

Emmanuelle FAURE

Juin 2004

Projet personnel

**LA RENATURATION DES COURS D'EAU
DANS LES PAYS EUROPEENS**



Tuteur de projet : Michel BACCHI

SOMMAIRE

RESUME.....	2
-------------	---

INTRODUCTION.....	3
-------------------	---

<u>CHAPITRE 1</u>	<u>DE L'ARTIFICIALISATION DES COURS D'EAU AU</u>
<u>CONCEPT DE RENATURATION.....</u>	<u>4</u>

1.1	OBJECTIFS ET IMPACTS DES AMENAGEMENTS EN RIVIERE	4
1.2	RETROUVER UNE BONNE FONCTIONNALITE DES COURS D'EAU : UNE NECESSITE	13
1.3	LE CONCEPT DE RENATURATION POUR UN RETOUR AU BON ETAT ECOLOGIQUE DES COURS D'EAU.....	14

<u>CHAPITRE 2</u>	<u>DESCRIPTION TECHNIQUE DES OPERATIONS DE</u>
<u>RENATURATION</u>	<u>17</u>

2.1	LE REMEANDRAGE.....	17
2.2	REMISE A CIEL OUVERT DES COURS D'EAU ENTERRES.....	29
2.3	ARASEMENT DES BARRAGES ET DES SEUILS.....	32

<u>CHAPITRE 3</u>	<u>MISE EN ŒUVRE DES OPERATIONS DE RENATURATION</u>
<u>DANS LES PAYS EUROPEENS.....</u>	<u>34</u>

3.1	LA SUISSE ET L'ALLEMAGNE : PIONNIERS EN MATIERE DE RENATURATION	34
3.2	PAYS NORDIQUES ET PAYS OCCIDENTAUX : LA VOLONTE D'UNE POLITIQUE DE RENATURATION	37
3.3	L'EUROPE MEDITERRANEENNE : DOMINANCE D'UNE PHILOSOPHIE D'EQUIPEMENT DES RIVIERES.....	38
3.4	L'EUROPE DE L'EST : UNE POLITIQUE DE CONSERVATION DES COURS D'EAU PEU MODIFIES	39

CONCLUSION.....	41
-----------------	----

BIBLIOGRAPHIE	42
---------------------	----

TABLE DES MATIERES	43
--------------------------	----

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES	45
-------------------------------------	----

RESUME

Rectifiés, recalibrés, endigués, canalisés et même enterrés, les cours d'eau européens ont été mis à mal pendant des années, avec des conséquences catastrophiques sur la faune aquatique et sur la qualité des eaux. La prise de conscience de la nécessité de préserver nos ressources en eau a conduit à l'émergence d'un nouveau concept pour la gestion des cours d'eau : Le concept de renaturation. Celui-ci consiste à remettre un cours d'eau dans un état le plus proche possible de son état originel, ce qui nécessite, la plupart du temps, de lourds travaux de terrassements. La redécouverte d'une dynamique naturelle permet l'apparition de faciès d'écoulements variés qui sont autant d'habitats pour la faune aquatique, et favorisent ainsi une grande biodiversité et une meilleure auto-épuration de l'eau. Les techniques de renaturation sont multiples : reméandrage des cours d'eau rectifiés, remise à ciel ouvert des cours d'eau enterrés, creusement d'un nouveau lit au gabarit du cours d'eau avant recalibrage, arasement des barrages et des seuils, enlèvement des protections de berges afin de redonner au cours d'eau son espace de liberté. La création de nouvelles lois et de directives européennes (directive cadre sur l'eau 2000/60/CE) favorables à la protection des milieux aquatiques, pousse les gestionnaires à se lancer dans des projets de renaturation. Mais ces travaux très coûteux ne sont pas à l'ordre du jour dans tous les pays européens. En effet, l'Allemagne et la Suisse, pionniers dans ce domaine, comptent déjà de nombreuses réalisations, le reste de l'Europe occidentale développe quelques projets, tandis que les pays méditerranéens et les pays de l'Est, dont les problématiques de la gestion de l'eau sont sensiblement différentes, ne considèrent pas encore la renaturation des cours d'eau comme une priorité.

MOTS CLES : renaturation – rectification – recalibrage – reméandrage – remise à ciel ouvert
directive cadre sur l'eau

ABSTRACT

Straightened, over-widened, dyked-up, canalized, and sometimes buried, European rivers have been damaged for years and years, with catastrophic consequences on aquatic fauna and water quality. The need to preserve our water resources led to the emergence of a new concept for the management of rivers: the concept of re-naturalisation. It consists of restoring to a river its original conditions as closely as possible, which, most of the time, requires heavy excavation works. The return to a natural dynamic makes possible the apparition of various flow facies - which are as many habitats for the aquatic fauna - and increases biodiversity and water self-purification. There are several re-naturalisation methods: restoring meanders to straightened rivers, digging up buried rivers, digging a new river bed at the size of the river before widening it, removing dams and bank protections to restore the river's freedom of movement. The creation of new laws and European directives (EU Water Framework Directive 2000/60/CE) favourable to the protection of water environment prompts river authorities to embark on re-naturalisation projects. However, these projects, which are very expensive, are not on the agenda of all European countries. Indeed, Germany and Switzerland, who are pioneers in that area, have already carried out several projects of that kind. The rest of western Europe is developing some, while Mediterranean and Eastern European countries, which have a rather different approach on the issue, do not regard the re-naturalisation of river as a priority.

KEY-WORDS: re-naturalisation – straightening – widening – deepening – restoring meanders
digging up buried rivers – Water Framework Directive

INTRODUCTION

A tous les niveaux de l'hydrosystème, les activités humaines peuvent interférer avec les processus hydrologiques, géomorphologiques et biologiques, et induire des dysfonctionnements parfois irréversibles. Au cours des deux derniers siècles, l'urbanisation rapide, le développement industriel et les pratiques agricoles ont profondément modifié les systèmes aquatiques. Les activités humaines concernent à la fois le lit majeur (remblais, constructions, drainage, imperméabilisation...) et le lit mineur (recalibrage, rectification, endiguement, détournements, couverture...). La majorité des cours d'eau européens ont ainsi subi une artificialisation structurelle qui a conduit à leur chenalisation.

La prise de conscience de cette situation alarmante remet en cause le principe de l'aménagement intensif des cours d'eau, et conduit à l'émergence de nouvelles lois visant à préserver et restaurer les hydrosystèmes. La renaturation, qui favorise le retour de l'hydrosystème à son état pré perturbation, est un moyen de répondre aux objectifs de la directive cadre sur l'eau n°2000/60/CE (atteindre un bon état écologique des cours d'eau à l'horizon 2015), à condition de pouvoir définir le bon état écologique et l'état de référence.

Après une synthèse des principaux impacts des aménagements anthropiques sur les cours d'eau, ce rapport a pour objectifs d'apporter des précisions sur les techniques de renaturation à travers quelques exemples européens et de dresser un bilan sommaire de la mise en œuvre des opérations de renaturation en Europe.

CHAPITRE 1 DE L'ARTIFICIALISATION DES COURS D'EAU AU CONCEPT DE RENATURATION

1.1 OBJECTIFS ET IMPACTS DES AMENAGEMENTS EN RIVIERE

Les aménagements décrits dans le présent chapitre concernent toutes les actions qui visent à stabiliser ou contraindre un cours d'eau.

Cette partie, loin d'être exhaustive, décrit les modifications des hydrosystèmes les plus couramment rencontrées et les plus pénalisantes.

1.1.1 Objectifs des aménagements

Les objectifs des interventions sur les rivières sont liés à l'activité humaine : usage agricole, urbanisation du fond de vallée, utilisation de la force motrice de l'eau...

On retiendra surtout :

- La lutte contre les inondations des terres riveraines, objectif souvent prioritaire traitée par le biais d'une accélération des écoulements par modification du tracé en plan, de la géométrie en travers ou de la pente du cours d'eau
- La limitation des phénomènes d'érosion par l'utilisation de différentes méthodes de protection des berges
- L'assainissement des terres agricoles par drainage et modification de tracé du lit
- La production d'énergie hydraulique par la construction de barrages
- Le développement du réseau de communication avec aménagement de voies d'accès ou de navigation
- La création de zones de loisirs, zones paysagères, retenues d'eau, camping

1.1.2 Les principaux types d'aménagements

Les aménagements ont engagé des travaux plus ou moins lourds:

- Travaux de terrassement et de construction : recalibrage, rectification, barrages, endiguement

- Recours à des techniques spécifiques d'aménagement pour la protection des berges
- Mise en place d'actions d'entretien dans la lutte contre l'érosion

Recalibrage :

Il vise à augmenter la capacité d'évacuation des débits de crue en lit mineur en modifiant le chenal en profondeur et en largeur. En général le profil réalisé par des travaux de terrassement est trapézoïdal ce qui améliore la stabilité des berges. Il peut également être réalisé dans une logique d'assainissement des terres agricoles. Dans ce cas, les réseaux de drainage nécessitent un exutoire suffisamment profond, et la cote de fond du cours d'eau est abaissée, sur des hauteurs pouvant atteindre 2 mètres.

Le recalibrage pourra se faire sans modification du profil en long et du tracé en plan ou bien avec modification du tracé en plan.

Rectification :

Elle a pour but de raccourcir une portion de cours d'eau sinueux en procédant à des rescindements artificiels des méandres à plus ou moins grande échelle. La modification peut porter sur un seul méandre ou sur toutes les inflexions du tracé et maintenir ou non l'ancien lit. Les ouvrages de terrassement vont dériver une partie du cours d'eau, augmenter la pente du lit et donc accélérer la vitesse du courant. Il y aura une action anti-érosion sur les berges, mais surtout, la réduction du champs d'inondation va permettre de gagner de l'espace pour les terrains cultivables.

Endiguements :

La constitution de digues protège les terres riveraines, espaces agricoles ou urbanisés, contre les crues en relevant la hauteur des berges. L'endiguement augmente la capacité du lit en hautes eaux et lutte contre les érosions liées à la dynamique de la rivière.

Construction de barrages et seuils

Les seuils ont été construits dans le but d'augmenter les lignes d'eau à l'amont pour permettre l'irrigation, l'alimentation des moulins et la production d'énergie hydraulique.

Les barrages ont des fonctions multiples : alimentation en eau potable, production d'électricité, écrêtement des crues, soutien d'étiage, irrigation, industrie, navigation, loisirs nautiques.

Protection des berges :

La protection des berges consiste à prévenir les phénomènes d'érosion en installant des structures fixes telles : L'aménagement en épis, l'enrochement, les palplanches, ou les protections en génie végétal.

Actions d'entretien :

Les actions d'entretien conduisent à réduire le coefficient de rugosité du lit en retirant du lit mineur les obstacles à l'écoulement. Ce sont des actions :

- de nettoyage, essartage, débroussaillage, abattage d'arbres ;
- de curage des sédiments qui encombrent le fond du cours d'eau ;
- de faucardage, coupe de végétaux semi-émergés, végétaux flottants libres ou enracinés, végétaux palustres.

Ces méthodes devraient permettre de lutter contre l'érosion et pour accélérer l'évacuation des débits de crue, mais elles sont souvent mises en place de façon trop drastique et peuvent générer des dysfonctionnements importants.

Les différentes méthodes sont souvent combinées ce qui peut potentialiser les impacts.

1.1.3 Impacts de ces aménagements sur les hydrosystèmes

Toutes les actions visant à accélérer l'écoulement : modification du tracé en plan, de la géométrie en travers de la pente et de la rugosité du lit ; Les ouvrages de stabilisation (seuils) qui les accompagnent; Les actions d'entretien du lit comme curage et dragage, conduisent à la chenalisation de la rivière et bouleversent son équilibre écologique. Toutes les fonctions de la rivière peuvent être affectées : effets locaux immédiats et effets induits à court ou long terme pouvant conduire à l'altération plus ou moins réversible du cours d'eau et de son fonctionnement morphologique.

1.1.3.1 Principaux impacts physiques

Les principaux impacts physiques de la chenalisation se manifestent par :

L'accentuation des phénomènes d'érosion avec encaissement du lit lié à la modification de la géométrie de la rivière,

La réduction des débits d'étiage avec augmentation des pics de crues provoquée par les modifications hydrodynamiques,

L'homogénéisation des habitats avec baisse de la diversité biologique entraînée par les modifications du substrat et l'homogénéisation des séquences de faciès.

L'accentuation des phénomènes d'érosion et phénomène d'encaissement du lit

Elle est provoquée par la modification de la géométrie du lit soit au niveau local, dans le segment touché par l'intervention ou plus largement dans les segments situés de part et d'autre.

Modification de la largeur et de la profondeur de la section

Les interventions visant à accélérer l'écoulement en crue et plus particulièrement le recalibrage qui donne un profil trapézoïdal du cours d'eau avec largeur et profondeur uniformes aboutit à l'augmentation généralisée des pentes et à l'accélération des phénomènes d'érosion régressive et d'encaissement du lit.

Sur les rivières à haute énergie, le curage des matériaux du lit et leur dépôt sous forme de remblais le long des berges du lit principal, réduit la largeur en hautes eaux, favorise l'érosion verticale et l'érosion des berges situées en aval. (Ritter : 1979)

Cet approfondissement du cours d'eau peut avoir un impact non négligeable sur le niveau de la nappe d'accompagnement du cours d'eau.

Réduction de la longueur développée du cours d'eau

L'augmentation de la pente induit une accélération de la vitesse de l'eau et une érosion avec mise en place d'un processus d'ajustement de la rivière. Ces ajustements semblent liés à l'accroissement des apports provenant de l'amont, à leur dépôt et à une érosion concomitante des berges. Une érosion verticale peut se propager vers l'aval lorsque la cohésion des berges ou l'abondance de la végétation rivulaire ne permettent pas l'élargissement (Brookes 1983)

La réduction des débits d'étiage avec augmentation des pics de crues

Elle est induite par les modifications hydrodynamiques. Des conditions critiques peuvent être atteintes avec augmentation des vitesses des crues et réduction des profondeurs d'étiage.

Les modifications de l'écoulement dépendent du type du cours d'eau, de la combinaison des actions et du type d'aménagement réalisé :

Modification selon le type du cours d'eau

On observe une augmentation ou une réduction des vitesses selon les caractéristiques initiales du cours d'eau et le degré de modification de la largeur ou de la profondeur.

Modification selon la combinaison des actions

Le rescindement des méandres sans modification de la largeur moyenne augmentera la pente et entraînera une accélération de l'écoulement jusqu'à ce que le segment se réajuste. A l'inverse, il y aura une réduction de vitesse en basses eaux si la chenalisation s'accompagne d'un élargissement du lit, ce qui peut entraîner un étalement complet de la masse d'eau en étiage avec hauteurs d'eau très réduites.

Modification selon le type d'aménagement réalisé

Endiguement, rectification, rescindement, recalibrage modifient les hydrogrammes de crue et augmentent les inondations en aval. Quant à l'élimination des structures immergées, elle entraîne une accélération et une homogénéisation des vitesses lors des crues avec dissipation de l'énergie qui se fait au dépend des berges et du fond.

L'homogénéisation des habitats

Les actions conduisent le plus souvent à une homogénéisation des conditions d'écoulement, provoquent une modification du substrat avec perturbations des conditions d'habitats.

Homogénéisation des séquences de faciès

Les séquences de faciès sont associées au modèle de tracé en plan, avec mouilles de concavités et radiers dans les zones d'inflexion.

La chenalisation de cours d'eau sinueux entraîne une réduction de leur périodicité spatiale ou leur disparition. Très souvent, on retrouve après chenalisation, des faciès de type plat sur de très grandes longueurs.

Modification du substrat

On constate :

- La mise en place d'une granulométrie uniforme longitudinalement et transversalement ;
- Une déstabilisation des éléments de substrats faisant suite à l'augmentation des pentes du fond et de la ligne d'énergie ;
- Parfois, la formation d'un pavage très stable après éliminations des éléments les plus fins ;

- Un dépôt de fines à l'aval des zones calmes qui provient de la sous couche d'armure mise en mouvement lors des travaux. Ce dépôt est conditionné par la vitesse des eaux, l'effet de nettoyage des crues ou la présence de granulats grossiers pouvant le piéger.

Lorsqu'on évalue l'impact lié aux aménagements, il est important de déterminer la durée pendant laquelle les effets de l'intervention se feront sentir. Les effets peuvent être réversibles si la rivière peut retrouver sa morphologie antérieure, les effets peuvent être irréversibles si le cours d'eau n'a pas une puissance suffisante pour ajuster sa morphologie. (figure 1)

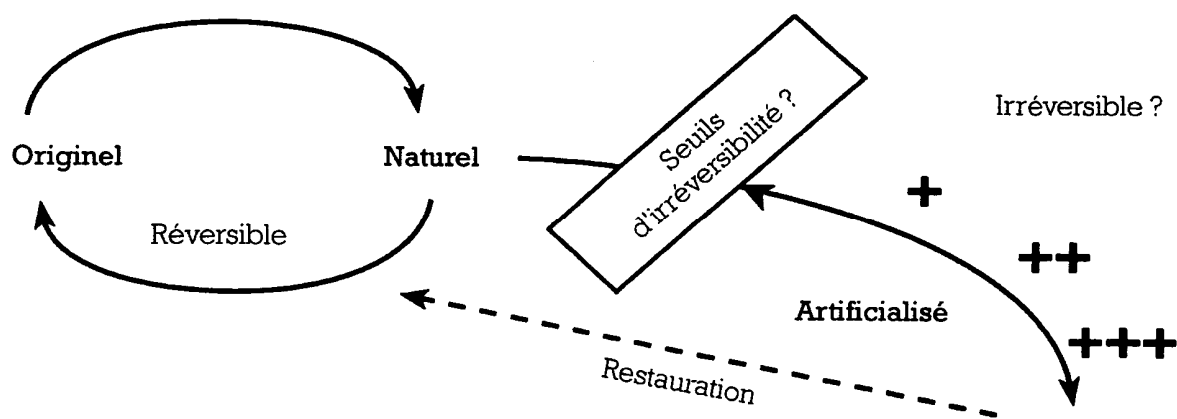


Figure n°1 : Etat d'un écosystème et réversibilité (WASSON, 1992)

1.1.3.2 Impacts écologiques sur les milieux aquatiques

La notion d'habitat aquatique intègre l'hétérogénéité du milieu avec des structures d'abri, de refuge, d'ombrage et certaines conditions physiques permettant la survie des espèces. La mise en place d'une morphologie homogène s'oppose fondamentalement aux principes d'hétérogénéité du milieu. La disparition des structures d'abri, l'aggravation des conditions physiques du milieu, la modification du substrat et les variations de vitesse d'écoulement sont autant d'entraves à la survie des poissons, des invertébrés et des végétaux aquatiques.

Disparition des structures d'abri

L'enlèvement de blocs et rochers, l'excavation sous berges, la disparition des mouilles et de structures végétales de bordure ne favorisent pas un habitat adéquat pour la faune aquatique.

Aggravation des conditions physiques du milieu

- En périodes critiques, lors de crue ou lors d'étiage, la variabilité trop importante de la vitesse de l'eau est très pénalisante pour le poisson ;
- Les variations de températures avec dépassement de seuils critiques l'été ou de prise de glace l'hiver sont autant de contraintes hostiles pour le milieu ;
- La ripisylve joue un rôle écologique majeur. Ses racines abritent les poissons, son feuillage donne de l'ombrage, réduit l'augmentation de la température, favorise l'apport de matériaux organiques et de nourriture pour les poissons (insectes). Or la plupart des travaux sacrifient la ripisylve. L'augmentation de l'éclairement en basses eaux favorise également des phénomènes d'eutrophisation.

Modification du substrat

La faible diversité de la granulométrie réduit le type d'habitat et la déstabilisation du substrat entraîne le colmatage des zones calmes par les fines.

Variation de la vitesse d'écoulement

En hautes eaux, elle ne favorise pas le maintien des organismes aquatiques ni celui des zones de repos du poisson ;

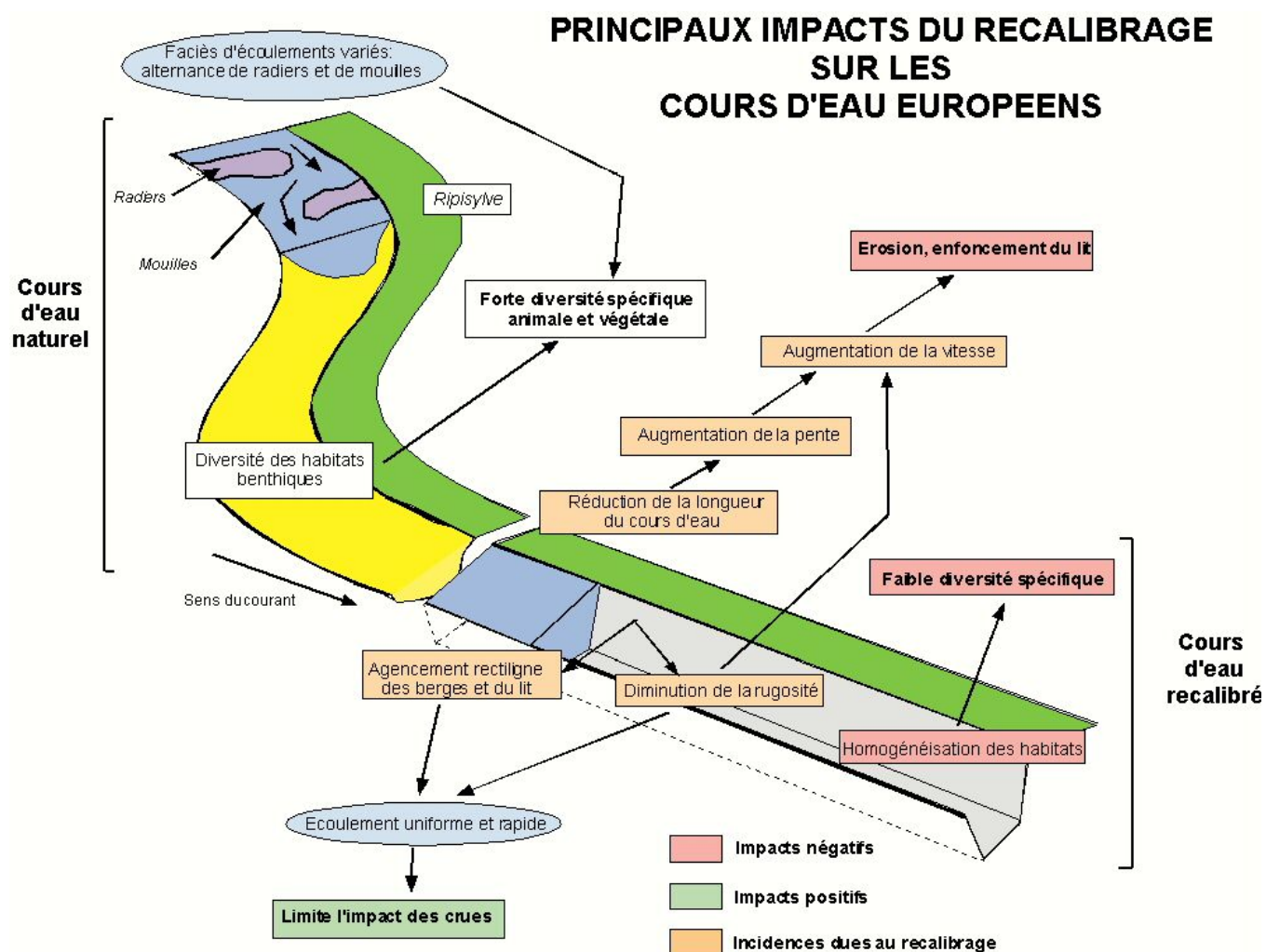
En basses eaux, la profondeur insuffisante permet seulement la survie de quelques espèces adaptées ;

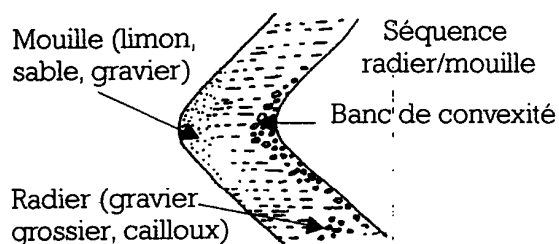
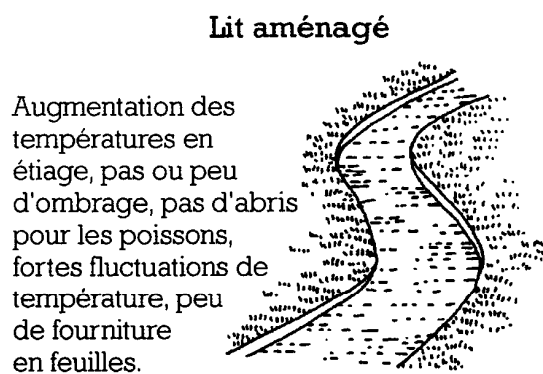
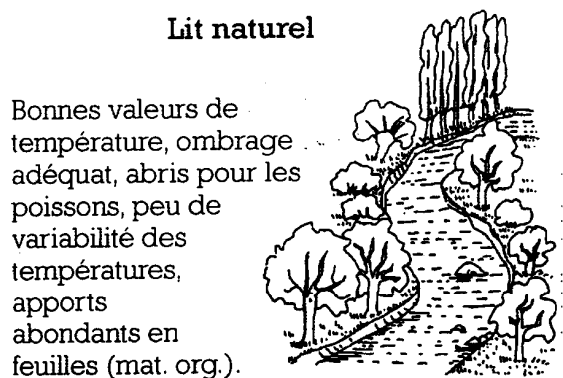
Les ouvrages transversaux de stabilisation diminuent la continuité en amont et aval et il y a également une réduction de la connectivité transversale entre le chenal et le lit majeur.

Ces éléments contribuent à la perte d'organismes aquatiques.

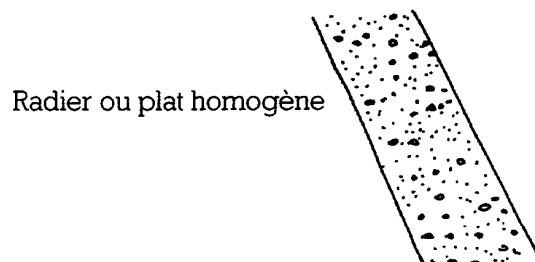
(Voir figures 2 et 3 : Schémas simplifiés des principaux impacts des aménagements en rivière)

Figure n°2

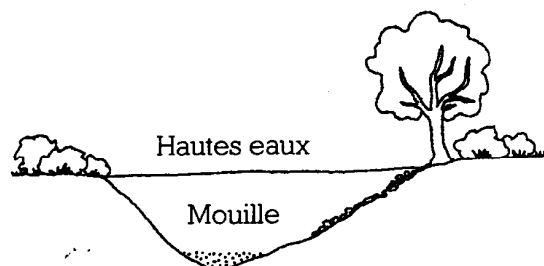




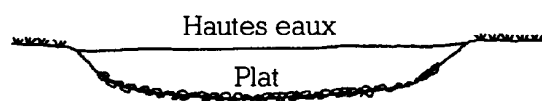
La granulométrie variée fournit un habitat diversifié pour les organismes aquatiques



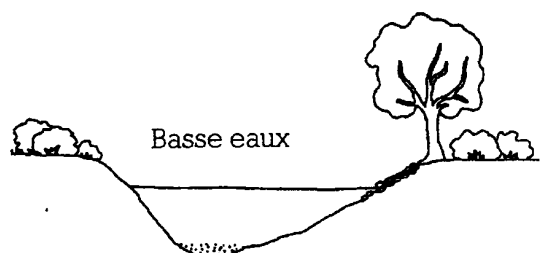
La faible diversité granulométrique réduit les types d'habitats; peu d'organismes aquatiques.



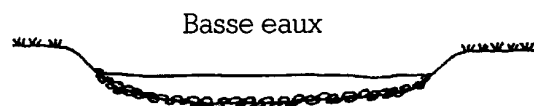
Vitesses d'écoulement variée selon les faciès, nombreuses zones de repos en bordure ou derrière les gros éléments



Vitesses souvent trop élevées pour un maintien des organismes aquatiques. Peu de zones de repos.



Profondeurs suffisantes pour les poissons et les autres organismes aquatiques en saison sèche



Profondeurs insuffisantes. Seules quelques espèces adaptées peuvent survivre

Figure n°3 : Comparaison entre la morphologie et les paramètres hydrodynamiques sur un segment naturel et chenalisé

D'après CORNING, 1975

1.2 RETROUVER UNE BONNE FONCTIONNALITE DES COURS D'EAU : UNE NECESSITE

L'augmentation de la demande de ressource en eau, l'intérêt porté aujourd'hui sur le patrimoine naturel et la biodiversité, l'augmentation de la perception de la qualité de l'environnement ont mis en évidence la nécessité d'une gestion durable et intégrée des hydrosystèmes.

Qualité de l'eau et maîtrise de la ressource hydrique

Une gestion durable de la ressource en eau s'avère indispensable pour l'alimentation en eau potable des populations humaines. Depuis le milieu des années 60, les progrès en technologie, du traitement des eaux, les normes plus sévères et une meilleure surveillance ont permis l'amélioration de la qualité de l'eau et notamment l'amélioration de la qualité des rejets. Des problèmes liés à la pollution subsistent sur beaucoup de point d'eau.

La maîtrise de la ressource hydrique en quantité suffisante est vitale pour maintenir un régime hydrologique écologiquement acceptable. Elle est à l'heure actuelle une source majeure de conflits entre utilisateurs, mais aussi entre décideurs. En effet, l'abaissement des niveaux d'étiage et des nappes alluviales compromet le maintien d'une ressource en quantité suffisante.

Patrimoine naturel et biodiversité

Les hydrosystèmes possèdent une très grande valeur en tant que patrimoine naturel. Ils présentent une forte biodiversité et constituent des habitats refuges pour de très nombreuses espèces. Des changements ont été induits par des interventions directes sur les lits fluviaux et des actions indirectes sur leurs bassins versants. Des espèces animales ou végétales ont disparu. Les paysages ont subi une diminution de leur diversité et de nombreuses zones ont perdu leur caractère dynamique et sauvage. Aujourd'hui, la pression est forte pour que soit limités les impacts écologiques des activités humaines.

Qualité de l'environnement

Le public est sensibilisé à la qualité de l'environnement. Il est attiré par des sites non pollués, tranquilles, riches en flore et en faune et de grande valeur paysagère. La valeur socio économique due aux potentialités récréatives : pêche, chasse, sports nautiques favorise la réhabilitation des hydrosystèmes.

1.3 LE CONCEPT DE RENATURATION POUR UN RETOUR AU BON ETAT ECOLOGIQUE DES COURS D'EAU

1.3.1 Les objectifs ambitieux de la directive cadre sur l'eau

La directive cadre sur l'eau 2000/60/ce du Parlement Européen et du Conseil du 23/10/2000 a pour objectifs environnementaux d'atteindre le bon état écologique de toutes les masses d'eau (rivières, lacs, eaux de transition, eaux côtières) sauf pour les masses d'eau artificielles ou profondément modifiées à l'horizon 2015.

Un problème de définition du bon état écologique est alors posé.

Tableau n°1 : Définition de l'état écologique (Annexe 5§1.2 directive 2000/60/ce)

Très bon état	Bon état	Etat moyen
<ul style="list-style-type: none">▪ Pas ou peu d'altérations des valeurs des éléments physico-chimiques et hydromorphologiques par rapport à des références par masses d'eau▪ Conditions et communautés faunistiques et floristiques caractéristiques des conditions de référence▪ Pas ou peu de distorsion	<ul style="list-style-type: none">▪ Les communautés faunistiques et floristiques ne s'écartent que légèrement de celles associées aux conditions non perturbées▪ Faible niveau de distorsion	<ul style="list-style-type: none">▪ Les communautés faunistiques et floristiques s'écartent modérément de celles associées aux conditions non perturbées▪ Signes modérés de distorsion

Cette directive ne donne pas les états de références auxquels elle fait allusion, et comme précisé au paragraphe 1.1, les cours d'eau non perturbés pouvant servir de référence sont très rares voire inexistants en Europe.

La traduction de la directive cadre dans les états membres peut inclure une définition de l'état de référence. Par exemple, c'est le cas en Allemagne, dans le Land de la Rhénanie du Nord Westphalie, il existe un document permettant d'évaluer un état de référence, mais cette évaluation n'est pas évidente.

1.3.2 La définition d'états de référence

L'état de référence peut être évalué à l'aide d'une typologie théorique.

La qualité écologique d'un milieu s'exprime par la qualité des peuplements en place. Elle correspond à la résultante de la qualité physique du milieu et de la qualité physico-chimique de l'eau. Cette qualité écologique varie naturellement des sources à l'embouchure en même temps que les conditions de milieu, notamment les conditions thermiques, trophique et morphodynamiques évoluent. D'après VERNEAUX (1973, 1976, 1977, 1982, ...), il existe dix types écologiques qui se succèdent le long d'un écosystème d'eau courante complet (des sources à la mer). Chacun d'entre eux se caractérise par un peuplement théorique, qui s'exprime de façon plus ou moins complète au plan local en fonction de raisons biogéographiques anciennes (colonisation historique des bassins versants) et de raisons récentes et/ou actuelles (altérations de la qualité du cours d'eau ou du secteur de cours d'eau). Chacun de ces peuplements théoriques représente le potentiel écologique du type auquel il est associé et la différence plus ou moins importante entre peuplement théorique et peuplement réel inventorié témoigne, hors raisons historiques, de l'importance des dégradations.

L'appréciation des potentiels écologiques passe donc généralement par une approche de la structure typologique des cours d'eau (Annexe 1) et par la définition des peuplements de référence. L'importance de l'altération de ces potentiels et par suite l'amplitude des améliorations escomptables découlent alors de données sur les peuplements actuels.

1.3.3 Le concept de renaturation pour un retour à un état de référence

Il n'existe pas une seule définition du concept de renaturation. Souvent, les termes de restauration, de réhabilitation, et de renaturation sont indifféremment utilisés pour qualifier toute intervention d'amélioration du fonctionnement des cours d'eau. Pourtant il existe une nuance qui n'est pas évidente en fonction des auteurs.

Quelques définitions :

La restauration est une intervention qui consiste par le seul jeu d'un abandon ou d'un contrôle raisonné de la pression anthropique à arrêter la dégradation d'un hydrosystème et à favoriser son retour à un état antérieur (Celui-ci étant considéré plus riche et plus intéressant). (Le Floch & Arronson, 1994)

La réhabilitation concerne les écosystèmes pour lesquels la dégradation a dépassé un seuil d'irréversibilité, c'est à dire qui ne peuvent revenir à un état antérieur même si le phénomène qui a causé la dégradation disparaît. Les techniques de réhabilitation demandent des interventions humaines lourdes de type génie écologique. (Le Floch & Arronson, 1994)

La restauration consiste à « assister » les composantes/processus abiotiques et biotiques d'un écosystème pour leur permettre de retrouver leur état antérieur aux interventions pénalisantes (Bradshaw, 1997)

Dans ce rapport, le terme de **renaturation** sera défini dans le sens de la réhabilitation selon Le Floch & Arronson, c'est à dire qu'il désignera une intervention humaine lourde visant un retour complet de l'hydrosystème à son état pré-perturbation, étant entendu que ces perturbations ont dépassé un seuil d'irréversibilité.

Par opposition, la restauration désignera des interventions plus légères, visant un retour partiel aux conditions pré – perturbation et ne sera pas traitée dans ce rapport.

CHAPITRE 2 DESCRIPTION TECHNIQUE DES OPERATIONS DE RENATURATION

Parmi les techniques de renaturation, le reméandrage constitue le moyen le plus complet de remédier aux impacts des recalibrages et rectifications, qui comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, ont touché la grande majorité des cours d'eau européens. C'est pourquoi cette technique sera plus particulièrement détaillée dans ce rapport.

2.1 LE REMEANDRAGE

2.1.1 Principe

Le principe du reméandrage est de redonner au cours d'eau ses anciennes caractéristiques de tracé en plan, de gabarit et de cote de fond.

2.1.2 Objectifs et résultats attendus

Les objectifs du reméandrage sont :

- Reconstituer l'hétérogénéité habitationnelle
- Réactiver la fonctionnalité du lit majeur pour des raisons écologiques (reconnection des annexes hydrauliques, restauration des possibilités de fraye hors du lit mineur, réalimentation locale de la nappe, limitation des vitesses de courant dans le lit mineur en période de crue...), pour des raisons hydrodynamiques (dissipation de l'énergie en hautes eaux), et pour des raisons hydrauliques (réactivation locale de zones d'expansion des crues). (Téléos, Cincle, 2001)

La typologie théorique de Verneaux (1977) permet également d'expliquer l'intérêt du reméandrage : Comme précisé au paragraphe 1.3, le recalibrage modifie les 5 paramètres qui influent le plus sur la répartition des espèces.

Pour revenir à une situation plus naturelle, il faut jouer sur ces paramètres :

La création de méandres entraîne une augmentation de la longueur du cours d'eau, et permet ainsi de ramener la distance à la source et de réduire la pente.

Le fait de redonner au lit ses dimensions d'origine permet d'agir sur la section mouillée, la largeur à l'étiage et donc, sur la température.

Les résultats attendus :

- Restauration d'un fonctionnement hydrodynamique et hydraulique plus naturel (un retour complet à l'état originel n'est pas possible)
- Réactivation de la fonctionnalité du lit majeur avec une augmentation de la fréquence et de la durée des débordements
- Restauration d'une hétérogénéité des hauteurs d'eau, des vitesses de courant et des substrats
- Restauration du rôle écologique du cours d'eau et de ses annexes hydrauliques, à condition que la qualité de l'eau ne constitue pas un facteur limitant.

Les avantages liés à ce type d'intervention sont majeurs : Le reméandrage permet une réhabilitation physique optimale au plan hydroécologique, la création d'une zone tampon en matière de propagation des crues vers l'aval et la limitation des phénomènes d'érosion associés au non-débordement (Téléos, Cincle, 2001)

Les inconvénients résident principalement dans de fortes contraintes au niveau foncier et dans l'impact éventuel sur les usages locaux.

2.1.3 Modalités opératoires

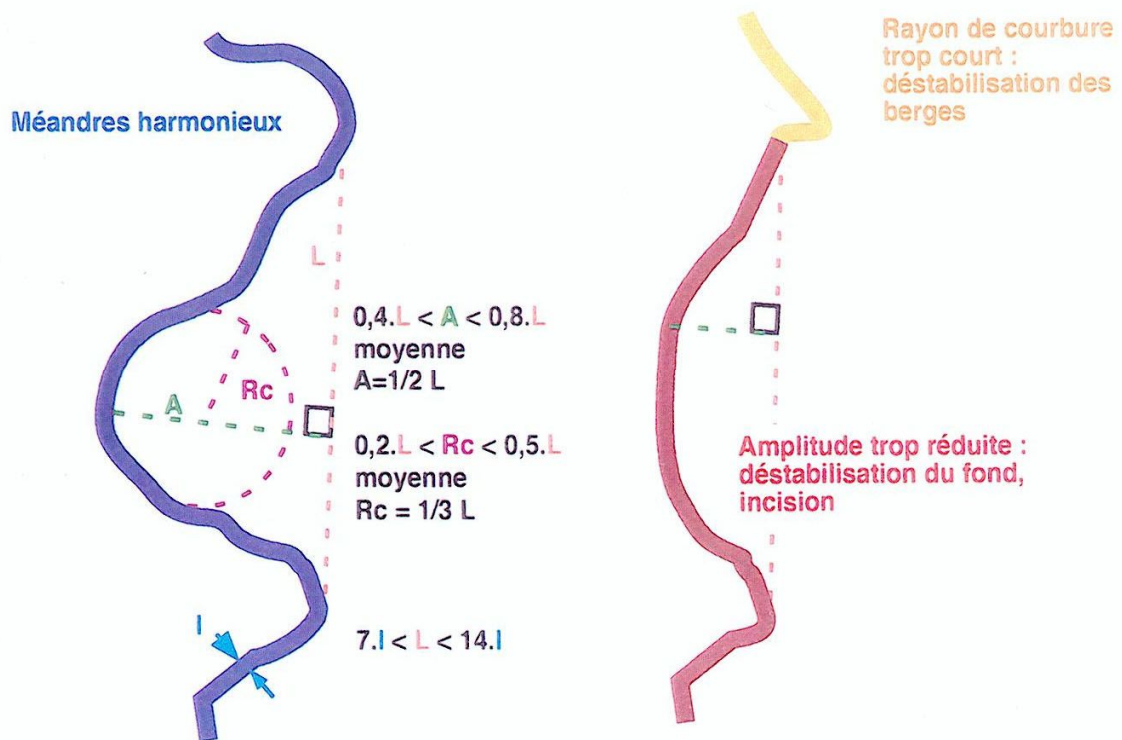
Choix du tracé

Il existe principalement deux manières de procéder :

- Le moyen le plus sûr de retrouver un cours d'eau fonctionnel, est de remettre celui-ci dans son lit naturel. La définition du tracé et le dimensionnement du lit se font alors sur la base des données historiques : plans, cote des berges et du fond ou profils transversaux antérieurs aux aménagements.
- L'autre manière de procéder, lorsque les données historiques ne sont pas connues est de recreuser un nouveau lit et recréer des méandres artificiels. La définition du tracé peut se faire par appréciation des sinuosités sur un cours d'eau aux caractéristiques semblables. En l'absence de cours d'eau de référence, il existe quelques règles de tracé harmonieux des méandres qui permettent d'approcher un certain équilibre dynamique. (figure n°4) Cette figure donne, à partir de nombreuses observations sur des cours d'eau peu modifiés, des ordres de grandeur des principaux paramètres de tracé en plan, mais l'hétérogénéité naturelle des cours d'eau ne permet pas d'en faire des règles universelles applicables à tous

hydrosystèmes. Il a été observé sur des cours d'eau non contraints, que la longueur d'onde (L) des méandres correspond généralement à 7 à 10 fois la largeur à plein bord, l'amplitude (A) des méandres correspond à 0,4 à 0,8 fois la longueur d'onde, et le rayon de courbure (Rc) correspond en principe, au tiers de la longueur d'onde.

Figure n°4 : Quelques règles de tracé harmonieux des méandres



Source : Téléos, Cincle, 2001

Dimensionnement du nouveau lit

Le bon dimensionnement du nouveau lit est la clé de la réussite des travaux de renaturation.

Le gabarit doit être légèrement inférieur au gabarit avant aménagement, de manière à ce que le cours d'eau puisse lui-même remodeler son lit, se créer un lit d'étiage, et créer des faciès d'écoulement variés.

Si les dimensions du lit avant recalibrage ne sont pas connues, le nouveau lit est généralement dimensionné avec une capacité équivalente au débit journalier de fréquence biennale (Q_2). En effet, sur les rivières naturelles, ce débit correspond globalement au débit de plein bord (Q_{pb}). Il est également appelé débit morphogène (SOGREAH, 1996) car ce sont les petites crues fréquentes qui permettent de remanier constamment le milieu et de créer des habitats variés.

Les formules de Hey et Thornes (1983) peuvent permettre de dimensionner le nouveau lit. (Annexe 2)

Remontée de la cote de fond

Il est impératif de supprimer tout réseau de drainage pour pouvoir remonter la cote de fond et permettre ainsi l'inondation régulière de la plaine alluviale.

Lorsque la renaturation ne concerne pas tout le linéaire du cours d'eau, il convient de protéger l'aval du tronçon réhabilité d'une érosion régressive due à la différence de niveau. Les techniques utilisées peuvent être des rampes en enrochement permettant le passage de toutes les espèces piscicoles ou des séries de petits seuils.

Devenir de l'ancien lit rectiligne

Le comblement du lit rectiligne permet d'éviter tous risques de capture lors des crues et tous risques de drainage du lit réhabilité par l'ancien lit rectiligne en période de basses eaux. Dans certains cas, l'ancien tracé rectiligne est partiellement conservé et prend alors des fonctions de bras morts, ce qui constitue un autre facteur de diversification des habitats.

Des protections sont parfois nécessaires aux intersections des deux tracés. Dans ce cas là il est important de choisir la technique la plus adaptée. Les techniques végétales, bien que ne faisant pas partie du fonctionnement naturel de l'hydrosystème sont souvent préconisées. Elles présentent l'intérêt d'apporter des habitats terrestres intéressants et d'avoir une meilleure intégration paysagère.

Déroulement des travaux

La préparation du lit réhabilité se fait à sec. La mise en eau du nouveau lit et le comblement du canal doivent se faire préférentiellement en période d'étiage, et en procédant de l'amont vers l'aval.

Entretien et suivi

Après un projet de renaturation, l'entretien est très réduit puisque le principe est de laisser travailler le cours d'eau de la manière la plus naturelle possible. Généralement, les actions se résument à un entretien des éventuelles protections de berge.

Dans la mesure où les travaux sont très coûteux, le suivi des résultats obtenus est primordial. Chaque gestionnaire développe sa méthode de suivi. Ces méthodes sont décrites à travers les exemples suivants.

2.1.4 Quelques exemples de réalisations

2.1.4.1 *Les premières expériences : le reméandrage du Sandbach (Allemagne), 1990*

Les premiers essais de renaturation présentait un certain nombre de défauts. Dans le cas de la Sandbach, les méandres étaient tous homogènes, ce qui est loin du fonctionnement naturel. Cet état présente toujours plus d'intérêt que l'ancien canal rectiligne, mais la diversification du lit n'a pas été optimum. L'évolution naturelle du cours d'eau et l'absence d'interventions majeures a permis de créer de nouveaux habitats. Aujourd'hui, une ripisylve intéressante a pu se développer, et des techniques de restauration diverses ont été appliquées à d'autres tronçons de ce cours d'eau (mise en place de déflecteurs).

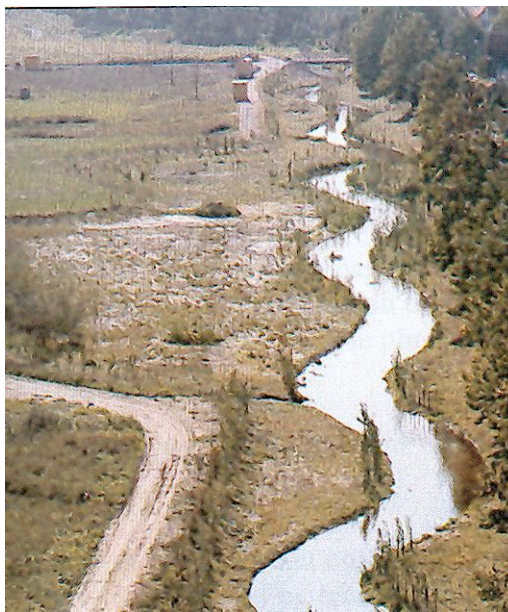


Photo n°1 : Le Sandbach après reméandrage

Source : Zweckverband Hochwasserschutz

2.1.4.2 *L'exemple du Drugeon (Département du Doubs, France), 1997*

Contexte

Le Drugeon s'écoule sur une longueur de 40 km dans le massif calcaire du Jura. A l'origine, son bassin versant, d'une superficie de 850 km², comptait 4000 ha de zones humides et une

mosaïque de milieux diversifiés, (tourbières, pelouses sèches, marais alcalins...) d'une très grande qualité écologique.

Dans un contexte socio-économique d'intensification agricole, un projet de « rectification » du Dugeon et de ses affluents a été adopté en 1961. Celui-ci avait pour but d'assainir les sols et d'évacuer les eaux le plus vite possible vers l'aval, afin de gagner 2000 ha de terres agricoles sur les marais et de limiter les inondations.

Le lit de la rivière a ainsi été réduit à un chenal rectiligne et 20% moins long qu'à l'origine. Les berges ont été protégées à l'aide de gabions.

Les aménagements entrepris en 1961 ont été très coûteux (9 millions de francs), et n'ont pas permis de gagner les 2000 ha de terres agricoles espérés (seuls 200 ha ont été effectivement gagnés). De plus, ces aménagements lourds ont accentué certains problèmes :

L'enfoncement du lit (de 60 cm à 1,80 m selon les endroits)

L'accentuation des crues et des étiages

La concentration des pollutions (rejets de l'élevage et des fromageries, rejets domestiques)

Le réchauffement de l'eau et la prolifération d'algues

Face à la dégradation du milieu, et à la relative inefficacité des aménagements, une prise de conscience progressive des usagers et des élus a conduit à la volonté de renaturer le Dugeon et sa vallée.

L'inscription en 1991 de la vallée du Dugeon au Programme LIFE a permis de définir les grands axes du projet :

Protéger les zones d'intérêt écologique

Restaurer l'hydraulique naturelle

Assainir la vallée (traitement des effluents)

Cette démarche a également été intégrée au SAGE Haut Doubs/ Haute Loue en 1993.

Déroulement des travaux

Les travaux ont débuté en 1997. Sur les 40 km de cours d'eau, 26 ont été reméandrés.

Le Dugeon a dans la mesure du possible été replacé dans son lit originel (Le maître d'ouvrage, Syndicat intercommunal du plateau de Frasne n'a pas obtenu la maîtrise foncière sur tout le linéaire).

Les caractéristiques du cours d'eau avant aménagement étaient bien connues, grâce aux travaux du professeur Jean Verneaux qui avait réalisé un diagnostic écologique complet avant la rectification du Dugeon. L'ancien lit a été recreusé, et le canal comblé. Les intersections

entre les deux tracés ont été protégées au niveau des berges et du fond. Le principe était de laisser le cours d'eau recréer seul ses différents faciès.

Suivi et résultats obtenus

Les résultats obtenus sont très variables selon les secteurs (Resch, Syndicat mixte-Vallée du Drugeon).

Qualité physique

L'IAM (Indice d'Attractivité Morpho-dynamique), est une technique mise au point par le Conseil Supérieur de la Pêche (délégation Rhône-Alpes, Lyon), qui mesure l'aptitude du cours d'eau à accueillir les populations piscicoles. Elle consiste à établir une carte des hauteurs d'eau, des vitesses de courant et des substrats, et à donner une note traduisant la qualité de l'habitat. Plus cette note est élevée, plus le cours d'eau peut accueillir de poissons en l'absence d'autres perturbations (qualité de l'eau). L'IAM a permis de mettre en évidence une augmentation sensible de la qualité de l'habitat au cours des premières années qui suivent la renaturation, avant d'atteindre un optimum morpho-dynamique au bout de 4 ou 5 ans.

D'autres paramètres sont suivis comme la température et les niveaux de la nappe. Là aussi une nette remontée du niveau de la nappe a été mise en évidence.

Qualité biologique

Les indicateurs de la qualité biologique qui ont été suivis sont les macro invertébrés par la méthode de l'IBGN, les poissons par des pêches électriques et les algues, en évaluant les espèces et le pourcentage de recouvrement.

Il en ressort que la densité de poissons qui était inférieure à 50 kg/ha en 1994 est aujourd'hui comprise entre 350 et 400 kg/ha. C'est une progression spectaculaire mais qui n'est pas encore à la hauteur des attentes. Concernant les macro invertébrés, les notes IBGN varient de 13 à 19/20 en fonction des secteurs. Une note de 13 est assez décevante pour un cours d'eau renaturé.

Plusieurs facteurs permettent d'expliquer ces écarts entre les résultats attendus et les résultats observés. Tout d'abord des problèmes de qualité d'eau. Le traitement des effluents domestiques de neuf communes par une nouvelle station d'épuration n'a débuté qu'en 1999. Les scieries présentes sur le bassin utilisent des phytosanitaires hautement toxiques qui empêchent le retour des espèces les plus polluo sensibles. Ensuite, certains secteurs de cours d'eau ont été surdimensionnés. Il n'a pas été tenu compte de l'évolution des apports en eau. Le cours d'eau prend plus de temps que prévu pour recréer ses faciès. Enfin, un facteur temporel directement lié à la durée des travaux intervient : Les travaux ont débuté en 1997,

mais la plus grosse partie a été réalisée pendant les années 2000 et 2001, les travaux sur les affluents se sont déroulés en 2003, et la diversification du lit dans les secteurs urbains ou agricoles n'a débuté qu'en 2004. L'optimum morpho dynamique n'est donc pas encore atteint dans certains secteurs, puisqu'il faut compter 4 ou 5 ans

Budget et financements

La correction des erreurs du passé a un coût très lourd, puisque 17 millions de francs ont été engagés pour la renaturation du Drugeon. De nombreux partenaires financiers ont été associés au projet : Conseils généraux et régionaux, Agence de l'eau, DIREN, DDAF, commission européenne, CPIE, CSP, fédération de chasse, ministère de l'agriculture, syndicat mixte Saône – Doubs, conservatoire des sites naturels, agence foncière, certaines entreprises spécialisées.

2.1.4.3 La rivière Cole, Grande Bretagne, 1995

Contexte

La rivière Cole, située à Coleshill, (Oxon/Wilts border) en Grande Bretagne, a été rectifiée et recalibrée au 17^{ème} siècle pour faciliter le fonctionnement des moulins, puis a été élargie à nouveau dans les années 1970 afin de limiter les inondations de terres agricoles. En 1995, un nouveau chenal a été créé sur une longueur de 700 m, destiné à restaurer les méandres et la fréquence des inondations.

Déroulement des travaux

Choix du tracé

La volonté n'était pas de remettre le cours d'eau dans son ancien lit. Les méandres ont été disposés de manière à conserver les saules déjà en place, et de manière à répartir équitablement, de chaque côté de la rivière, les terrains gagnés et perdus. (voir photo n°2).

La partie aval, est restée plus rectiligne afin d'éviter la destruction d'une prairie à fritillaires, et afin de faciliter l'implantation d'une roselière en aval de la confluence avec le ruisseau de Raglan.



Photo n°2 : Vue aérienne du tronçon renaturé, juillet 1996 (un an après les travaux)

The River restoration Center: Manual of River restoration Techniques

Remontée de la cote de fond

Le lit de la rivière a été rehaussé de 1 m, hauteur maximum permettant l'écoulement de l'eau depuis le vieux moulin (voir figure n°5, profil en long). Idéalement, la pente du nouveau lit aurait du être semblable à celle de la plaine inondable (de l'ordre de 6‰), mais pour limiter la hauteur de chute en aval du tronçon renaturé, celle-ci a été accentuée. Un passage à gué en pierre a été installé en amont du tronçon pour éviter une érosion progressive.

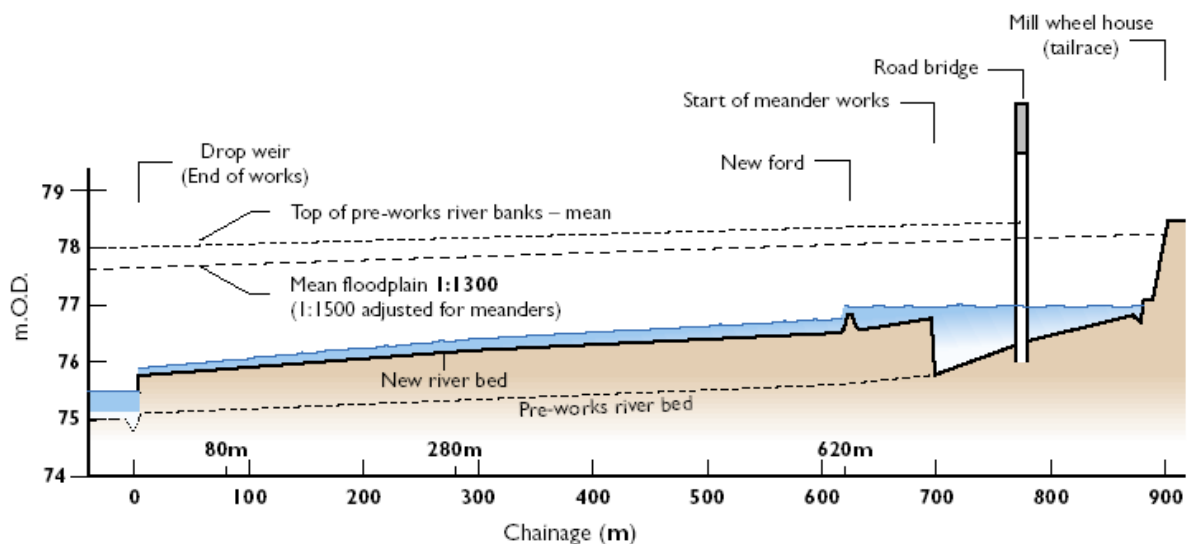


figure n°5 : Profil en long du tronçon renaturé de la rivière Cole

The River restoration Center: Manual of River restoration Techniques

Dimensionnement

- Une étude géomorphologique a déterminé les dimensions idéales du lit. L'ancien lit étant beaucoup plus profond, les berges ont dû être abaissées de 40 cm en moyenne par rapport à la cote de la plaine alluviale.
- Au niveau des coudes, le profil en travers de la rivière a été réalisé de manière asymétrique. Des fosses ont été creusées à une cote inférieure à la cote moyenne de manière à ce qu'elles restent toujours en eau.

Devenir de l'ancien lit

Les protections de berges réalisées dans les années 1970 ont été enlevées. L'ancien chenal rectiligne a en grande partie été comblé, mais certains secteurs ont été conservés pour servir de bras morts.

Suivi et Résultats obtenus

Les crues sont arrivées très vite après la fin des travaux, ce qui a facilité la reconstitution du lit et d'un substrat diversifié (graviers, et sable ont été déposés). Les berges verticales ont été érodées, les fosses creusées.

Après deux années, une végétation pionnière commençait à s'installer dans le lit.



Photo n°3 : Nouveau lit deux ans après les travaux, mars 1997

The River restoration Center: Manual of River restoration Techniques

2.1.4.4 La renaturation des cours d'eau du bassin versant du lac du Bourget

Contexte

Ces études ont été réalisées en 2001 par les bureaux d'études Téléos et Cincle, dans le cadre du contrat de bassin versant du lac du Bourget. Elles s'intéressent aux cinq sous bassins versants alimentant le lac et à leurs 16 principaux cours d'eau, et proposent un grand nombre de projets de renaturation par reméandrage. Pour chaque tronçon, plusieurs options de gestion sont proposées comme la restauration par création d'un lit moyen et d'un lit d'étiage différenciés (technique visant à concentrer les débits sur une surface mouillée de faible largeur sans modifier la capacité hydraulique et la cote de fond).

Exemple d'intervention préconisée

Reméandrage de la Deisse amont sur une longueur de 3212 mètres. (figure n°6 p. 28)

Si l'option du reméandrage est retenue, le dimensionnement devra tenir compte de la présence de ponts, et la cote de projet devra être adaptée à la capacité hydraulique.

Le choix des options se fera en fonction des bénéfices apportés, mais le coût de l'opération peut être déterminant. Le reméandrage est souvent la technique la plus efficace en terme de renaturation, et son coût n'est pas forcément plus élevé que les techniques de restauration (Voir annexe 3 : Récapitulatif chiffrés des interventions préconisées).

Suivi des opérations

Une méthode de suivi de la qualité physique a été définie. Elle consiste à apprécier quatre composantes de la qualité physique : l'hétérogénéité, l'attractivité, la connectivité et la stabilité, et à donner un score de qualité physique. (Voir annexe 4)

Interventions préconisées sur la Deisse amont - option haute

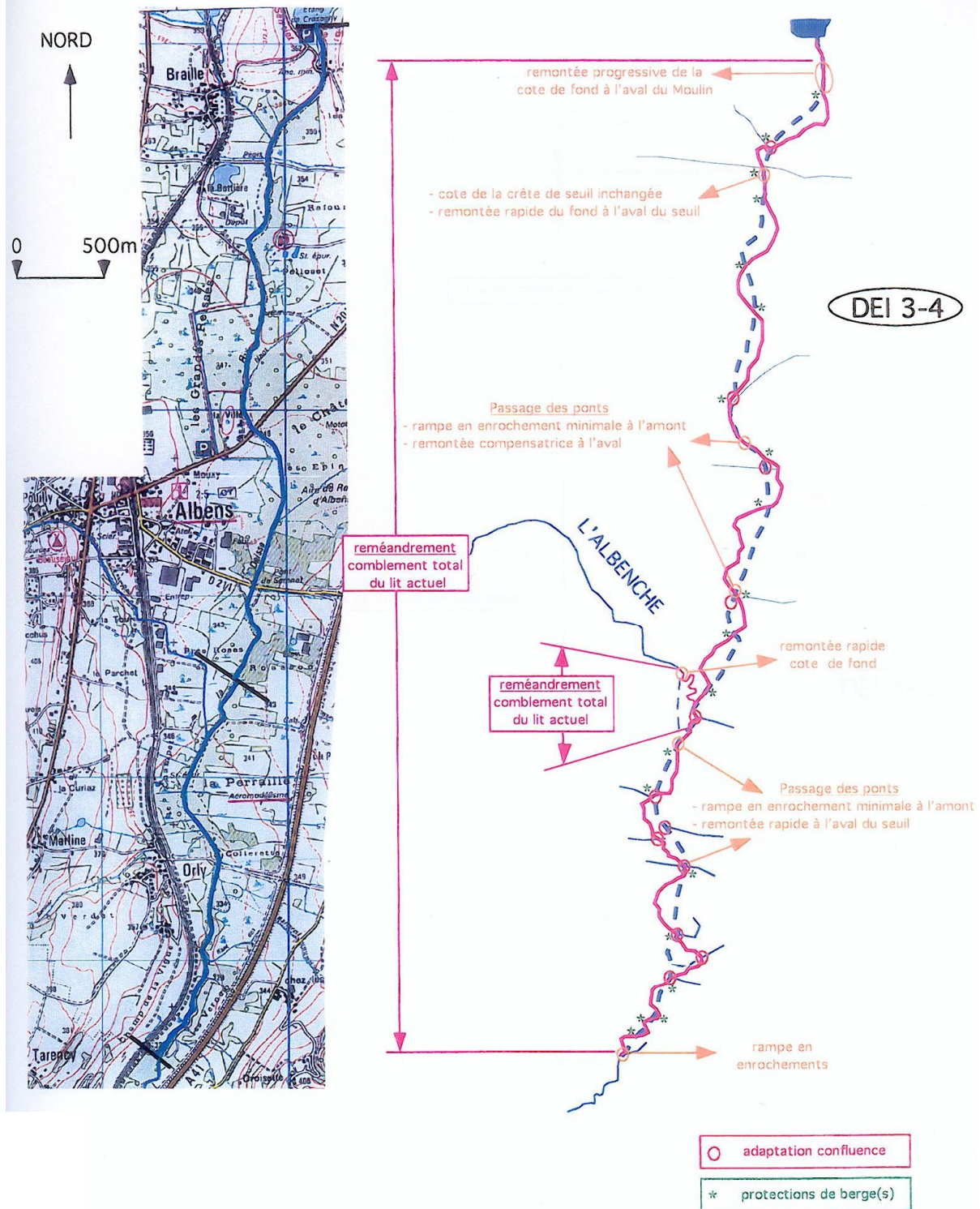


Figure n°6 : Projet de reméandrage de la Deisse
Téléos, Cincle, 2001

2.2 REMISE A CIEL OUVERT DES COURS D'EAU ENTERRES

Le passage des cours d'eau dans des buses lors de la traversée de zones à forte pression anthropique (zones urbaines, d'agriculture intensive, zones industrielles) a été une pratique courante pendant la deuxième moitié du XX^{ème} siècle. Les objectifs étaient de réduire les risques d'inondation, d'augmenter l'espace disponible pour le développement urbain, industriel ou pour les cultures. La perte de l'habitat, l'aspect paysager et le potentiel de stockage des eaux de surface n'étaient absolument pas pris en compte.

Exemple de la rivière Ravensbourne, Grande Bretagne (GB)

Contexte

Cette rivière est un affluent de la Tamise. Le secteur renaturé concerne une zone de parc ouvert au public. A cet endroit, la rivière s'écoulait dans une buse d'une longueur de 300 mètres pour un diamètre de 1 mètre. Cette buse servait également de réceptacle à d'autres drains plus petits qui existaient avant l'aménagement du parc.

Le coût de la maintenance de l'ouvrage, relativement élevé, et la nécessité d'augmenter les zones d'expansion des crues ont conduit à la décision de remettre le cours d'eau à ciel ouvert. La remise à ciel ouvert constituait une excellente opportunité de retrouver des habitats aquatiques et rivulaires variés, ainsi qu'un fonctionnement plus naturel du cours d'eau. C'était également un bon moyen d'informer et de sensibiliser le public fréquentant le site aux bénéfices des travaux de renaturation.

Déroulement des travaux

Choix du tracé

Les travaux se sont déroulés au printemps de l'année 2000. L'enlèvement de la buse dont le linéaire était rectiligne ne suffisait pas au retour à un état naturel du cours d'eau. Un tracé sinueux a été redonné à la rivière sur la base de données historiques, de considérations hydrauliques et morphologiques et en tenant compte des contraintes (fréquentation du site et présences de réseaux souterrains de gaz, eau, électricité). Le nouveau tracé est ainsi 12,5% plus long que la buse. Deux courtes portions de l'ouvrage ont été conservées pour permettre le passage de véhicules.

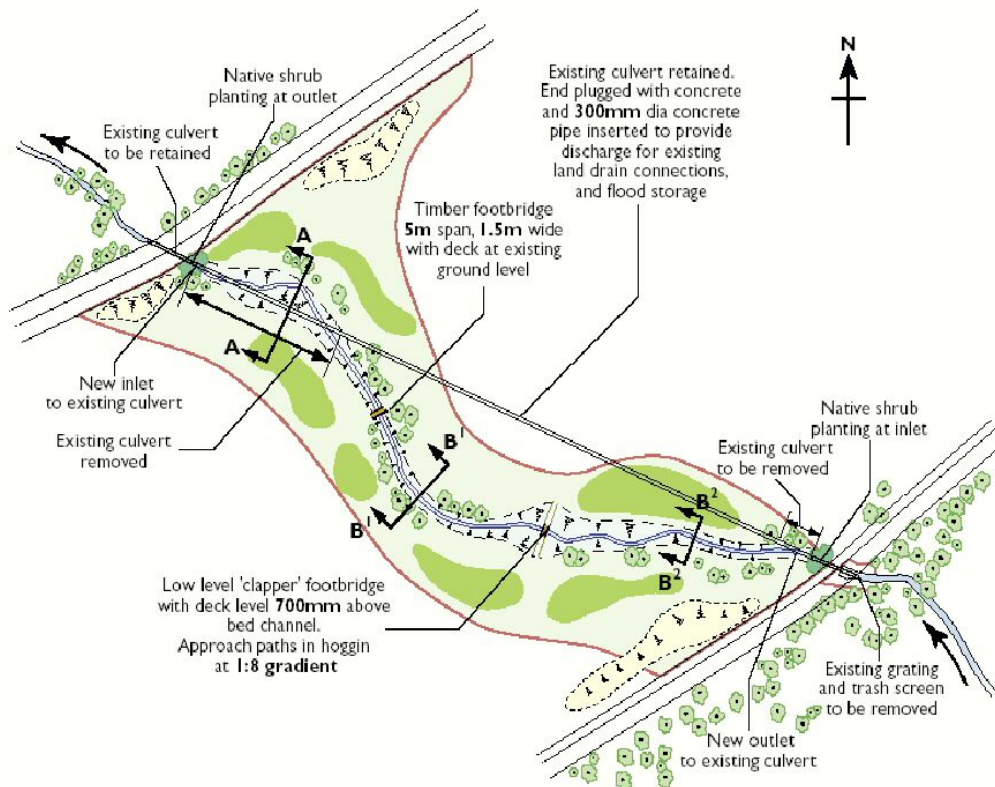
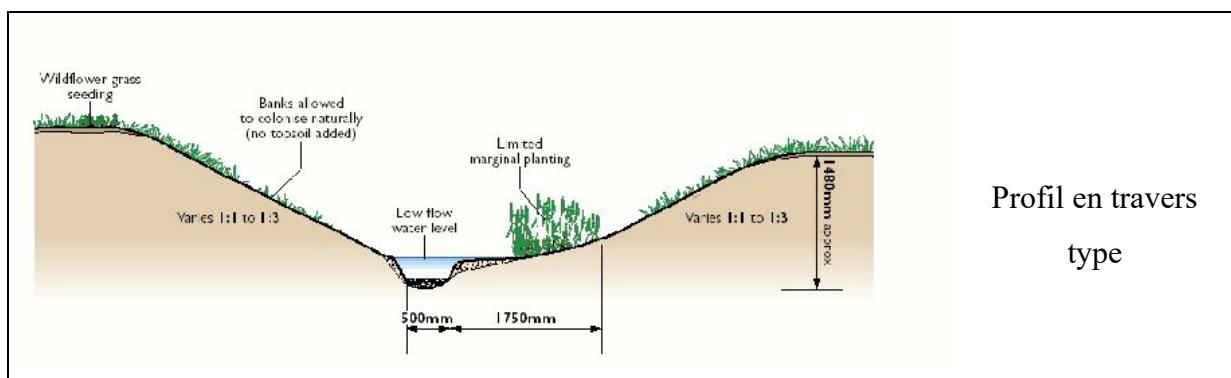


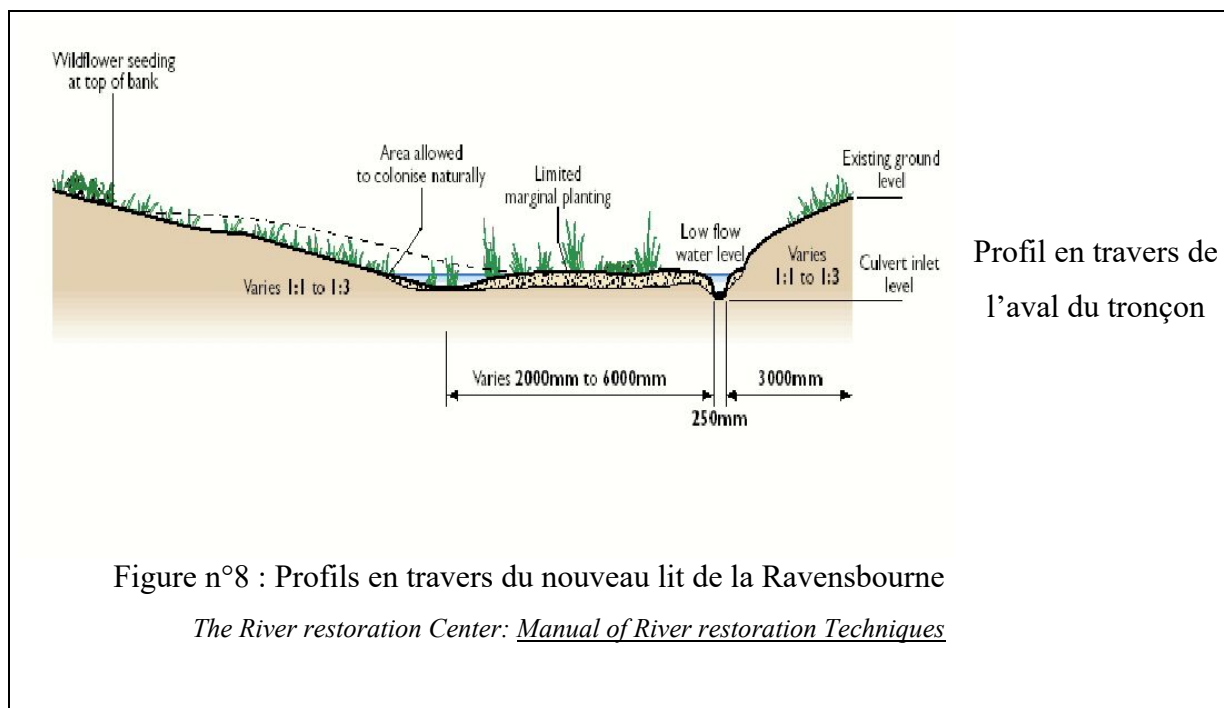
Figure n°7 : Plan du nouveau lit de la Ravensbourne

The River restoration Center: Manual of River restoration Techniques

Dimensionnement

Le dimensionnement du lit et les profils en travers ont été définis de manière à répondre aux objectifs suivants : avoir un cours d'eau peu profond et des berges accessibles (figure n°8). Les pentes des berges et la largeur du lit sont variées. L'apport de graviers en excès permet au cours d'eau de recréer lui-même ses faciès. Un élargissement du lit en fin de tronçon a été prévu pour piéger les sédiments avant le retour du cours d'eau dans la partie busée.





Aménagements annexes

La terre végétale n'a volontairement pas été redéposée au bord du lit pour ne pas trop fertiliser le milieu et ainsi permettre l'implantation d'espèces sauvages pionnières en provenance de l'amont. Une bande de terrain entre la partie du parc engazonnée et les berges a étéensemencée avec une faible densité de graminées sauvages. Cette opération a constitué un compromis entre les attentes du public (effacer rapidement les traces des travaux), et le libre cours au processus naturel de colonisation.

Résultats obtenus

Peu de temps après les travaux, le cours d'eau avait recréé des faciès d'écoulement intéressants avec des alternances de radiers et de mouilles. Les plantations ont souffert d'une ouverture au public un peu prématurée et ont mis plus de temps que prévu pour former un couvert continu. Les espèces sauvages ont été disséminées le long du cours d'eau, et des habitats rivulaires intéressants commencent à se former. Le suivi des invertébrés et des poissons a montré une évolution (augmentation de la densité des populations) qui devrait se poursuivre avec la maturation du système.

Ces aménagements ont également entraîné une augmentation de l'attractivité du site, et de son intérêt paysager et récréatif.



Photo n°4 : Nouveau tracé sinueux du Ravensbourne



Photo n°5 : Nouveau lit du Ravensbourne

2.3 ARASEMENT DES BARRAGES ET DES SEUILS

L'irrigation et l'alimentation des moulins ont justifié la construction des seuils. Aujourd'hui les moulins ont cessé leurs activités et les terres sont rarement irriguées grâce aux seuils. De même, la question de l'enlèvement des ouvrages peut se poser pour les barrages dont l'activité a cessé ou qui ne sont plus rentables ou lorsque les dégradations sur l'hydrosystème sont trop fortes et qu'il existe une réelle volonté de le renaturer.

Il est important de prendre toutes les précautions nécessaires lors de la vidange de la retenue afin d'éviter que les sédiments relargués ne colmatent durablement les habitats aquatiques situés en aval. Si toutes les précautions sont prises pour empêcher ce risque majeur, les bénéfices écologiques se font rapidement sentir : La suppression d'une barrière physique peut réouvrir l'accès à des zones de frayères pour les poissons. Le retour à des conditions

hydrologiques plus naturelles favorise une récupération de la structure des peuplements. La continuité des transports solides est également restaurée, et la qualité de l'eau est améliorée (limitation du phénomène d'eutrophisation lié au réchauffement de l'eau).

En France, trois barrages ont dors et déjà été arasés : celui de Kernansquillec dans les côtes d'Armor, Maisons-Rouges en Indre et Loire, et Saint Etienne du Vigan dans le Haut Allier.

Des seuils ont également été détruits.

Exemple de la suppression d'un seuil sur le Missezon en Suisse (CH)

Les travaux ont été réalisés en 2000 dans le but de rétablir la continuité amont aval et la libre circulation des poissons, et se sont chiffrés à 6000 francs suisses.



Photo n°6 : Vue du seuil avant les travaux

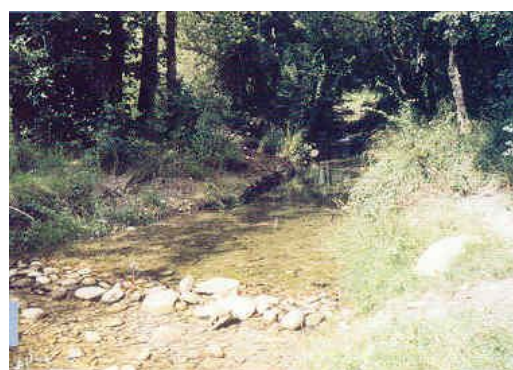


Photo n°7 : Vue après les travaux

Photos :DIA (Direction de l'Intérieur, de l'Agriculture, de l'Environnement et de l'Energie, Canton de Genève)

Ces exemples soulignent un point important : Les travaux de renaturation concernent souvent de courts tronçons. En effet, rares sont les cours d'eau exempts de contraintes socio-économiques et pouvant bénéficier d'interventions sur tout leur linéaire. La question de l'intérêt de reméandrer seulement des tronçons de cours d'eau peut être posée. Mais au vue des gains en terme de biodiversité, de reconstitution des peuplements aquatiques, et de la ressource en eau, il apparaît que la renaturation, même sur de courts tronçons doit pouvoir se faire chaque fois que cela est possible. L'idéal étant bien-sûr de considérer le système dans son ensemble pour pouvoir se rapprocher le plus possible de son état originel.

CHAPITRE 3 MISE EN ŒUVRE DES OPERATIONS DE RENATURATION DANS LES PAYS EUROPEENS

Ce chapitre a pour but de donner une idée des politiques de gestion de l'eau, plus ou moins favorables, selon les cas, au développement de projets de renaturation, en établissant un bilan des projets de renaturation en Europe. Des champs d'études sont ouverts dans les différents pays, mais la classification des écrits relève de l'initiative locale et leur mise à disposition à l'échelle européenne ne semble pas formalisée, ce qui peut constituer un obstacle à la mise en commun des connaissances. Ce bilan est donc non exhaustif compte tenu des difficultés d'obtention des informations concernant les actions dans les différents pays européens.

L'ECRR (European Center for River Restoration) a été créé en 1995 dans le but de coordonner des projets pilotes entre Danemark et Royaume Uni. En 1999, d'autres pays ont été impliqués. Le rôle de ECRR est aujourd'hui de soutenir les projets de restauration des rivières en mettant en relation les acteurs travaillant sur cette question.

ECRR distingue au moins trois groupes de pays dont les problématiques et les philosophies de gestion des rivières sont différentes. Ces pays diffèrent en fonction du climat et du type de cours d'eau associé, en fonction de la culture, du développement économique et des expériences en matière de renaturation des cours d'eau.

Un quatrième groupe composé de l'Allemagne et de la Suisse, peut être dégagé, car ces pays ont été les pionniers de la renaturation des cours d'eau et possèdent aujourd'hui une expérience plus importante dans ce domaine.

3.1 LA SUISSE ET L'ALLEMAGNE : PIONNIERS EN MATIERE DE RENATURATION

Ces deux pays ont commencé à réaliser des projets de renaturation dès le début des années 1990, voire la fin des années 1980. Cette politique précoce de renaturation est sans doute liée à l'extrême état de dégradation des cours d'eau suisses et allemands. En effet, les rivières ont été fortement rectifiées dès le 18^{ème} siècle. Aujourd'hui, les cours d'eau typiques dans ces pays sont recalibrés, canalisés, endigués, bétonnés.

La Suisse

La Suisse possède une politique de renaturation des cours d'eau particulièrement forte, ce qui a favorisé la réalisation de nombreux projets de renaturation. C'est grâce à l'initiative des associations environnementales et aux revendications répétées des pêcheurs, témoins privilégiés de la dégradation des rivières que des mesures ont été prises par les collectivités. En décembre 1997, le Conseil d'Etat mentionnait la renaturation des cours d'eau parmi les actions prioritaires à entreprendre. Le programme de renaturation des cours d'eau genevois, détaillé dans le rapport du Conseil d'Etat RD 312 du 14 janvier 1999, prévoit des plans d'action pour les 14 rivières du domaine public du Canton de Genève. Les plans d'actions décrits dans les fiches rivières relatives à chaque cours d'eau ont été suivis. A l'exception des travaux à caractère transfrontalier, la quasi totalité des travaux a été effectué.

Remise à ciel ouvert de cours d'eau

Cours d'eau	Date	Coût	Mandataires
Chambotton	1999	390 000 CHF	GEOS Ingénieurs Conseils ECOTEC Environnement
Seymaz	2000	840 000 CHF	GEOS Ingénieurs Conseils BIOTEC Biologie Appliquée
Bistoquette	1998	912 000 CHF	B + C Ingénieurs SA

Suppression d'un seuil sur le Missezon en 2000

Suppression de nombreuses protections de berges, gabions, murs dans le but de rétablir la dynamique alluviale de la rivière en lui permettant de divaguer à nouveau.

Versoix en 1999, Allondon en 2001

Des projets de décanalisation de certains cours d'eau sont en cours :

La Versoix, l'Aire, la Seymaz et la Drize



Photo n°8 : Secteur canalisé de la
Versoix



Photo n°9 : Secteur canalisé
de l'Aire



Photo n°10 : Secteur canalisé
de la Seymaz

A tous ces travaux de renaturation, il faut ajouter les nombreux travaux de restauration qui consistent généralement à revitaliser un segment de cours d'eau, supprimer les protections de berges ou installer des passes à poissons pour restaurer la libre circulation.

Globalement, des milliers de mètres cubes de gabions ont été enlevés, des centaines de murs démolis, et plusieurs cours d'eau remis à ciel ouvert. Des caches à poissons, des frayères pour les truites et des habitats humides pour la faune et la flore ont été aménagés. Plus d'une centaine d'hectares de zones humides ont été créés.

Ces actions ne concernent que le canton de Genève. De nombreuses autres actions sont menées à travers le pays comme par exemple le reméandrage de la Cornoline dans le canton du Jura, et la revitalisation de nombreux cours d'eau.

L'Allemagne

L'Allemagne a été un pionnier de la renaturation des cours d'eau en Europe. Ces projets anciens n'ont pas été parfaits, mais ils ont permis d'améliorer les connaissances du fonctionnement des hydrosystèmes et les techniques ont été perfectionnées et s'améliorent encore au fil des expériences.

Aujourd'hui, l'Allemagne n'en est plus à ses premiers essais. De nombreux projets de renaturation ont été réalisés avec des résultats excellents. On peut citer par exemple le cas de l'Isar, rivière pré-alpine traversant la ville de Munich. 8 km de ce cours d'eau ont été renaturés en 2000.

Enfin, le plus ambitieux des projets de renaturation est actuellement en phase de se concrétiser. Il concerne le bassin versant de l'Emscher, bassin très industrialisé, situé dans la région de la Ruhr. Le projet s'inscrit dans un cadre plus large de renaturation du parc de

l'Emscher suite à l'arrêt de l'exploitation minière et de la majorité des industries. De gros efforts ont déjà été réalisés pour lutter contre la pollution. Il reste à redonner un caractère naturel à ce cours d'eau. Le projet prévoit la renaturation de 300 km de rivière. Jamais des travaux de renaturation n'avaient été d'une telle ampleur.

3.2 PAYS NORDIQUES ET PAYS OCCIDENTAUX : LA VOLONTE D'UNE POLITIQUE DE RENATURATION

Comme l'Allemagne et la Suisse, ces pays ont, dans une moindre mesure, chenalisé un grand nombre de cours d'eau. Des projets de renaturation ont vu le jour mais restent souvent des projets pilotes, et sont assez peu nombreux.

La Suède :

Les premiers travaux de renaturation ont été réalisés en 1990 sur la rivière Helge. Ce site expérimental a permis de tester diverses méthodes de restauration et de renaturation des cours d'eau, et permet aujourd'hui l'information du public. D'autres travaux de renaturation ont été engagés par la suite, comme par exemple la remise à ciel ouvert de la rivière Klammersbäck en 2001.

Le Danemark :

Un projet d'envergure a été initialisé en 1999 sur la rivière Skjern. Il concerne 2200 ha de zones humides et une vingtaine de kilomètres de cours d'eau. Ce projet a coûté 40 millions d'euros. D'autres projets importants ont été réalisés : La renaturation de la rivière Brede, et les têtes de bassin de la rivière Gudena.

La France :

La Drugeon a constitué un projet phare, mais pas d'autres travaux de type reméandrage n'ont été effectués sur un linéaire aussi important. Cependant, le projet de renaturation des cours d'eau du bassin versant du lac du Bourget paraît prometteur.

L'arasement de trois barrages français en 1996 et 1998 a constitué un élément important en terme de restauration du continuum fluvial et de la libre circulation des poissons.

Quelques projets de remise à ciel ouvert sur de courts tronçons de rivières ont vu le jour : On peut citer le cas du Goas Lagorn sur la commune de Lannion dans les côtes d'Armor, ou celui de l'Ondaine dans le département de la Loire.

La Grande Bretagne :

De nombreux projets de tous types, reméandrage, remise à ciel ouvert... ont été réalisés et sont décrits dans l'ouvrage de « The European River Center Restoration »

Ainsi, les expériences en Europe occidentale commencent à être nombreuses.

La nécessité de renaturer les cours d'eau est aujourd'hui admise, et devrait être confortée par le cadre législatif.

Pour que les politiques de renaturation des cours d'eau soient efficaces, il est important en parallèle, de ne pas continuer à dégrader les hydrosystèmes. Les différentes directives européennes doivent être cohérentes de manière à ne plus subventionner des travaux conduisant à la chenalisation des cours d'eau.

Pour parvenir à l'acceptation d'un projet de renaturation, il faut tout d'abord en montrer les bénéfices sociaux, informer et impliquer les acteurs et le public, intégrer les intérêts des différents acteurs et apporter des solutions pour pallier aux éventuels problèmes que le projet peut représenter pour eux.

3.3 L'EUROPE MEDITERRANEENNE : DOMINANCE D'UNE PHILOSOPHIE D'EQUIPEMENT DES RIVIERES

La problématique de la gestion de l'eau au sein de l'Europe méditerranéenne est très liée aux variations climatiques qui entraînent des étiages particulièrement sévères et des crues brutales et dévastatrices. L'irrigation intensive aggrave encore les étiages. Ces pays, notamment, l'Espagne comptent de très nombreux barrages qui modifient le régime hydrologique et les habitats aquatiques. Aussi, la renaturation de tels cours d'eau n'est pas envisageable compte tenu de la densité de ces barrages. Seules des restaurations partielles peuvent être effectuées. En effet il n'est pas question de démanteler les barrages qui servent à l'alimentation en eau potable, l'irrigation ou la production d'énergie hydraulique, mais il est plutôt question, en

Espagne, de poursuivre l'équipement des rivières. Cette dominance d'une philosophie d'équipement des rivières empêche le développement de techniques alternatives plus respectueuses du fonctionnement des hydrosystèmes. Les approches inter disciplinaires ne sont pas suffisantes. Il reste quelques rivières d'un grand intérêt qui ont été peu modifiées, mais les moyens de protection pour ces rivières sont insuffisants, et elles peuvent à leur tour être menacées.

De nombreuses espèces de poissons endémiques des régions méditerranéennes tendent à disparaître, supplantées par les espèces exotiques. La chenalisation, l'influence des barrages et l'incision des lits fluviaux ont entraîné un dépérissement des forêts alluviales.

Les objectifs prioritaires de gestion des cours d'eau dans les pays méditerranéens seraient tout d'abord d'éviter que les fonds européens ne soient utilisés pour augmenter encore la chenalisation des cours d'eau, et de promouvoir l'utilisation de ces fonds pour une gestion intégrée qui inclurait des projets de restauration et de renaturation.

Une restauration partielle de la dynamique des cours d'eau en travaillant sur la gestion des barrages serait souhaitable, ainsi qu'un travail d'éducation et de sensibilisation du public.

Pour se faire, la collaboration entre les différents acteurs de l'eau est indispensable.

3.4 L'EUROPE DE L'EST : UNE POLITIQUE DE CONSERVATION DES COURS D'EAU PEU MODIFIES

Un développement incontrôlé entraîne une forte pression sur les rivières et plus généralement sur l'environnement. La construction de stations d'épuration contribue à améliorer notablement la qualité de l'eau. Mais de nombreuses rivières sont restées peu modifiées et c'est une chance. Le risque pour ces pays nouvellement entrés dans l'union européenne serait d'utiliser les subventions pour des travaux conduisant à la chenalisation des rivières.

Les solutions de gestion préconisées pour ces pays sont tout d'abord d'adapter une approche intégrée à petite échelle et de donner la priorité à la conservation des rivières naturelles car la restauration des sites dégradés risque d'avoir un coût très élevé. La sensibilisation du public peut contre-balancer la philosophie du « tout équipement ». Le développement de connaissances en hydro-écologie, comme par exemple, le rôle des petits cours d'eau sur la rétention des crues, plutôt que de privilégier les aménagements de protection est une approche fondamentale sur laquelle il faut travailler.

Les objectifs de ECRR en Europe de l'Est sont de promouvoir une approche intégrée dans l'occupation des sols, de réaliser un inventaire des rivières d'intérêt et des sites à grand potentiel écologique, de créer un manuel de bonnes pratiques, et de développer des projets pilotes en Europe de l'Est.

CONCLUSION

Malgré des bénéfices écologiques et paysagers indéniables, la mise en œuvre des projets de renaturation peut s'avérer longue et délicate. En effet, outre les difficultés liées aux moyens techniques et aux travaux eux-mêmes, la renaturation nécessite des interventions humaines lourdes ayant un réel impact sur le plan économique, et un impact éventuel sur les usages.

La renaturation des cours d'eau étant aussi bouleversante pour le paysage et les activités que l'avaient été les aménagements au siècle dernier, elle ne peut se faire sans un large consensus. Communes, propriétaires privés, usagers et milieux associatifs doivent étroitement participer à chaque projet. La protection des biens et des personnes contre les crues, le paysage et la nature doivent y gagner sans que l'agriculture n'y perde, et le résultat doit être un gain pour tous en qualité de vie. (Cramer, 2001)

Les travaux de renaturation doivent être accompagnés d'une politique volontaire et de financements adéquats. La loi communautaire, notamment à travers la directive cadre sur l'eau, va dans le sens d'un développement de ces projets et incite les états membres à mettre en place les principes de renaturation.

BIBLIOGRAPHIE

LIVRES

- AMOROS C., PETTS G.E., 1993, -Hydrosystèmes fluviaux- Paris, MASSON, 300 pages
- BARIL D., 2000, -Milieu aquatique et documents d'incidences- Paris, Conseil Supérieur de la pêche. 316 pages.
- MALAVOI JR, MARIDET L, SOUCHON Y, PAULIN L, WASSON JG, 1998, -Impacts écologiques de la chenalisation des rivières-, Cemagref, Lyon, 158 pages.

DOCUMENTS ET OUVRAGES

- DEPARTEMENT DE L'INTERIEUR, DE L'AGRICULTURE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE L'ENERGIE, août 2001, -Renaturation des rivières genevoises-bilan de 4 ans d'actions, 1997-2001-, Genève - Suisse, 35 pages
- DESS IHCE, avril 2001, Rapport du voyage d'études du 18 mars au 6 avril 2001
- DESS IHCE, avril 2002, Rapport du voyage d'études du 17 mars au 5 avril 2002
- DESS IHCE, avril 2004, Rapport du voyage d'études du 21 mars au 9 avril 2004
- NATIONAL ENVIRONMENT RESEARCH INSTITUTE, septembre 1996, - River restoration – Danish experience and exemples -, Copenhagen - Denmark, Hans Ole Hansen, 15 pages
- RIZA, 2001, – River restoration in Europe – practical approaches -, The Netherlands, Nijland & Cals, 348 pages
- TELEOS – CINCLE, avril 2001, -Renaturation biologique des cours d'eau du bassin versant du lac du Bourget- études préliminaires-, Comité Intersyndical pour l'Assainissement du Lac du Bourget (Cisalb), 5 tomes.
- The River Restoration Center, 2001, - Manual of river restoration techniques – Grande-Bretagne, 122 pages

ARTICLES DE PERIODIQUES

- MAGNON G, RESCH JN, juillet 2002, -Le suivi scientifique du Drugeon, après travaux de réhabilitation-, Syndicat Mixte de la Vallée du Drugeon et du Plateau de Frasné, La lettre du Drugeon n°13

TABLE DES MATIERES

RESUME	2
INTRODUCTION	3
 <u>CHAPITRE 1 DE L'ARTIFICIALISATION DES COURS D'EAU AU</u>	
<u>CONCEPT DE RENATURATION</u>	<u>4</u>
 1.1 OBJECTIFS ET IMPACTS DES AMENAGEMENTS EN RIVIERE	4
1.1.1 Objectifs des aménagements	4
1.1.2 Les principaux types d'aménagements	4
1.1.3 Impacts de ces aménagements sur les hydrosystèmes.....	6
<i>1.1.3.1 Principaux impacts physiques.....</i>	<i>6</i>
<i>1.1.3.2 Impacts écologiques sur les milieux aquatiques</i>	<i>9</i>
1.2 RETROUVER UNE BONNE FONCTIONNALITE DES COURS D'EAU : UNE NECESSITE	13
1.3 LE CONCEPT DE RENATURATION POUR UN RETOUR AU BON ETAT ECOLOGIQUE DES	
COURS D'EAU.....	14
1.3.1 Les objectifs ambitieux de la directive cadre sur l'eau	14
1.3.2 La définition d'états de référence	15
1.3.3 Le concept de renaturation pour un retour à un état de référence	15
 <u>CHAPITRE 2 DESCRIPTION TECHNIQUE DES OPERATIONS DE</u>	
<u>RENATURATION</u>	<u>17</u>
 2.1 LE REMEANDRAGE.....	17
2.1.1 Principe	17
2.1.2 Objectifs et résultats attendus	17
2.1.3 Modalités opératoires.....	18
2.1.4 Quelques exemples de réalisations.....	21
<i>2.1.4.1 Les premières expériences : le reméandrage du Sandbach (Allemagne), 1990</i>	<i>21</i>
<i>2.1.4.2 L'exemple du Drugeon (Département du Doubs, France), 1997</i>	<i>21</i>
<i>2.1.4.3 La rivière Cole, Grande Bretagne, 1995</i>	<i>24</i>
<i>2.1.4.4 La renaturation des cours d'eau du bassin versant du lac du Bourget</i>	<i>27</i>
2.2 REMISE A CIEL OUVERT DES COURS D'EAU ENTERRES.....	29
2.3 ARASEMENT DES BARRAGES ET DES SEUILS.....	32

CHAPITRE 3	MISE EN ŒUVRE DES OPERATIONS DE RENATURATION	
DANS LES PAYS EUROPEENS.....		34
3.1	LA SUISSE ET L'ALLEMAGNE : PIONNIERS EN MATIERE DE RENATURATION	34
3.2	PAYS NORDIQUES ET PAYS OCCIDENTAUX : LA VOLONTE D'UNE POLITIQUE DE RENATURATION	37
3.3	L'EUROPE MEDITERRANEENNE : DOMINANCE D'UNE PHILOSOPHIE D'EQUIPEMENT DES RIVIERES.....	38
3.4	L'EUROPE DE L'EST : UNE POLITIQUE DE CONSERVATION DES COURS D'EAU PEU MODIFIES	39
CONCLUSION.....		41
BIBLIOGRAPHIE		42
TABLE DES MATIERES		43
LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES		45

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Figure n°1 : Etat d'un écosystème et réversibilité.....	9
Figure n°2 : Principaux impacts du recalibrage sur les cours d'eau européens	11
Figure n°3 : Comparaison entre la morphologie et les paramètres hydrodynamiques sur un segment naturel et chenalisé.....	12
Tableau n°1 : Définition de l'état écologique (Annexe 5§1.2 directive 2000/60/ce)	14
Figure n°4 : Quelques règles de tracé harmonieux des méandres.....	19
Photo n°1 : Le Sandbach après reméandrage	21
Photo n°2 : Vue aérienne du tronçon renaturé, juillet 1996 (un an après les travaux).....	25
figure n°5 : Profil en long du tronçon renaturé de la rivière Cole.....	25
Photo n°3 : Nouveau lit deux ans après les travaux, mars 1997	26
Figure n°6 : Projet de reméandrage de la Deisse	28
Figure n°7 : Plan du nouveau lit de la Ravensbourne	30
Figure n°8: Profils en travers du nouveau lit de la Ravensbourne.....	31
Photo n°4 : Nouveau tracé sinueux du Ravensbourne	32
Photo n°5 : Nouveau lit du Ravensbourne	32
Photo n°6 : Vue du seuil avant les travaux.....	33
Photo n°7 : Vue après les travaux	33
Photo n°8 : Secteur canalisé de la Versoix.....	36
Photo n°9 : Secteur canalisé de l'Aire.....	36
Photo n°10 : Secteur canalisé de la Seymaz.....	36
