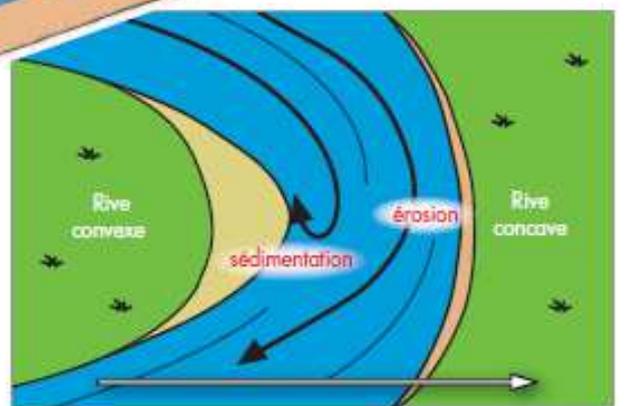
L'accentuation des courbes : la plus grande partie de l'eau se dirige vers le côté concave des courbes, entraînant une importante érosion de ce côté. La vitesse de l'eau qui s'écoule du côté convexe de la courbe est plus lente, les matériaux peuvent se déposer. Ainsi, peu à peu, la rivière dessine des courbes de plus en plus grandes et sinueuses formant les **méandres** (pouvant avoir différentes formes selon la pente, la nature et la texture du sol, l'histoire biogéologique...).



Méandres en anastomoses ou chevelu

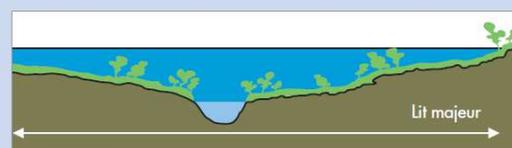
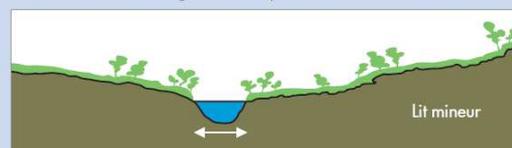


▲ Méandriformes



► Crues, débit de plein bord, lit majeur et lit mineur...

Les inondations sont la conséquence d'une augmentation plus ou moins rapide du débit liquide d'un cours d'eau. Elles peuvent avoir différentes origines climatiques selon les territoires et sont caractérisées par leurs périodes de retour (fréquence d'apparition dans le temps). Une inondation peut avoir pour conséquence le débordement des eaux hors du lit mineur. Les eaux occupent alors le lit majeur du cours d'eau. Les crues modifient ainsi ponctuellement la dynamique morphologique du cours d'eau.



Beaucoup plus récurant que les crues, c'est l'atteinte du débit de plein bord, correspondant au plein remplissage du lit mineur, qui façonne le lit d'une rivière et préside à la formation et à la dynamique des faciès d'écoulement. Le débit de plein bord est considéré comme le débit morphogène.

Source : Prévention 2000

Bon état écologique des cours d'eau

Des habitats supports de la biodiversité

Les cours d'eau sont des systèmes dynamiques dans l'espace et dans le temps: ils assurent également des **fonctionnalités écologiques supports**. En effet, de nombreux habitats propices à l'accomplissement des cycles de vie de nombreuses espèces faunistiques et floristiques résultent de la dynamique du cours d'eau.

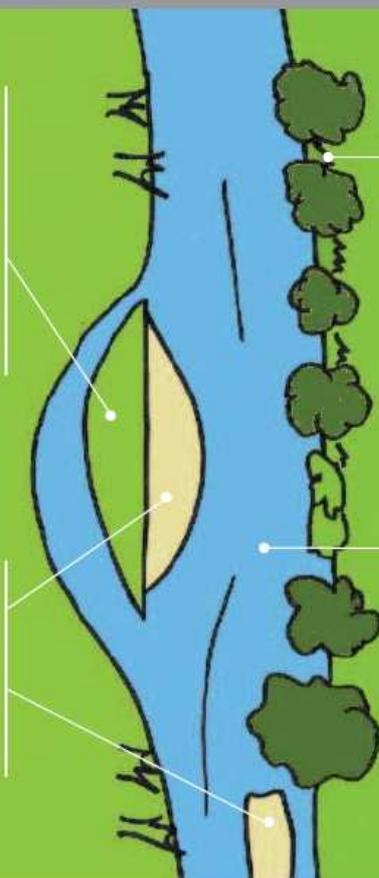
Les habitats d'un cours d'eau (non-exhaustif) :

Les annexes hydrauliques :

Les prairies inondées par les crues, les bras morts ou les annexes connectées sont souvent des zones de repos et de reproduction pour certaines espèces de poissons (le brochet) et d'amphibiens (grenouille...). Les oiseaux migrateurs y puisent leur nourriture ou y trouvent des sites de reproduction privilégiés.

Les zones exondées :

Elles accueillent fréquemment des oiseaux migrateurs pour le nourrissage et le repos. Les bancs de sable présents dans certains systèmes (Loire..) peuvent être mobilisés en rechargeant la charge solide du cours d'eau en cas de crues par exemple.



La ripisylve et les berges :

Elles jouent un rôle important dans la diversification de l'habitat, l'apport en matière organique et en bois mort dans le cours d'eau. Sa partie émergée favorise l'installation de mammifères et d'oiseaux et régule la température. Son système racinaire offre des zones d'ombre, de repos et de reproduction à certaines espèces de poissons et d'invertébrés et joue un rôle d'épuration de l'eau.

Le lit mineur :

De l'hétérogénéité du lit, des conditions de hauteurs d'eau et de substrats vont dépendre la nature des peuplements biologiques. De nombreuses espèces de poissons doivent avoir à leur disposition un ensemble de milieux dont les conditions variées permettront l'accomplissement du cycle de vie. La continuité (de quelques mètres à plusieurs kilomètres) entre ces différentes « zones » doit alors absolument être préservée.

De l'aval à l'amont, la morphologie des cours d'eau et les régimes hydrologiques varient considérablement. Les espèces végétales aquatiques (macrophytes), de poissons et d'invertébrés seront, de la même manière, très différentes selon la position de la portion du cours d'eau observée dans le bassin versant.

Ainsi, de l'hétérogénéité des différentes composantes de la morphologie du cours d'eau (débits, substrats, ensoleillement, hauteurs d'eau, végétaux...) va dépendre la nature des peuplements biologiques qui vont s'y attacher.

Dans les zones de courants importants, des espèces rhéophiles se développeront. Au contraire, les zones à courants faibles verront le développement d'espèces limnophiles.

Bon état écologique des cours d'eau

L'intérêt de restaurer

Au-delà de la valeur patrimoniale de la biodiversité (habitats, espèces...) qu'ils proposent, les cours d'eau, lorsque leur espace de mobilité / fonctionnalité le permet, assurent des **services profitables à la société**.

Ces services, assurés par les milieux naturels, sont aujourd'hui reconnus et des études émergent sur l'évaluation économique de ces services rendus.

Ainsi, par exemple, selon une récente analyse du service de statistiques du ministère de l'écologie (SOeS), **la préservation des zones humides présente un rapport coût-bénéfice positif**.

« Un hectare de zone humide fonctionnelle permettrait en effet d'économiser entre 37 et 617 euros par an au titre de la lutte contre les inondations, entre 45 et 150 euros par an pour le soutien des débits d'étiage dans les cours d'eau en été et entre 15 et 11.300 euros/an pour l'épuration de l'eau » (Le point sur : L'évaluation économique des services rendus par les zones humides, un préalable à leur préservation, n°65, SOeS, 2010).

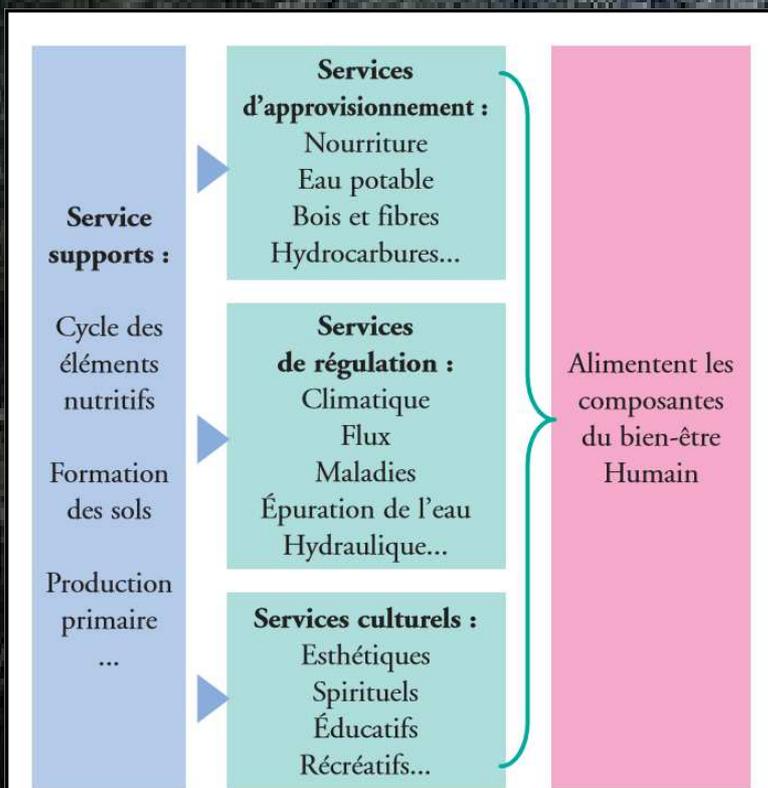
Les milieux aquatiques, spécifiquement les cours d'eau, assurent des fonctions dans chacune de ces catégories de services. Les services d'approvisionnement sont déterminés par le bon fonctionnement des réseaux trophiques du système.

La diversité des habitats et leur connectivité permettent à ces réseaux trophiques de fonctionner et de se renouveler.

La régulation hydraulique-quantitative de l'eau par stockage et recharge des nappes est importante, même si associée principalement aux fonctionnements des zones humides. Elle permet une atténuation des crues et une restitution lente au cours d'eau lors de période d'étiage.

Le bon fonctionnement des cours d'eau influence évidemment sur la **régulation de la qualité physico-chimique de l'eau**. La capacité **d'auto-épuration** des cours d'eau est influencée par le débit, la vitesse du courant, la température... Des variations de courants et des échanges entre la surface, le fond et les annexes permettent une **oxygénation du milieu et l'atténuation du risque d'eutrophication**.

Enfin, les cours d'eau sont des objets sociaux à part entière. Ils jouent un **rôle dans les activités culturelles** et récréatives et les paysages proposés par ces milieux laissent rarement indifférent.



Les conséquences des altérations morphologiques

Les cours d'eau ont de tout temps été associés aux développements des populations sur les territoires. Leurs utilisations par l'homme, au titre principalement des services d'approvisionnement (nourriture, électricité, énergie...), culturels et de transport (voies fluviales...), ont souvent conduit l'homme à aménager ces milieux dynamiques. Le développement industriel et agricole a accéléré cette tendance et agit sur les milieux de façon :

- **Directe** : ouvrages, digues, barrage, recalibrage, consolidation des berges, extraction de granulats...
- **Indirecte** : pollution phytosanitaire, modification ou suppression de l'espace de mobilité et de fonctionnalité...

Ces modifications d'origine anthropique ont pour conséquences la **dégradation morphologique du cours d'eau, la diminution qualitative des habitats et de la ressource** en elle-même, et la diminution de la capacité du système à retrouver un équilibre stable (résilience).

Au regard de la complexité des processus géodynamiques, biologiques et physiques générateurs de l'équilibre écologique d'un cours d'eau, les ambitions de restauration, voire de renaturation des milieux, passent par la mise en œuvre de mesures visant à l'amélioration de chacune de ces composantes dans des approches intégrées.

Altérations morphologiques et impacts sur l'écologie : modification morphologique du profil en long, stabilisation des berges et modification de la ripisylve

Il s'agit ici des conséquences des opérations de recalibrage et de **rectification de cours d'eau**. Elles conduisent souvent à un élargissement du lit du cours d'eau auquel s'ensuit une diminution de la hauteur d'eau et une **augmentation de la température** conduisant parfois au phénomène d'**eutrophisation**.

Ces travaux provoquent également la dénaturation du substrat par homogénéisation de la taille des sédiments et la disparition des blocs servant de refuge pour de nombreuses espèces. Associée à l'augmentation des températures, cette homogénéisation engendre la **disparition d'espèces végétales épuratrices** et pouvant être à la base des chaînes trophiques.

Enfin, les opérations de rectification engendrent la **modification de la pente**, ponctuellement, impactant alors directement le processus d'**érosion** avec l'apparition d'érosions régressives dégradant le fond du lit et de « sur-sédimentation » en aval obstruant le milieu (déconnexion des annexes...). Associés à la modification des faciès d'écoulement (homogénéisation), les habitats sont ainsi compromis et la capacité d'accueil du milieu diminue engendrant la **disparition des espèces** (les plus spécialisées et inféodées à un type de milieu) et une augmentation de la compétition inter et intra-spécifique.

L'**altération des ripisylves** aura enfin un impact important sur l'écologie du milieu. Ainsi, à la disparition d'habitats et de sites de reproduction et d'alimentation localement, s'ajoute la mise en péril de la fonction de connectivité entre les milieux le long du cours d'eau (barrage, seuil...), fonction support du transfert et de l'accomplissement du cycle de vie des espèces et de leur diversité (corridors entre des matrices d'habitats). Au-delà de ce rôle écologique majeur de continuité reconnu et au cœur de la récente Trame Verte et Bleue, la ripisylve joue un rôle non négligeable dans la **régulation thermique du cours d'eau et la diversité des éclaircissements**.

Modifications des flux solides et liquides : altérations du régime hydrologique

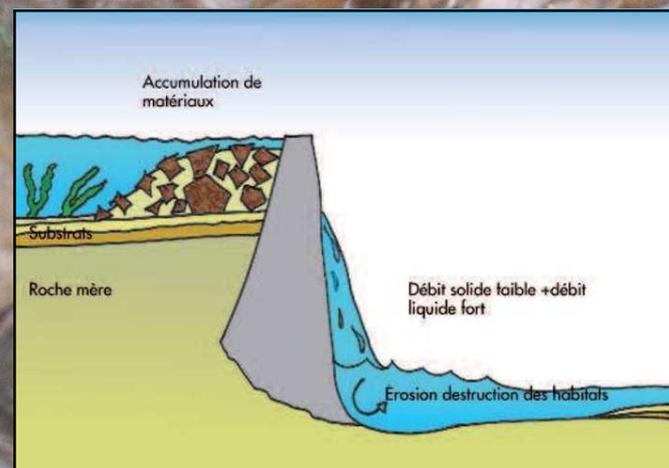
Ces altérations sont liées majoritairement aux **retenues d'eau par barrage et à la chenalisation** d'un cours d'eau. Elles peuvent provoquer, une **diminution du débit** qui a pour conséquence la diminution de la hauteur d'eau, l'**augmentation de la température** et potentiellement la concentration des **pollutions dans l'eau**.

Une diminution du débit altère également la capacité morphogène du cours d'eau : son **pouvoir d'érosion** et de transport du flux sédimentaire est **moindre** pouvant entraîner localement des « bouchons » de sédiments fins et l'homogénéisation du substrat du lit mineur. La limitation des connexions avec le lit majeur peut, elle, engendrer la perte de fonctionnalité des annexes hydrauliques. Ces altérations impactent les habitats et leur fonctionnement et **défavorisent particulièrement les espèces rhéophiles**.

La **chenalisation** d'un cours d'eau avec imperméabilisation des berges (béton...) peut provoquer au contraire des augmentations de débits et **intensifier le phénomène de crue**. A l'aval de l'artificialisation, l'énergie de l'eau est telle qu'elle peut alors engendrer des phénomènes d'érosion intenses avec des modifications morphologiques parfois non désirables (incisions).

Les variations importantes et brutales des débits liquides dans un sens ou dans l'autre lors de manipulations des ouvrages, ont des **conséquences importantes sur les biocénoses aquatiques** et les espèces peuvent ne pas survivre à des modifications drastiques de leurs habitats (isolement, assèchement, restriction des zones et des types d'habitats...).

Les modifications du débit solide par l'altération du transport de matériaux ont des effets négatifs sur la morphologie et l'écologie du milieu. Le blocage des matériaux (barrage, seuil) provoque d'une part leur accumulation en amont de l'ouvrage et l'appauvrissement de la recharge en matériaux solides à l'aval de celui-ci. Cette diminution de la charge solide favorise l'érosion aval du fond du lit et des berges du cours d'eau avec parfois l'élimination du substrat du lit mineur et l'affleurement de la roche mère. Des processus d'érosion régressive, remontant vers l'amont, peuvent endommager les ouvrages eux-mêmes. Les hab



Exemples de bons fonctionnements hydromorphologiques



Figure 1 : Quelques illustrations d'un bon fonctionnement hydromorphologique. a) Des faciès d'écoulement diversifiés. b) Des berges naturelles. c) Des bancs alluviaux mobiles. d) Une ripisylve fournie et variée. e) Un corridor fluvial boisé. f) Des annexes hydrauliques. ≈

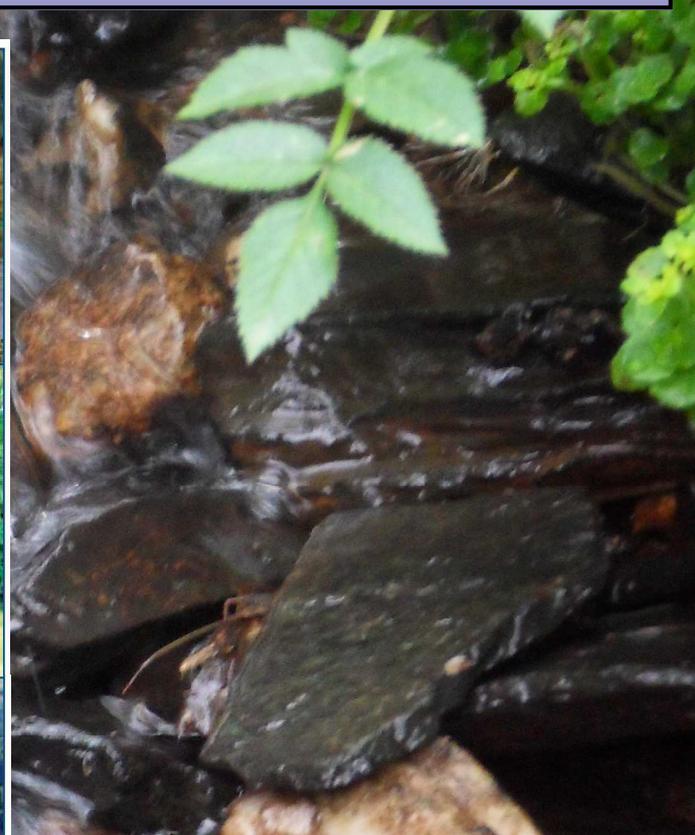


Figure 2 : Exemples de substrats en tant qu'habitat des biocénoses aquatiques. a) Truites. b) Couleuvre à collier. c) Hirondelle de rivage. d) Buisson de saules. e) Invertébrés [*Perla marginata*]. f) Invertébrés [*Stenophylax* sp.]. ≈

Exemples de dysfonctionnements

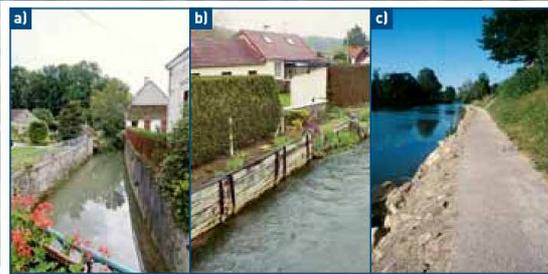


Figure 41 : Quelques vues de rivières en milieu urbain. Surcalibrage du lit, rectitude du tracé, endiguement étroit, berges artificielles, édification de seuils et succession de plans d'eau :
a) Murs et succession de plans d'eau.
b) Tracé rectifié et protections de berges artificielles.
c) Chemin en bordure de cours d'eau et berge artificielle. ≍



Figure 31 : A gauche, endiguement en béton sur les deux berges en zone urbanisée. A droite : ancien merlon de curage en bordure de la Scie (76). ≍

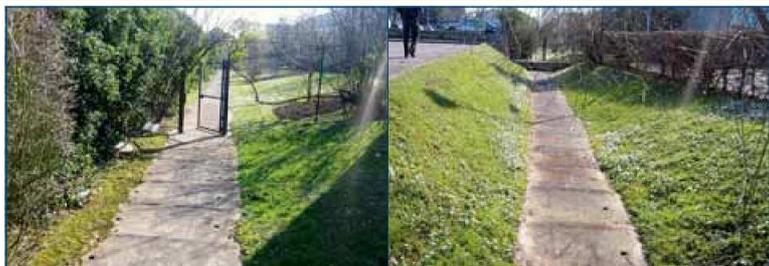


Figure 17 : La Bièvre à Fresnes, sous des dalles de béton... ≍



Figure 32 : A gauche, vue aérienne d'un système à double endiguement en zone rurale (protection des cultures). Etroit pour les crues fréquentes et large pour les crues plus rares. A droite, exemple de digue en enrochements + remblai (la rivière est à gauche). ≍

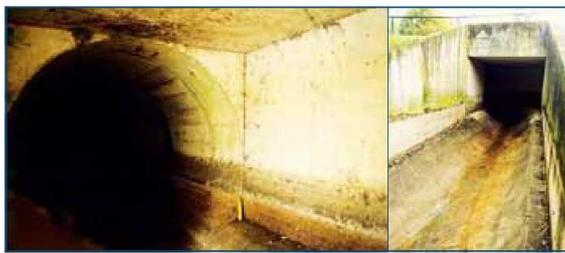


Figure 18 : Couverture complète d'un cours d'eau, ici la « Rigole de Guyancourt » dans le département des Yvelines. ≍



Figure 20 : Exemple de cours d'eau ayant subi des interventions multiples : surcalibrage, rescindement, endiguement, curage, etc. ≍



Figure 21 : Exemples de rescindements de méandres à vocation principalement agricole : en haut l'Orain (39), en bas l'Aire (Suisse). ≍

Nota : les bosquets encore présents indiquent le tracé des anciens méandres. ➤

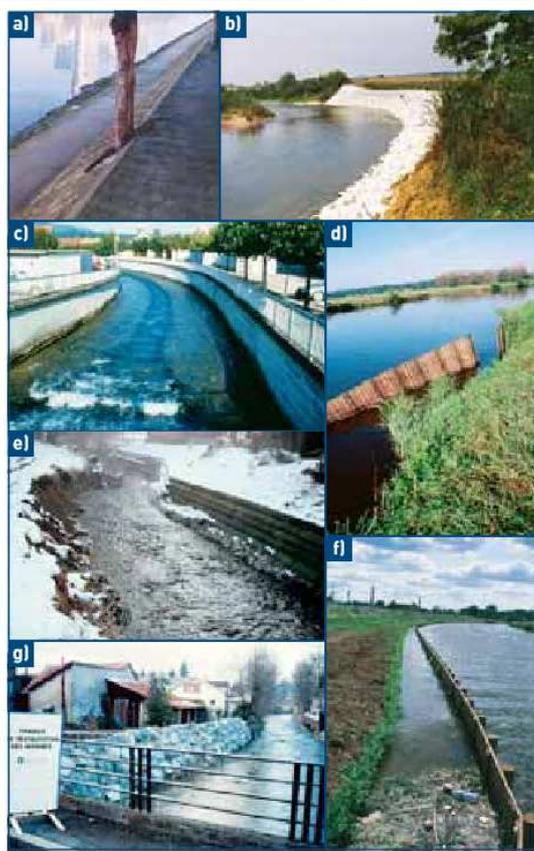


Figure 29 : a) Perrés en milieu urbain. b) Enrochement de berge en secteur agricole. c) Murs en traversée urbaine. d) Palplanches en protection de berge de rivière naviguée. e) Palissade en rondins de bois. f) Technique des « tunages-bois » en protection de berges de voies navigables. g) Sans commentaire ! ≍

Figure 35 : a) et b) Exemples de seuils. c) Portion naturelle relictuelle présentant des faciès d'écoulement et des milieux diversifiés (bancs alluviaux diversément végétalisés). d) Vue « classique » de la retenue générée par l'ouvrage : un faciès lentique homogène sur plusieurs centaines de mètres. ≍



Figure 25 : Exemple de portions de cours d'eau sans ripisylve : la Veyre (01). ≍

Exemples d'actions possibles



Figure 8 : Différents exemples d'aménagements essentiellement piscicoles - en haut à gauche risberme en enrochements sur la Bienne (39), en haut à droite agencement de blocs sur la Savoureuse (90), au centre amas de blocs et radier artificiel sur le Drugeon (25), en bas à gauche caches artificielles sur un petit ruisseau affluent de l'Allondon (Suisse, canton de Genève) et en bas à droite aménagements piscicoles sur l'Arve (74) ≈



Figure 27 : Effet de « peigne » de la végétation buissonnante adaptée (en haut), favorisant le piégeage des particules en transport par les eaux et végétaux hélophytiques couchés sous l'effet des contraintes hydrauliques (en bas). ≈



Figure 26 : En haut, racines d'aulne glutineux (*Alnus glutinosa*), espèce végétale particulièrement adaptée aux bordures de cours d'eau. En bas, embâcles formés par des cultivars de peupliers (*Populus x nigra*) facilement déchaussés en raison de leur faible développement racinaire d'une part et de leur port élevé d'autre part, favorisant une grande prise. ≈



Figure 9 : Remise à ciel ouvert (décorrection) d'un petit cours d'eau dans le Jura suisse (la Golatte) avec cependant une emprise limitée : a) et b) lors des terrassements ; c) 6 mois après les travaux. ≈

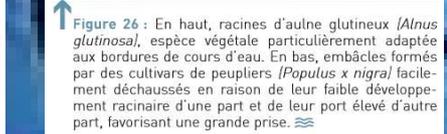


Figure 12 : Exemple d'élargissement hydraulique d'un cours d'eau (la Morges en traversée de ville en Suisse) et réaménagement du lit sous forme de petits seuils, végétalisation partielle des berges, etc. Restauration assimilable à un niveau R1. A gauche l'état initial, à droite deux puis sept ans après les travaux. ≈



Figure 28 : La végétation rivulaire et aquatique tient évidemment une place prépondérante dans la perception des paysages fluviaux. ≈



