



colloque «protection des berges»

Techniques végétales adaptées aux
voies navigables et grands cours d'eau...
...vers un réseau d'excellence

mercredi 2 et jeudi 3 avril 2008



en partenariat avec

l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse,
l'ONEMA et la DIREN Lorraine



Comité de pilotage Technique

VNF Siège	ALBIN Claire
VNF DIR Nord-Est	MONARD Alice
	ADOLPH Patrick
VNF DIR de Strasbourg	JONAS Miche
CETMEF	DE BRUYN Bertrand
	GALIANA Mathieu
	ROCHETTE Philippe
AERM	GOETGHEBEUR Philippe
ONEMA	CADIC Nadou
	PEREZ Emmanuel

Organisation – Logistique

VNF Siège	ALBIN Claire
	AUTRICQUE Alexandra
	GILLIARD Emilie
VNF DIR Nord-Est	MONARD Alice
	ADOLPH Patrick
VNF DIR de Strasbourg	JONAS Miche
CETMEF	DE BRUYN Bertrand
	GALIANA Mathieu
	ROCHETTE Philippe

INTRODUCTION	4
ROLE ET FONCTIONNALITES DES BERGES, PROBLEMATIQUE DES VOIES NAVIGABLES ET GRANDS COURS D'EAU	8
FONCTIONNALITES ECOLOGIQUES DES BERGES NATURELLES	8
TECHNIQUES DE PROTECTION DE BERGES EN GENIE VEGETAL ET SPECIFICITES DES VOIES NAVIGABLES	13
CONTRIBUTIONS AU POTENTIEL ECOLOGIQUE.....	19
TECHNIQUES VEGETALES ET DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU	20
QUELS OBJECTIFS AU REGARD DES EXIGENCES DE LA DCE ?.....	20
L'ENGAGEMENT DE SEINE-NORD EUROPE POUR ATTEINDRE LES OBJECTIFS DE LA DCE : AMENAGEMENT DES BERGES DU CANAL	21
ETAT DE L'ART DES TECHNIQUES	24
ATTENTES DE LA MAITRISE D'OUVRAGE, ANALYSE DES CONTRAINTES DU SITE.....	24
ANALYSE DE LA DEMANDE DU MAITRE D'OUVRAGE.....	25
REALISATION DES TRAVAUX	27
ATELIER 1 - DIAGNOSTIC, CHOIX DES TECHNIQUES ET DURABILITE	28
PROBLEMATIQUE.....	28
LE DIAGNOSTIC	29
LE CHOIX DES TECHNIQUES.....	29
LA DURABILITE	30
L'EFFICACITE DES TECHNIQUES	30
ATELIER 2 - RETOMBEEES ENVIRONNEMENTALES ET SUIVI ECOLOGIQUE	30
PROBLEMATIQUE.....	31
UN CONTEXTE : LA DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU - LE RESEAU DE SUIVI HYDROBIOLOGIQUE.....	31
SUIVI ECOLOGIQUE DES BERGES RESTAUREES EN TECHNIQUES VEGETALES : LES ELEMENTS A PRENDRE EN COMPTE POUR MONTER LE CCTP	31
LES INDICATEURS : HABITATS ET PRODUCTIVITE PISCICOLE DES BERGES AMENAGEES	32
SUIVI ECOLOGIQUE FAUNE FLORE DE RESTAURATION DE BERGES PAR TECHNIQUES VEGETALES SUR LE CANAL DES VOSGES ET LE CANAL DE LA MEUSE	37
CONCLUSIONS	37
ATELIER 3 - GESTION ET ENTRETIEN DES AMENAGEMENTS	38
PROBLEMATIQUE.....	38
ENTRETIEN DES BERGES ET DE LA RIPISYLVE : LE CONTEXTE	38
RECOMMANDATIONS POUR LA MISE EN ŒUVRE DE TECHNIQUES VEGETALES.....	39
GUIDE DE L'ENTRETIEN DES TECHNIQUES VEGETALES	39
CONCLUSIONS	41
ATELIER 4 - TRAITEMENTS INNOVANTS – PREFABRIQUES	42
PROBLEMATIQUE.....	42
LES PRODUITS ADJUVANTS A LA MISE EN PLACE DE PROTECTIONS UTILISANT DES VEGETAUX.....	42
FILET SYNTHETIQUE TUBULAIRE ET PIERRE PONCE : LUTTE CONTRE L'EROSION ET SUPPORT DE CULTURE.....	44
QUELQUES REPNSES A DES PROBLEMES CONCRETS	46
RECOMMANDATIONS POUR LES MAITRES D'OUVRAGES	46
TECHNIQUES VEGETALES ET PAYSAGE	47
TECHNIQUES VEGETALES ET PAYSAGE.....	47
L'UTILISATION DES TECHNIQUES VEGETALES EN ALLEMAGNE	47
ÉTUDES DE LA PROTECTION DES BERGES PAR COMBINAISONS DE TECHNIQUES DE GENIE-CIVIL ET DE GENIE VEGETAL SUR LES VOIES NAVIGABLES FEDERALES D'ALLEMAGNE	47
CONCLUSION	51

VNF

Patrick LAMBERT, Directeur Général Adjoint de Voies Navigables de France

Je tiens tout d'abord à remercier chacun d'entre vous pour votre mobilisation pour ces journées consacrées à la protection des berges en techniques végétales adaptées aux voies navigables et grands cours d'eau. Votre présence témoigne de l'évolution des pratiques en matière d'aménagement et de restauration de berges, et plus largement de la progression de la prise en compte des préoccupations environnementales dans nos activités.

Ce colloque est organisé conjointement par Voies navigables de France et par le Centre d'Etudes Maritimes et Fluviales, en partenariat technique et financier avec l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse, et en partenariat technique avec l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques et la Direction Régionale de l'Environnement de Lorraine. Je remercie vivement chacun de nos partenaires qui se sont joints à nous pour organiser cette manifestation.

Gestionnaire de 6700 kilomètres de voies navigables et 40 000 hectares de domaine public qui les bordent, VNF a la responsabilité d'un réseau de transport qui se caractérise non seulement par son étendue mais aussi par les multiples richesses naturelles et les usages variés dont il est porteur. Espace d'une grande biodiversité et vecteur de développement durable, la voie d'eau est un patrimoine vivant que VNF entretient et valorise.

Depuis plus de 10 ans, l'établissement prend des engagements pour intégrer la protection de la biodiversité dans l'ensemble de ses activités, de la conception à la maintenance de ses ouvrages en passant par leur construction et leur exploitation.

En particulier, depuis 2001, VNF a mis en place un système de management environnemental sur certaines activités décisives que sont les chômages, la gestion des dragages, la gestion hydraulique et la protection ou la restauration des berges. Dans sa politique environnementale de 2005, l'établissement s'est engagé à mettre en œuvre, chaque fois que cela est possible, des techniques écologiques de protection des berges.

La direction interrégionale du Nord-Est, qui nous accueille aujourd'hui, est pour sa part certifiée ISO 14001 pour la protection et la restauration des digues et des berges.

Zones de transition entre le milieu aquatique et le milieu terrestre, les berges ont une grande valeur écologique et paysagère. A l'heure où l'environnement devient une préoccupation prioritaire au niveau national, européen et international, à l'heure où la directive cadre sur l'eau nous fixe pour objectif d'atteindre un bon état écologique des eaux en 2015, à l'heure du Grenelle de l'environnement qui réaffirme les efforts à porter sur la restauration des corridors écologiques que constituent les « trames vertes et bleues » pour préserver la biodiversité, VNF entérine sa politique environnementale et renforce sa volonté de recourir prioritairement aux techniques innovantes de génie végétal pour protéger et restaurer les berges.

Ces techniques innovantes permettent de lutter contre l'érosion tout en recréant une zone végétale la plus naturelle possible, techniquement et biologiquement fonctionnelle. Elles peuvent permettre de répondre aux contraintes liées à la navigation tout en respectant et en améliorant les fonctions écologiques des milieux rivulaires.

Elles ont notamment pour effet d'améliorer l'effet filtre, de créer des habitats propices à la reproduction des poissons, au développement des juvéniles ou de constituer des abris et de favoriser le développement d'une faune et d'une flore diversifiées.

Permettant également une remontée facile du gibier, elles peuvent avantageusement remplacer les constructions « en dur », sauf en cas d'impératifs spécifiques de disponibilité d'espace ou de protection d'infrastructures particulières.

Après 10 ans de développement de ces techniques sur les voies navigables, présentant des contraintes spécifiques, il semblait nécessaire de capitaliser les savoir-faire et de permettre aux différents acteurs – gestionnaires, bureau d'études, entreprises ou universitaires – d'échanger leurs

expériences et de débattre des aspects qui pourraient nécessiter des travaux de développement ou de recherche. Le colloque a donc cette vocation.

Je souhaite que ce colloque soit riche d'échanges et d'expériences.

VNF – Direction interrégionale du Nord-Est

Philippe MORETAU, Directeur interrégional du Nord-Est de VNF

Pourquoi l'intérêt de la Direction Interrégionale du Nord-Est pour le génie végétal ?

Grâce à la sensibilité environnementale et à la curiosité de certains agents de la DIR Nord-Est, des chantiers expérimentaux ont été initiés dès 1994 au départ sur rivière naturelle, puis sur canal à petit gabarit et rivière naviguée.

Ces expériences se sont multipliées sans organisation structurée et ont ensuite été intégrées à la politique environnementale de VNF en 1997.

Ainsi cette activité a été choisie pour la mise en place de la certification ISO 14001 avec une analyse environnementale dès 2002/2003 puis l'aboutissement de la démarche avec l'obtention de la certification en 2005. La montée en puissance s'est poursuivie avec l'extension du périmètre certifié et c'est désormais l'ensemble du périmètre de la DIR Nord-Est qui est certifié pour cette activité de restauration de berges, avec le renouvellement de cette certification en 2008.

Ceci correspond concrètement à une vingtaine de kilomètres traités depuis 1994.

Une politique environnementale globale

La politique environnementale de la Direction du Nord-Est signée le 12 janvier 2006 affiche un budget de 500 000 € par an de restaurations en techniques végétales.

Ce sont entre 3 et 5 km qui sont ainsi restaurés annuellement dans notre Direction : 3 975 m en 2005, 5 319 m en 2006 et 2 742 m en 2007.

Un diagnostic par itinéraire et une programmation pluriannuelle

Entre 2006 et 2009, c'est l'ensemble des voies de la DIR Nord-Est qui a fait ou fera l'objet d'un diagnostic de ses berges. Ce diagnostic comprend un état des lieux des berges et un ensemble de propositions de restaurations.

L'objectif est double :

- macro (stratégie) : construire une politique d'intervention pluriannuelle
- micro (opérationnel) : déterminer une programmation éligible aux EPRD annuels

Ceci nous permet d'évaluer à 70 millions d'euros les besoins en travaux de restauration de berges, dont 32 millions d'euros pour les seules urgences représentant 5% du linéaire.

Nous pouvons ainsi identifier les priorités d'intervention (que les subdivisions confrontent à leur vision terrain), mettre en place un dialogue de gestion interne et être force de proposition face aux sollicitations des collectivités (vélo-route etc.).

Une démarche structurée et logique qui se veut simple et opérationnelle

Le SME (système de management environnemental), c'est pour nous :

S = SAVOIR (diagnostics, programmation, états des lieux initiaux)

M = MAITRISER (sélectionner des entreprises compétentes dans le domaine du génie végétal, sensibiliser les personnels des entreprises intervenantes, réaliser des contrôles environnementaux)

E = EVALUER (états des lieux finaux, suivis écologiques, réflexions méthodologiques et bibliographiques par des universitaires, retours d'expériences sur d'anciens chantiers)

Une reconnaissance extérieure

Les travaux de génie végétal réalisés sur le bief 41 du canal des Vosges sur presque 2 km sont une véritable vitrine technique du savoir faire de la DIR NE et ont fait l'objet de nombreuses communications :

- visites « grand public » organisées lors de la semaine du développement durable en 2006
- film réalisé par une équipe de télévision allemande en 2006
- deuxième prix aux Trophées de l'Eau organisés par l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse dans la catégorie « Eau, Nature et Biodiversité » en 2008

Des perspectives d'évolution

Ces restaurations de berges par génie végétal sont aussi un élément clé de la mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau, volet hydromorphologie, qui a pour objectif d'atteindre le bon état écologique des masses d'eau en 2015.

Par ailleurs, la politique environnementale de la DIR Nord-Est va bien au-delà de ces seules restaurations de berges et poursuit les axes suivants au travers de ses démarches qualité, de son projet stratégique et dans le cadre du COM.

- préserver et restaurer la biodiversité des milieux
- gérer de manière optimisée la ressource en eau
- lutter contre les pollutions

Les perspectives d'amélioration continue ciblent également le développement de l'évaluation environnementale de nos actions (bilan carbone) ainsi que la mise en œuvre des démarches de progrès internes à VNF tel le label développement durable.

CETMEF

Olivier PIET, Directeur adjoint du CETMEF

Que sont les belles certitudes d'antan devenues ?

La conception des protections de berges, il y a vingt ans à peine, reposait sur un principe simple et clair : « protéger le monde terrestre des attaques et de l'invasion par le domaine aquatique ». La manière de concevoir ces protections, inspirée de l'art des fortifications, avait recours à des méthodes éprouvées, codifiées et rassurantes pour les ingénieurs. La définition des ouvrages, leur calibrage faisait appel à de nombreuses disciplines : la résistance des matériaux, la mécanique des sols, l'hydraulique... compliquées mais formalisées et déterministes. Les paramètres à optimiser étaient précis : étanchéité, résistance au battillage, minimisation de l'entretien, restriction de l'accès au public etc.

Ces méthodes conduisaient à des protections dites dures en particulier des rideaux de palplanches d'une belle régularité. Ces derniers en particulier créent une coupure nette entre les domaines et les disciplines associées : aquatiques et terrestres.

Les temps changent.

Aujourd'hui, les exigences sociétales ont changé. Elles sont portées en partie par la directive cadre sur l'eau et les lois sur l'eau ; elles sont davantage préoccupées par la qualité et le potentiel écologique des milieux, les paysages ou l'accès au public. Pour tenir compte de ces évolutions, les critères de choix des protections de berges ont évolué. L'aménagement et l'entretien des voies d'eau navigables doit tenir compte de ces exigences.

Par ailleurs, la navigation constitue un mode de transport de fret massifié, efficace du point de vue de la consommation d'énergie et joue de ce point de vue un rôle environnemental important ; le soin apporté à ces infrastructures et à leur maintenance ne peut être que favorable à son image de marque.

Modification complète de conception.

Si les lois physiques ne changent pas (structure, fluide, sols,...) les attentes quant aux ouvrages de protection de berges sont donc plus diversifiées. Les lois de l'écologie, de la biologie, de l'économie et ... du budget doivent être intégrées dans la conception de protection de berges contre les différents facteurs d'érosion dont les effets de la navigation. Tenir compte de l'ensemble de ces aspects implique une approche pluridisciplinaire complexe. Elle nécessite de capitaliser et diffuser les acquis et les retours d'expérience.

Le rôle du CETMEF

Le CETMEF, service technique central du Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire est chargé d'élaborer et de diffuser les techniques, de conduire les études et recherches, d'exécuter des prestations d'ingénierie et des expertises dans le domaine, entre autres, des aménagements et des ouvrages maritimes et fluviaux. Ces journées berges constituent un moment particulier de diffusion et de capitalisation méthodologique dans ce domaine en plein renouveau.

Le CETMEF s'est donc naturellement investi dans le montage et l'organisation de ces journées en partenariat avec Voies Navigables de France et le Réseau Scientifique et Technique. Je suis particulièrement heureux de cette initiative et ne doute pas de son succès et retentissement.

Rôle et fonctionnalités des berges, problématique des voies navigables et grands cours d'eau

Animateur : Paul MICHELET, DIREN Lorraine

Fonctionnalités écologiques des berges naturelles

M. Emmanuel PEREZ, ONEMA ; Emmanuel.perez@onema.fr

1. Définition : Qu'est-ce qu'une berge ?

➤ Caractérisation des berges naturelles

Définition: bord d'une rivière ou d'un canal

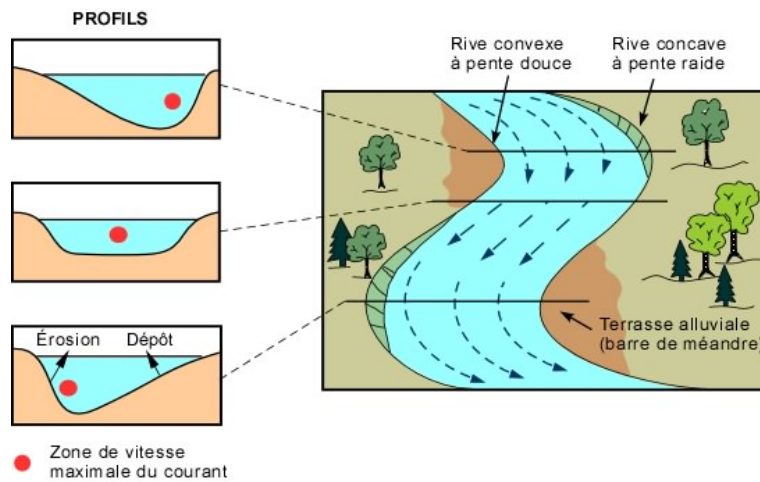
La berge s'étend en principe du niveau de l'étiage jusqu'au niveau auquel le débordement commence. La berge est une zone de transition et de contact physique entre l'eau et la terre. C'est une zone humide adjacente au lit mineur.

➤ Les différents types de rivières et zones humides associées



➤ Principe général de l'érosion des berges: moteur de la dynamique fluviale

Les phénomènes d'érosion et de sédimentation jouent un grand rôle dans la richesse des ripisylves et font partie de leur fonctionnement naturel. Ce sont eux qui créent la forme de la rivière et son cheminement dans les paysages. L'érosion des berges contribue à renouveler les peuplements en bordure de cours d'eau. Ces dépôts constituent des endroits propices à l'installation de végétaux pionniers.



Phénomènes d'érosion-sédimentation

Les phénomènes d'érosion-sédimentation contribuent à la création d'une mosaïque de milieux le long du cours d'eau.

Pourquoi les méandres se forment-ils ? Des expériences scientifiques ont montré que l'impulsion rythmique du flux entraîne dans des conditions par ailleurs identiques une sinuosité plus marquée, la division du cours d'eau en chenaux et la formation d'îles lenticulaires. Le tracé d'un écoulement sinueux est donc fonction du volume d'eau circulant, de la nature du substrat, de la pente dévalée, mais aussi de la rythmicité de l'écoulement. On peut en déduire que la variabilité de l'intensité des crues joue également un rôle dans le cheminement des masses d'eau.

Pourquoi les méandres se déplacent-ils ? La force et la direction des courants, les forces de frottement qui s'exercent sur les parois et dans le fond, la cohésion des sédiments, l'instabilité géologique interviennent dans les processus d'érosion et de dépôt le long des rives, et dans la migration latérale (force centrifuge) et vers l'aval des méandres.

De quoi dépend la vitesse de la migration des méandres ? Le rythme de migration des méandres est notamment fonction du rayon de courbure du méandre rapporté à la largeur du chenal. Interviennent également le débit, l'inclinaison de la surface de l'eau, la nature des matériaux constitutifs des berges, la végétation, la hauteur de la rive concave. Enfin, l'évolution d'un méandre est influencée par celle des méandres situés en amont et immédiatement en aval.

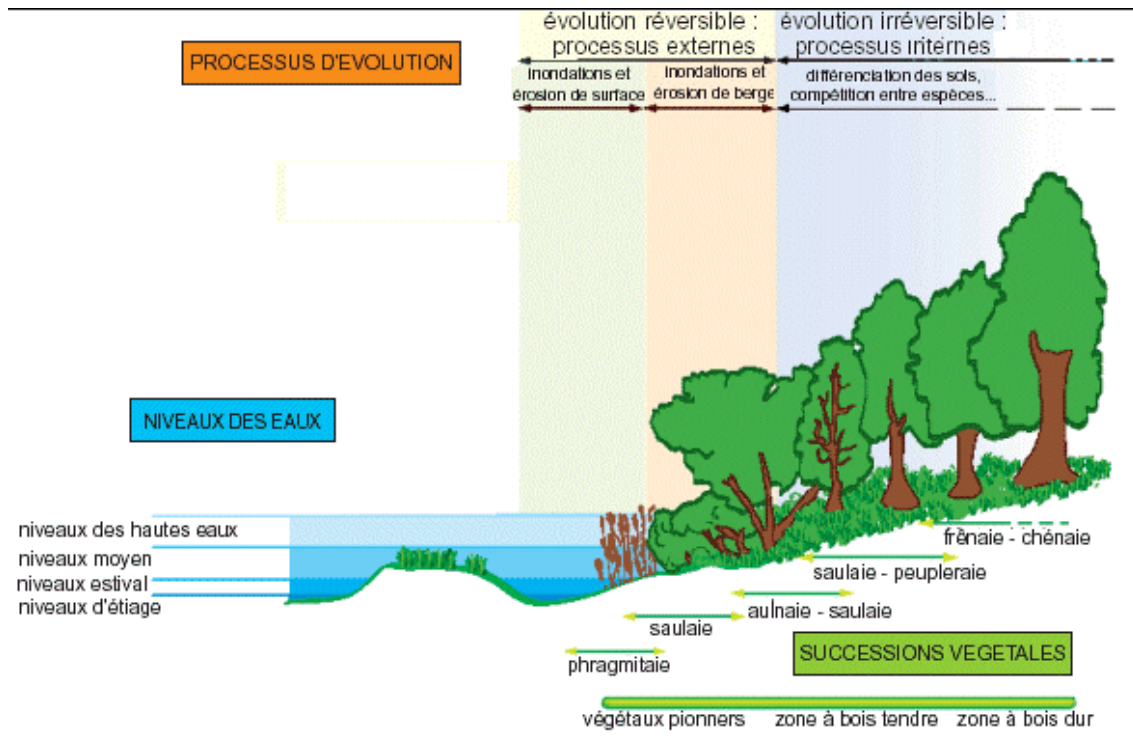
Où se produit l'érosion, lors du déplacement des méandres ? L'érosion des berges se produit essentiellement dans la courbure des rives concaves, frappées de plein fouet par les plus forts courants. Le sapement par la base est le processus d'érosion le plus important. En ce qui concerne les dépôts, on distingue en théorie deux types d'accumulation :

- l'extension des terres émergées se produit par allongement des méandres, consécutifs aux dépôts successifs de sédiments véhiculés par les eaux du chenal tandis que les rives concaves reculent sous l'effet de l'érosion ;
- l'accumulation verticale, qui hausse le niveau de la surface du sol, est le résultat du transport par-delà les bordures du chenal principal, puis du dépôt des sédiments en suspension des l'eau.

➤ Successions végétales d'une ripisylve

Les ripisylves sont des milieux caractérisés par une grande biodiversité. Les végétaux s'organisent selon un système de strates superposées et complémentaires. La variété des architectures végétales, le mélange des strates sont à l'origine de la structuration spatiale complexe de la ripisylve.

Les formations arborées de bordure immédiate de cours d'eau sont composées d'essences à bois tendres. Elles sont souvent composées de saules arborés dominés par le saule blanc (*Salix alba*). La strate arbustive est souvent riche en saules et en sureau noir (*Sambucus nigra*), tandis que la strate herbacée est caractérisée par des formations d'orties, faux roseaux, menthes, carex, ...



Successions végétales d'une ripisylve (D'après Bayer (1998b) et Allion & Ouvray (1998))

2. Fonctions épuratrices : « Filtre physique et chimique »

L'épuration de l'eau est réalisée par les microorganismes du sol et les végétaux : particules et germes pathogènes sont filtrés, phosphates et nitrates sont assimilés ou dégradés par la végétation et les microorganismes, les pesticides sont adsorbés par les colloïdes (argile et humus) et en partie biodégradés par les microorganismes.

➤ « Le filtre physique »

« Les frottements internes » permettent une sédimentation des matières en suspension par ralentissement des écoulements et ruissellements. Les matières en suspension **capturent** une grande quantité de matières organiques et éléments traces (métaux lourds, HAP, PCB...) **par adsorption**. La rétention des matières en suspension permet de **limiter la turbidité** des cours d'eau et de diminuer la charge en matières organiques et polluants chimiques (métaux lourds, HAP, PCB...) adsorbées.

La vitesse de l'eau ralentie par les végétaux et différents obstacles du relief permet une sédimentation des matières en suspension : l'abattement des particules peut atteindre 90 % (Mitsch et Gosselink, 1993). Par exemple, le système racinaire des ripisylves a un rôle décanteur sur le milieu et protège ainsi la rivière des apports en terre et limon (Gregory et Stokoe, 1981 ; Campbell et Doeg, 1989), souvent liés à une anthropisation du bassin versant (risque d'envasement de la rivière et de diminution de sa section).

Il est à noter que les particules en suspension ou déposées peuvent être source de préjudice grave pour la faune aquatique (séquelles sur les branchies, colmatage des frayères et des habitats d'invertébrés benthiques et de poissons, limitation des apports en oxygène dans les sédiments).

➤ « Le filtre chimique »

Les zones humides rivulaires sont par exemple, particulièrement efficaces pour éliminer les nitrates (les taux d'abattement **supérieurs à 50 %**). Ce sont de véritables filtres capables de fixer les surplus d'engrais et de produits phytosanitaires drainés sur les bassins versants. Les mares ont une bonne capacité à **stocker les métaux lourds** et les nitrates (dénitrification des eaux).

3. Fonction climatique : Maintien de la température et du microclimat

Les berges et les zones humides ont la faculté de maintenir la température des cours d'eau à un niveau compatible avec la vie aquatique (poissons et autres espèces vivantes). Elles sont capables d'emmagasiner et de **rejeter de l'eau froide** (via les nappes sous-jacentes) dans un cours d'eau lorsque, du fait d'un débit faible, la température de l'eau augmente. (ENGREF, 2004).

D'autre part, la suppression de la végétation riveraine peut provoquer une augmentation moyenne des températures maximales estivales allant de 3 à 10°C. Meehan et al. (1977) montrent l'importance de la végétation rivulaire pour maintenir une température propice au cycle biologique des salmonidés (optimum entre 4 et 19°C, seuil à 23°C donnés par Crip (1989)). Selon Hall et Lantz (1969), en été, un secteur de 200 m ombragé peut entraîner une diminution de température de l'eau de 3°C.

Les zones humides ordinaires et la végétation des berges peuvent réguler les microclimats par le biais de phénomènes d'évapotranspiration modifiant les précipitations et les températures localement. (Ministère de l'environnement, 1996). L'évapotranspiration est une composante importante des bilans hydriques.

Sous des climats et dans des zones humides de différents types (tourbières, prairies de type « pothole », boisements marécageux...), des auteurs signalent tantôt une diminution de l'évaporation (jusqu'à 40% de moins) par rapport à l'évaporation des eaux libres, tantôt une augmentation (jusqu'à 80% de plus) ou encore une alternance en fonction des saisons (Eisenlohr, 1966 ; Bay, 1967 ; Hall et al., 1972 ; Eggelsmann, 1976).

Il est important de noter que tous les aménagements et les activités qui réduisent les stocks d'eau (chenalisation, drainage, pompage...), les changements significatifs de l'occupation des sols (mise en culture, substitution de prairie aux boisements, populiculture...) sont de nature à modifier ce compartiment du bilan hydrique, avec des conséquences sur le microclimat local, sur la productivité et sur le fonctionnement biogéochimique des systèmes (Odum, 1994).

4. Fonctions hydrologiques

➤ Zone d'expansion de crue et protection contre les inondations

La zone humide est un lieu de stockage de l'eau provenant du versant (nappe, ruissellement). Cette fonction dépend de la continuité hydraulique entre des écoulements du bassin versant et la zone humide. Ce stockage dépend également du volume d'eau retenu par la zone humide par rapport au volume d'eau drainé depuis le versant. Ce rapport est généralement **faible** pour des zones humides ordinaires de petite superficie (quelques hectares). La zone humide a donc un rôle de stockage de l'eau tout à fait temporaire, qui contribue à moduler la reprise des écoulements hivernaux. Il en résulte des variations importantes de surfaces consécutives aux variations des apports et des pertes d'eau.

La zone humide est également un lieu de stockage-déstockage de l'eau provenant de la rivière.

Cette fonction dépend de la fréquence des crues inondantes et de la topographie du lit mineur et majeur. Le volume d'eau stockée est également faible, du fait de la petite taille des zones humides. Cette fonction n'est réellement active que pour les bassins versants de taille importante où les zones inondables peuvent avoir une grande extension. A titre indicatif, la capacité de stockage d'un sol hydromorphe est de **2-3 mm par tranche de 10 cm** (Zimmer, 1995). Des études réalisées aux USA, signalent que certaines zones humides peuvent permettre un stockage d'eau de **15 000 m³/ha** (Bureau de la Convention de Ramsar, 2001).

De manière générale, les capacités de stockage étant **faibles**, les possibilités de soutien d'étiage et d'écêtement des crues **sont limitées** (taille de la zone humide limitée, échanges intenses entre la nappe et la rivière plus ou moins efficaces). Des sols graveleux permettent une meilleure transmissivité des sols et permettent l'existence d'échanges importants entre la rivière et la nappe (Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 2001).

➤ Intérêts et limites des zones humides par rapport à des terrains agricoles drainés

Les parties aériennes des végétaux permettent d'augmenter la **rugosité hydraulique de la surface** du sol. Une zone rivulaire composée de végétaux buissonnants et arbustifs denses, dont les parties aériennes possèdent une grande élasticité est très efficace pour réduire la vitesse du courant et donc la puissance érosive lors de crue (Lachat, 1994; Cohen et al.1987). Or dans la plupart des cas, les dégâts économiques liés aux inondations sont **davantage induits par la vitesse du courant que par la seule submersion**.

A cette rugosité du milieu se superpose un débit à l'exutoire limité qui ralentit le transit dans la zone humide. Ces effets créent une pente du niveau d'eau stockée, entre la cote d'eau au point d'alimentation et celle à l'exutoire de la zone. Cette pente permet de stocker un volume d'eau beaucoup plus important que sur une zone non végétalisée ainsi que d'alimenter d'autres zones annexes peu accessibles par l'eau libre habituellement (Fustec et Lefeuvre, 2000). Ces zones humides de deuxième catégorie (mares, mouillères) auront, dans certains cas, une vidange de l'eau beaucoup plus tardive, assurant un soutien à l'étiage. (Fustec et Lefeuvre, 2000)

Cette fonction d'écrêtement (étalement et ralentissement des eaux dans la vallée) **sera davantage assurée par les prés de fond de vallée que les tourbières où l'eau des précipitations ne fait que transiter rapidement.**

En résumé, les berges et les zones humides en général accroissent les capacités d'écrêtement des crues et ralentissent la baisse du niveau des eaux après inondation, ce qui optimise la recharge des nappes.

5. Patrimoine biologique

La position à l'interface entre deux milieux très différents engendre une forte hétérogénéité physique (substrat, topographie) sur une faible échelle d'espace (Naiman et al., 1993). Cette hétérogénéité permet une grande biodiversité et une forte productivité végétale.

Ce sont en effet des sites essentiels :

- pour l'hivernage, la migration et la reproduction de nombreux oiseaux d'eau et notamment des oiseaux paludicoles (oiseaux de marais),
- pour la fraye du brochet et d'autres poissons ainsi que le développement des juvéniles, avant qu'ils ne rejoignent la rivière,

□ **pour la flore et la faune menacées** inféodées à ces milieux (conservation de la biodiversité).

Sur un plan général, **30 %** des espèces végétales remarquables et menacées, en France, vivent en zone humide. **50% des oiseaux et 2/3 des poissons** ont un cycle biologique inféodé à ces milieux (Ministère de l'Environnement, 1996). La disparition des zones humides interrompt les connections écologiques et nuit à la biodiversité à l'échelle du bassin versant entier. Les couloirs de végétation créent une continuité en développant des connections entre des milieux souvent fragmentés (parcelles cultivées, pâtures, forêts), ce qui augmente la biodiversité en facilitant le mélange des peuplements. Ces zones humides assurent souvent une partie du cycle biologique de nombreuses espèces. La continuité spatiale est alors nécessaire pour permettre la poursuite du cycle dans les différents éléments de l'écosystème. Décamps et al. (1997) se sont intéressés à la vallée de la Garonne : la diversité floristique des zones végétalisées rivulaires permet une richesse ornithologique (52 espèces) et piscicole (salmonidés) contrairement à des plantations monospécifiques de peupliers (24 espèces) qui remplacent la végétation arborée naturelle. (Maridet et Souchon, 1995)



Meuse - E. PEREZ

Les milieux où alternent des zones ombragées et des zones plus ou moins éclairées sont celles assurant la composition la plus équilibrée des groupes alimentaires fonctionnels : producteurs primaires, consommateurs primaires/secondaires et décomposeurs (exemple des invertébrés benthiques). (Maridet, 1994).

Composées d'une **mosaïque complexe** d'espèces herbacées, arbustives et arborées, ces formations sont mieux adaptées à des changements environnementaux drastiques. D'autre part, cette hétérogénéité permet une meilleure **régulation des populations** représentées. Cette biodiversité constitue ainsi une **réserve génétique** qui présente une grande valeur patrimoniale.

Techniques de protection de berges en génie végétal et spécificités des voies navigables

M. Philippe ROCHETTE, CETMEF, Division des Etudes Littorales et des Cours d'Eau;
philippe.rochette@developpement-durable.gouv.fr

1. Du cours d'eau à la voie navigable

Tant pour la conception et la tenue des systèmes de renforcement des berges vis à vis de l'érosion que pour la qualité des écosystèmes liés aux voies navigables, il est important de reconnaître et de comprendre le fonctionnement et les caractères spécifiques aux voies navigables. (vue 2)

Les grands systèmes fluviaux naturels sont des systèmes complexes qui offrent une grande diversité spatiale longitudinale et transversale et connaissent une évolution incessante et ce pour l'ensemble des lits mineurs et majeurs.

Le rythme de ces évolutions est variable selon le contexte hydroclimatique. Pour les grands cours d'eau des plaines du Nord Ouest de l'Europe, il est de l'ordre du lustre ou de la décennie pour les transformations morphologiques, alors que le régime hydrologique est fortement marqué par les rythmes saisonniers. A court terme les milieux fluviaux sont relativement stables et rares sont les évolutions qui soient sensibles à un pas de temps inférieur à la semaine. (vue 3) (Vue 4)

Au fil du temps, les lits majeurs de nos fleuves et rivières ont été fortement modifiés pour satisfaire aux besoins de l'agriculture et de l'urbanisation. Jusqu'au milieu du XIXe siècle, par manque de moyens techniques en rapport avec les énergies en jeu dans les grands cours d'eau, les lits mineurs n'ont été que modérément altérés. (vue 5)

À partir du dix-neuvième siècle l'amélioration des conditions de navigation et son maintien en toutes saisons ont été un des principaux motifs de la transformation des lit mineurs. Celle-ci a porté principalement sur le calibrage des chenaux d'étiage et la mise en place de barrages mobiles de navigation.

La navigation fluviale transforme les milieux où elle prend place. Certaines modifications sont délibérément recherchées pour améliorer les conditions de navigation :

- aménagement en biefs,
- approfondissement du chenal dans le but de disposer régulièrement de mouillage plus important.
- accroissement des rayons de courbure pour permettre la navigation d'unité de plus grande taille.
- création de quais et de darses.

D'autres ne sont que des conséquences induites par les modifications précédentes :

- maintien des plans d'eau à des niveaux presque constants,
- réduction des vitesses d'écoulement en basses eaux.

D'autres encore proviennent de la circulation des bateaux : courants de retour, batillage.

Il ne faut pas négliger non plus les transformations, non strictement nécessaires à la navigation, mais qui lui sont très souvent concomitantes comme les ouvrages de protection contre les crues, les remblaiements de bras mort et bien souvent les travaux de défense de berges.

Ces transformations sont d'autant plus importantes que le cours d'eau d'origine était de moindre importance ($Q/m^3/s$) :

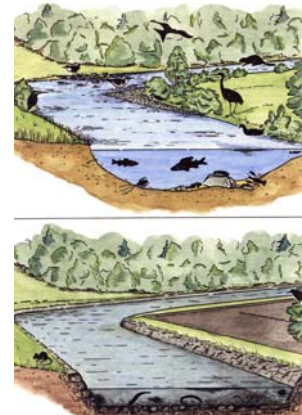
Amazone < Mississipi < Seine < Escaut

Ce n'est qu'avec la "canalisation" des cours d'eau par calibrage des chenaux d'étiage et mise en place des barrages mobiles de navigation que le fonctionnement des lits mineurs a été fortement modifié. (vue 6)

La navigation nécessite des conditions nautiques aussi constantes et stables que possible. Alors que, dans un cours d'eau non régulé, au cours de l'année hydrologique, les hauteurs d'eau et par conséquent les surfaces submergées peuvent fluctuer dans de fortes proportions. Tout un cortège d'écosystèmes est tributaire de ces cycles hydrologiques et des différents faciès d'écoulement stable du lit. (vue 7)

L'adaptation des cours d'eau à la navigation commerciale conduit à une réduction de l'étendue de la surface de contact entre la terre et l'eau, à une réduction des hauts fonds et une uniformisation des régimes d'écoulement dans l'espace et dans le temps. Cette réduction des espaces amphibies et l'uniformisation des "paysages aquatiques" conduit à une perte de variété des habitats potentiels.

Or chaque type d'habitat accueille une communauté d'êtres vivants particulière. De plus la majorité des espèces mobiles se déplace d'un site à l'autre lors de chacune des phases de leur vie selon des cycles qui peuvent être journalier, saisonnier ou s'étendre sur toute la durée de leur existence. (vue 8)

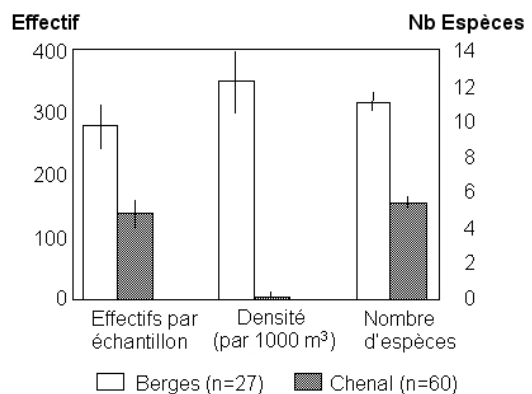


2. Quelles conséquences qualitatives sur les biocénoses de l'aménagement en voies navigables?

Le chenal d'un cours d'eau est un espace relativement uniforme et instable qui offre peu de variété de milieu. Il est en général relativement pauvre en espèces, qui le plus souvent ne le fréquentent que de façon temporaire. L'essentiel de l'activité biologique des milieux fluviaux se concentre sur les berges et hauts-fonds. Cette caractéristique est particulièrement marquée dans les voies navigables où le chenal occupe une proportion importante voire dominante de la section mouillée.

Cette importance particulière des marges fluviales dans la dynamique biologique des milieux fluviaux milite pour qu'une attention particulière leur soit apportée si l'on retient un objectif d'amélioration du "potentiel écologique". (vue 9)

C'est, jusqu'à présent le groupe des poissons qui a fait l'objet de travaux scientifiques les plus nombreux. Leur position dans la chaîne trophique des milieux aquatiques en fait un groupe indicateur pertinent pour suivre l'état écologique de ces milieux. D'un point de vue pratique le suivi des populations n'est pas trop difficile à mettre en œuvre, leur classification est bien établie et leur détermination relativement aisée; la physiologie et l'éthologie de nombreuses espèces sont documentées. Diverses méthodes d'études ont été développées et codifiées et l'on dispose d'archives historiques relativement abondantes. (vue 10)



Analyse des populations de poissons au niveau des berges et dans le chenal

Si l'on retient donc le groupe des poissons comme indicateur, il faut garder à l'esprit que ces organismes ont besoin pour réaliser leur cycle vital de pouvoir accéder à différents types de milieux selon la fonction physiologique à satisfaire et leur stade de développement (cf vue 8).

Cette diversité de milieux nécessaire est très variable d'une espèce à l'autre, certaines étant plus spécialisées et exigeantes. Ces dernières sont souvent celles dont l'importance sociale est la plus marquée. (vue 11)

Seules les espèces les plus plastiques et les moins exigeantes parviennent à accomplir la totalité de leur cycle vital dans le milieu navigué.

De plus on constate une densité très faible d'individus de moins d'un an et une grande pauvreté de la faune d'invertébrés. (vue 12)

Mais qu'en est-il de la production (abondance)?

Il est bien connu que certains écosystèmes de faible diversité peuvent présenter des abondances très élevées pour des espèces qui y sont adaptées. Le biotope des biefs de navigation partage certains aspects avec ceux de type étangs, lacs eutrophes. (vue 13)

Or sur les voies navigables, la productivité piscicole est le plus souvent médiocre. Quelques auteurs (Linfield, 1985; Pygott O'hara, 1990) ont même montré que pour des cours d'eau de morphologie similaire le peuplement piscicole pouvait être quatre à cinq fois inférieur pour le cours d'eau navigués. Des observations similaires sont également rapportées pour des canaux actifs par rapport à des canaux tombés en désuétude. (vue 14)

Les espèces qui colonisent les biefs de navigation sont pour l'essentiel des espèces d'eaux calmes ou pour le moins de milieux où les fluctuations de la vitesse des courants sont très progressives ; or si les biefs de navigation sont en effet des milieux calmes en moyenne, ils sont sujets de façon épisodique et périodique à des « crises » d'agitation hydraulique. (vue 15)

Wolter & Arlinghaus (2003) ont compilé les données concernant les capacités de nage de différentes espèces de poissons aux différents stades de leur développement. Les capacités de nage pour toutes les espèces sont étroitement corrélées à la taille. Pour une taille inférieure au centimètre aucun individu n'est capable de compenser un courant supérieur à 0,2 m/s : les courants induits par les bateaux sont de l'ordre du m/s auxquels aucun alevin n'est capable de résister.

Il est donc vraisemblable que l'agitation provoquée par les bateaux déloge les jeunes poissons, et d'une manière plus générale les organismes libres de petite tailles, de leur milieu de vie. Entraînés vers le chenal, ils périssent ou sont victimes de prédateurs.

Ce phénomène est la raison la plus probable de la mauvaise productivité de la plupart des biefs de navigation; ce que semble confirmer l'effet bénéfique de dispositifs du type berges "lagunées". (vue 16)



Phénomène du batillage

3. Quelles sont les motivations du recours aux techniques végétales pour la protection des berges de voies navigables?

Trois grandes motivations peuvent être mises en évidence :

- limiter l'érosion des berges de façon durable et si possible à un coût inférieur à celui des techniques traditionnelles.
- introduire une plus grande diversité dans la structuration de la berge afin d'améliorer le potentiel écologique de la masse d'eau.
- accroître l'amortissement des mouvements hydrauliques induits par les bateaux, et créer des zones de calmes près des rives afin d'améliorer l'accueil des espèces de petite taille

(vue 17)

Bien sûr la comparaison-opposition techniques de génie-civil traditionnelles techniques de génie biologique incite à la simplification schématique et prend facilement une forme caricaturale ; bien des possibilités existent de mêler astucieusement les deux types de technique pour optimiser le résultat obtenu en fonction des objectifs visés.

➤ Les techniques de génie civil

Dans leur principe les techniques de génie civil traditionnelles créaient une "cuirasse" dure entre le milieu aquatique et la berge. Elle renforce la séparation entre domaine terrestre et aquatique. C'est la dureté même du revêtement qui doit réduire l'effet de l'agitation hydraulique sur la berge, le cas échéant les propriétés de cohésion du revêtement reprennent et reportent la composante horizontale de la poussée des terres.

Celles qui forment des revêtements continus (perrés, palplanches...) ne contribuent que peu à l'amortissement de l'agitation des eaux; elles résistent souvent mal aux éventuelles déformations du sol sous-jacent. Elles se dégradent par fatigue et/ou corrosion ; les premiers points de rupture sont des points "singuliers" défaut de la "cuirasse" à partir desquels la dégradation se développe de façon accélérée. Le processus d'érosion peut agir sur les deux faces du revêtement. Les réparations sont souvent délicates à réaliser, elles nécessitent des moyens comparables à ceux utilisés pour l'exécution initiale. Une fois la dégradation devenue insupportable, l'ouvrage est donc plus ou moins complètement renouvelé.

Ouvrage souvent d'une grande uniformité directement soumis aux actions hydrauliques pour leur partie immergée et aux intempéries pour la partie émergée, ils sont peu accueillants pour les organismes vivants. Très peu d'espèces les colonisent et ils n'entretiennent que des biocénoses réduites. Leur attrait biologique s'accroît souvent fortement avec leur degré de dégradation.

Les caractéristiques ci-dessus s'atténuent dans de notables proportions lorsque l'on passe des structures continues aux revêtements alvéolaires et plus épais (gabions, enrochements...).



Dégradation d'une protection en génie civil

➤ Les techniques du génie végétal

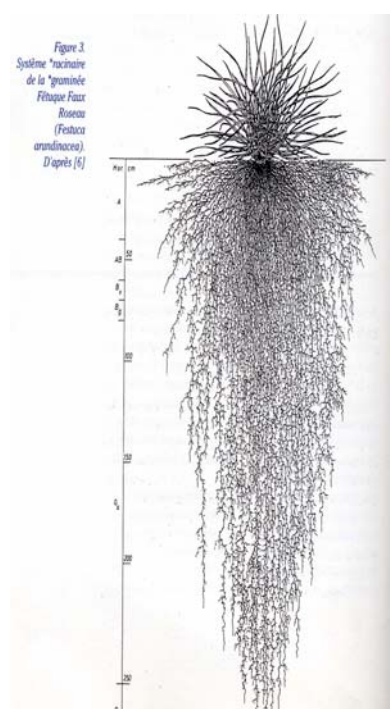


Figure 3
Système racinaire
de la graminée
Fétuque faux
roseau
(Festuca
arundinacea)
D'après [6]

Les techniques du génie végétal mettent à profit la structure fibreuse des végétaux pour construire une défense épaisse et profonde. La partie épigée constitue une première ligne avancée de défense qui dissipe et défléchie l'énergie incidente. La partie hypogée renforce le sol, lui donne de la cohésion et de l'"élasticité". L'ensemble forme un "matelas" qui protège l'arrière-berge à la fois par dissipation de l'énergie incidente par déformation élasto-plastique et par une couche déformable cohérente.

Par ailleurs la dynamique de croissance de végétaux s'adapte aux conditions locales tant par la sélection spontanée des espèces qui se développent que par les adaptations physiologiques de celles-ci. Bien établie, la végétation est apte à réparer spontanément une dégradation accidentelle locale par recolonisation de la partie atteinte. Les végétaux sont peu sensibles aux effets de la fatigue car les éléments structurels sont régulièrement renouvelés par la dynamique de la croissance. Cela n'est évidemment possible que si les sollicitations mécaniques n'excèdent pas la dynamique végétative, de même qu'une prairie ne peut se maintenir que si le pâturage n'excède pas la croissance de l'herbe.

Si nécessaire, les réparations, prises à temps, sont facile à mettre en œuvre et ne nécessitent pas la mise en œuvre de moyens lourds.

Système racinaire de la graminée Fétuque faux roseau KUTSCHER & LICHTENEGGER ; Ed. 1982

Les matériaux utilisés, bois, textiles naturels, offrent des bilans de rejet de gaz à effet de serre (GES) bien plus favorables que les produits qui incorporent de l'acier ou du béton.

La végétation rivulaire fait partie intégrante de la biodiversité du milieu. Elle est à l'origine de chaînes écologiques complexes. Par sa structure et sa diversité spécifique la végétation crée de la variété morphologique et de la diversité d'habitats favorable au potentiel écologique. (vue 18) (vue 19)

Le regain d'intérêt pour les techniques végétales vient de la préoccupation de renforcer la résistance des berges à l'érosion en évitant un certain nombre des inconvénients des techniques traditionnelles, notamment lorsque les sols d'assise sont de qualité médiocre et/ou que les moyens de maintenance deviennent insuffisants. L'expérience montre que la durée du vie des revêtements "durs" excède rarement une quarantaine d'années. (vue 20) (vue 21)

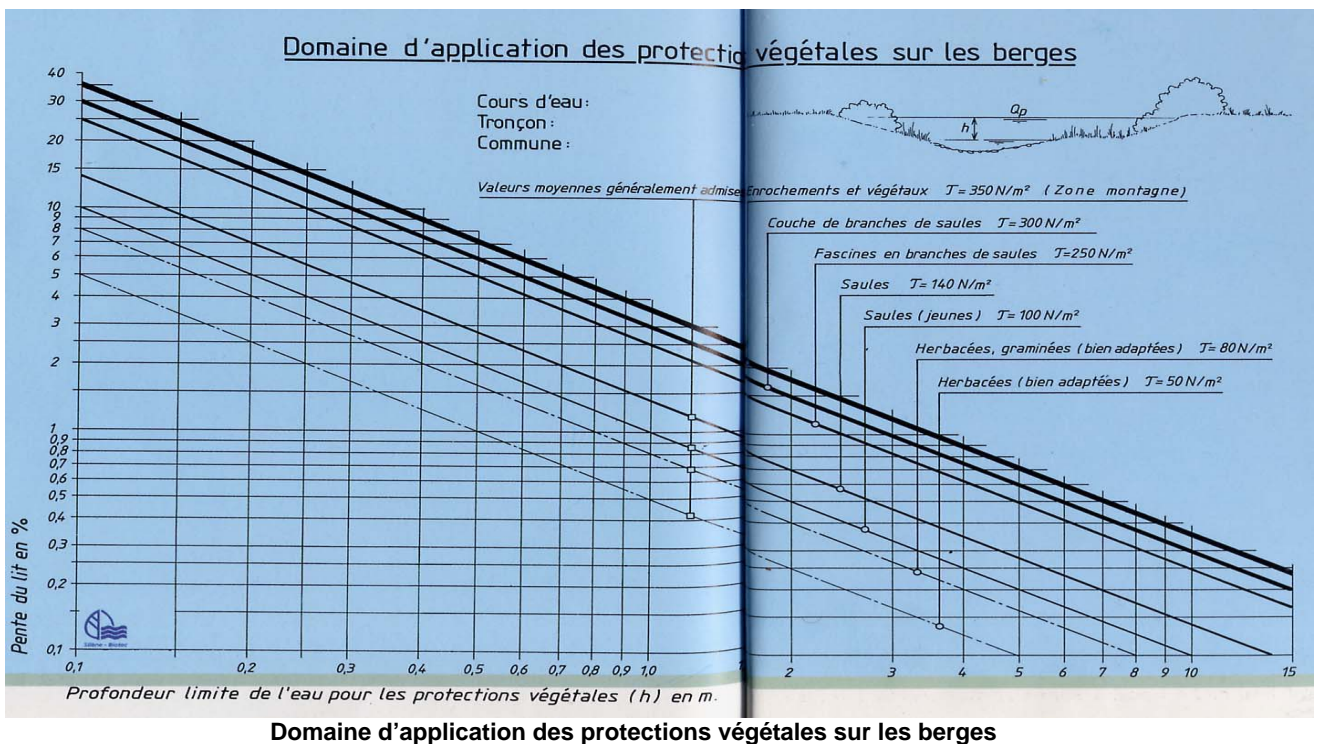
Il a été vu précédemment que la relative pauvreté biologique des biefs de navigation était liée d'une part à la perte de variété des zones rivulaires et d'autre part à la raréfaction voire disparition de zones suffisamment abritées de l'agitation provoquée par la navigation pour permettre le cycle de vie des "petites formes" et la réussite de la reproduction de la plupart des poissons. L'emploi de techniques végétales paraît pouvoir contribuer à corriger ces inconvénients. Au moment où la société et le législateur affichent comme objectif l'amélioration des caractéristiques biologiques (bon état/potential écologique) de toutes les masses d'eau l'essor de ces pratiques peut aider les gestionnaires du domaine public fluvial à répondre à cette demande sociale. (vue 22)

4. Quelles contraintes de mise en œuvre des techniques végétales sur les voies navigables ?

Il est nécessaire de noter quelques aspects spécifiques aux voies navigables pour réussir des aménagements qui puissent répondre aux attentes de leurs concepteurs. Il faut garder à l'esprit que les principes de mise en œuvre des techniques végétales ont été redéveloppés à partir d'expériences menées sur des rivières à courant libre, soit des systèmes qui peuvent être fort différents d'une voie navigable, notamment d'un canal. (vue 26)

Le principe de conception repose sur l'évaluation de la contrainte mécanique, d'origine hydraulique, susceptible de s'exercer sur la berge à protéger. Pour cela sont recherchées les caractéristiques des écoulements auxquelles est soumis le secteur étudié. Pour les rivières à courant libre, les paramètres associés : débit, hauteur, vitesse. (vue 27)

À partir de ces données, il est proposé de rentrer dans un abaque¹ qui indique la/les techniques éventuellement adaptées à la situation. (vue 28) (vue 29)



Il est facile de constater que les paramètres d'entrée proposés ne correspondent pas à la situation d'une voie navigable. Tout au plus noter le classement des résistances, exprimé en "force tractrice", des différentes techniques les unes par rapport aux autres y compris le cas des enrochements, type de protection souvent bien connu des services. Pour éventuellement tirer quelques profits de l'expérience provenant des rivières à courant libre, il est nécessaire d'approfondir un peu la réflexion sur les

¹ Guide de protection des berges de cours d'eau en techniques végétales. Auteur : Bernard LACHAT. Éditeur : Ministère de l'Écologie et du Développement Durable. Date : 1994, réédité en 1999

situations respectives de ces rivières par rapport aux voies navigables et aux buts recherchés dans chacun des cas. (vue 30)

Dans le cas des rivières à courant libre, la zone, dont la protection est recherchée par génie végétal, est l'espace compris entre les niveaux d'étiages et celui des crues les plus fréquentes (2 à 5 ans). Les contraintes hydrauliques s'y exercent essentiellement pendant les périodes de hautes eaux. Cette situation n'est en général rencontrée que de quelques jours à quelques semaines par an en majorité pendant la saison froide.

Les végétaux disposent donc d'une longue saison de végétation au cours de laquelle ils peuvent développer leurs parties aériennes et racinaires sans subir de contraintes hydrauliques importantes.

De plus pendant la saison chaude les nappes sont en général basses, les racines peuvent se développer en profondeur dans un sol convenablement aéré. Même si la nappe remonte en hiver, les risques d'asphyxie racinaire demeurent réduits en raison des basses températures et de la faible activité biologique.

En hautes eaux, la végétation offre des parties aériennes très développées qui freinent le courant en rive et, sous son effet, vont éventuellement se coucher et former ainsi un tapis protecteur vis à vis du sol sous jacent.

Le système racinaire étendu et profond procure une forte résistance à l'arrachement, assure une forte armature du sol qui en améliore la cohésion et accroît sa résistance à la rupture.

Après un épisode de forte hydraulité il est possible que la couverture végétale ait été quelque peu malmenée, mais en général une longue saison de végétation lui permettra de se reconstituer.

(vue 31) (vue 32)

Sur une voie navigable, en particulier sur un canal, c'est la « zone de ressac » dont la protection est recherchée par génie végétal. Cette partie est soumise tout au long de l'année à l'action des mouvements hydrauliques provoqués par le passage des bateaux, l'action ainsi exercée dépend de l'intensité du trafic, de la morphologie de la voie et des conditions de navigation. Pour se maintenir, la végétation doit assurer une croissance moyenne supérieure à l'usure provoquée par le mouvement hydraulique et les autres facteurs de dégradation (animaux, fréquentation du public, intervention d'exploitation ou de gestion...). Par ailleurs, le plan d'eau étant maintenu tout au long de l'année à un niveau pratiquement constant, près de la rive le sol est en général gorgé d'eau et en anaérobiose plus ou moins poussée. De nombreuses espèces végétales rivulaires de cours d'eau ne supportent pas ces conditions de milieu d'hypoxie fréquente en zone racinaire et agression mécanique pendant la saison de végétation. (vue 33) (vue 34)

A priori les végétaux de milieux palustres présentent une meilleure adaptation aux conditions de sol, leur résistance aux agressions mécaniques est moins assurée.

Ainsi l'installation d'une végétation diversifiée et dynamique dans le contexte d'une voie navigable active n'a rien d'évident a priori et la réussite nécessite de favoriser au mieux son développement.

(vue 35)

Il est bien évident que la phase de première installation est une période particulièrement critique. Diverses techniques ont été développées et sont mises en œuvre pour réussir cette transition. Elles sont développées par ailleurs et ne sont pas exposées ici.

Traditionnellement la plupart des dispositifs de défense de berge adopte la forme d'un talus réglé de pente uniforme plus ou moins raide.

À la fin des années 90, le laboratoire d'hydraulique de la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) a testé différents types de talus et différentes conditions de navigations (vitesse, enfoncement, éloignement de la rive) et notamment une disposition comportant une risberme plus ou moins large ou profonde. (vue 36)

A emprise sensiblement égale les profils présentant une risberme permettent un meilleur amortissement des mouvements hydrauliques à l'approche de la rive. Ainsi, la berge subit une contrainte de moindre importance. Cette observation peut être mise à profit lors de la conception d'aménagement de berges mettant en œuvre des techniques végétales. (vue 37)

Le niveau de contrainte ne peut pas être présumé a priori en fonction de la taille du bateau ou de son niveau de charge.

Pour un bateau chargé navigant dans la gamme des vitesses commerciales normales, l'agitation induite varie peu avec la vitesse. Au delà l'agitation croît fortement avec la vitesse. (vue 41) (vue 42)

Les bateaux les moins chargés peuvent provoquer une agitation très supérieure à celle des bateaux à pleine charge dans la mesure où ils ont la possibilité de naviguer plus vite. Cela est également

valable pour les embarcations de plaisance. D'où l'importance de faire respecter/imposer les/des limitations de vitesse par les bateaux légers et la plaisance notamment dans les portions où existent des enjeux particuliers. (vue 43)

Dans la conception l'entretien et la gestion il ne faut pas oublier les contraintes diverses qui peuvent localement se manifester: cassage de glace, présence de bétail, fréquentation du public...(vue 44)

Non, le domaine de la navigation n'est pas qu'un monde d'acier et de béton...
(vue 53)

Contributions au potentiel écologique

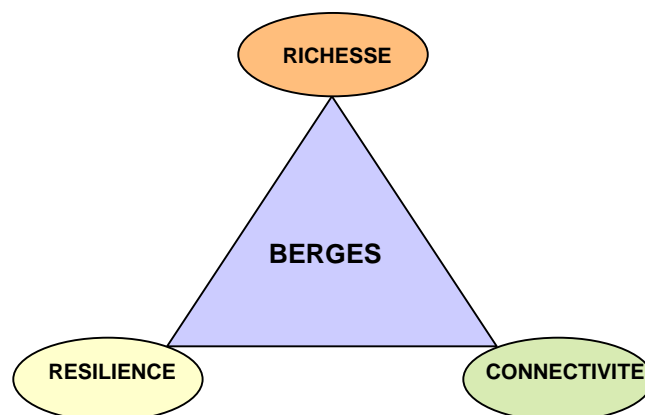
Mme Catherine BOISNEAU, Université de Tours, IMACOF ; catherine.boisneau@univ-tours.fr

Les voies navigables sont des écosystèmes aquatiques dont l'état dépend des modes d'aménagement et d'exploitation. La mise en application de la DCE, transposé en droit français par la loi sur l'eau et les milieux aquatiques, donne un cadre réglementaire explicite à la prise en compte par les gestionnaires des fonctions écologiques du domaine qui leur a été confié. Une compréhension suffisante du fonctionnement du milieu doit permettre d'en améliorer le potentiel écologique à la faveur de travaux d'aménagement et d'entretien.

Quels sont les bénéfices à attendre des différents types d'aménagement de berges susceptibles d'être utilisés, notamment en "matière de génie végétal" et que faut/faudrait-il faire pour améliorer les choses et optimiser ces aménagements en prenant en compte des objectifs portant sur le milieu aquatique et la biodiversité ?

Trois propriétés définissent la dynamique d'un système naturel :

- la richesse : les berges sont des zones d'interactions multifonctionnelles
- la connectivité : Les berges sont des corridors biologiques qu'il convient de protéger : elles permettent le déplacement des animaux et végétaux le long des cours d'eau ou entre habitats.
- la résilience : Les berges sont le siège de résilience (Capacité adaptative d'un système à absorber des perturbations, à retourner à un état plus ou moins identique à celui qui prévalait avant une perturbation). Ces mosaïques complexes (herbacées, arbustives et arborées) constituent un puits de réserve génétique, mieux adapté à des changements environnementaux futurs, où les populations animales et végétales se régulent entre-elles de façon efficace.



Propriétés définissant la dynamique du système naturel

Améliorer le potentiel écologique c'est chercher à maximiser ces trois propriétés.

Techniques végétales et directive cadre sur l'eau

Animateur : Paul MICHELET, DIREN Lorraine

Quels objectifs au regard des exigences de la DCE ?

M. Philippe GOETGHEBEUR, Agence de l'Eau Rhin-Meuse ; goetghebur@eau-rhin-meuse.fr

1. Les objectifs environnementaux de la DCE

La DCE affiche une obligation de résultat, à terme, d'atteindre le « bon état » en 2015 , sauf impossibilités motivées qui permettront d'accepter des adaptations :

- sur les délais: « bon état » en 2021 ou 2027;
- sur les objectifs: « bon potentiel » pour les eaux fortement modifiées en 2015, 2021 ou 2027, « objectifs moins stricts » en cas de pressions polluantes trop importantes.

Le principe fondamental de « ne pas dégrader l'existant » (qui s'entend comme le changement de classe d'état) est également clairement affiché.

2. Les leviers d'action possibles pour l'atteinte du bon état

L'atteinte du bon état nécessite d'une part le bon état chimique et d'autre part le bon état ou bon potentiel écologique. Le bon état physique des cours d'eau n'est pas un objectif fixé par la directive en soi, mais il peut être un levier d'action pour l'atteinte des deux premiers.

En effet, des dégradations généralisées engendrent des milieux banalisés moins fonctionnels. Un mauvais état de l'hydromorphologie impactera donc fortement les peuplements biologiques et la qualité de l'eau.

La « Continuité écologique » pour les cours d'eau (biologie, transit des sédiments,...) est également en lien avec le bon état.

Pour agir sur l'hydromorphologie, les améliorations qui peuvent être proposées pour les voies navigables sont les suivantes :

- Lit majeur* : Recréation de bras morts*, de zones humides* latérales...
- Lit mineur* : Diversification, épis*, franchissabilité des ouvrages.
- Berges : Restauration, diversification, plantation, gestion des érosions...

3. La gestion des berges comme levier d'action

Les érosions de berges sont des facteurs d'équilibre et de régulation de la dynamique fluviale. Elles introduisent des diversités de faciès tout à fait favorables à la diversité biologique. Leur blocage ne va pas dans le sens du bon état.

L'esprit de la DCE est d'améliorer et d'engager la prévention plutôt que de gérer les problèmes a posteriori. Il s'agit donc de définir des priorités d'intervention correspondant aux problèmes objectifs observés.

La gestion préventive doit donc être le premier levier d'action : il s'agit d'avoir recours à une gestion douce du lit et des berges des cours d'eau :

- sélection de la végétation
- restauration d'un équilibre hydraulique et biologique sans surintervention.

Les interventions de protections de berges sont donc à limiter aux seules zones d'intérêt général. Dans ces cas, un aménagement en techniques végétales peut permettre de répondre au problème d'érosion tout en préservant ou en restaurant les fonctionnalités de la berge.

Pour réussir la mise en œuvre d'une technique végétale, il est nécessaire de :

- Ne pas surdimensionner les techniques,
- Définir correctement les travaux,
- Recruter une entreprise compétente,
- Suivre les reprises de l'aménagement

4. Quels moyens?

L'Agence de l'Eau Rhin Meuse accorde des aides pour :

- Des opérations globales sur l'ensemble d'un bassin (étude intégrée, globale...),
- Des opérations de démonstration : techniques ou « organisationnelles », notamment pour les actions les plus ambitieuses de renaturation.

Des taux incitatifs de 40 à 60% ont été mis en place, dans la limite de 80% d'aides publiques.

Les montants nécessaires pour atteindre le bon état (DCE) sur le territoire de l'AERM sont estimés à 300.000.000 € de travaux.

L'engagement de Seine-Nord Europe pour atteindre les objectifs de la DCE : Aménagement des berges du canal

M. David BECART, VNF – Mission Seine Nord Europe ; david.becart@vnf.fr

Intervention annulée

Les berges du canal Seine-Nord Europe constituent l'interface entre l'infrastructure navigable et les territoires traversés. Leurs fonctions sont multiples, elles constituent tout à la fois :

- une protection contre le batillage, c'est à dire contre l'érosion provoquée par le passage des bateaux ;
- une interface logistique entre la voie et les autres modes de transport (quai de déchargement, ports fluviaux) ;
- un accès pour l'exploitation et l'entretien du canal (chemin de service)...
- un abri ou un lieu de reproduction d'espèces aquatiques ;
- un lieu d'activités de loisir ou de promenade ...

Une réflexion globale à l'échelle du projet sur l'aménagement des berges est donc essentiel pour remplir, éventuellement conjointement, ces fonctions vitales pour la navigation et pour le développement local.

1. Les contraintes techniques : le profil des berges et la protection contre le batillage

Il existera sur le canal deux types de profil de berge :

- Un **profil en rectangle**, là où l'emprise du canal doit être minimale, notamment dans les secteurs densément urbanisés. Cela nécessite un renforcement de la tenue de la berge par des palplanches ou du béton, qui assure également le rôle de protection contre l'érosion.

- Un **profil en trapèze** partout ailleurs, celui-ci permet une meilleure tenue des berges et des possibilités d'aménagement plus diversifiées. La protection des berges contre l'érosion peut alors se faire grâce aux enrochements, très efficaces pour protéger les berges notamment quand ils sont massifs ou aux protections végétales, qui utilisent des plantes et des arbustes pour conférer aux berges une meilleure résistance à l'érosion.

Si l'utilisation des palplanches et du béton est à retravailler d'un point de vue économique et écologique à des zones spécifiques, l'alternance de techniques minérales et végétales crée une diversité de substrats qui permet un développement d'une flore et d'une faune variées sur les berges. Elle crée également une diversité de paysage qui peut être facilement mise en cohérence avec les territoires traversés.

Il est à noter que ces différents types de protection de berges peuvent être combinés pour associer efficacité technique et intérêt

environnemental. On les appelle alors « techniques mixtes ».

Ces aménagements sont conçus pour permettre dans tous les cas la remontée des animaux et le maintien des corridors biologiques.

2. L'aménagement des berges

Les berges du canal Seine-Nord Europe en plus de remplir leur fonction technique pourront être associées à différents types d'aménagement pour les rendre plus attrayantes d'un point de vue paysager ou touristique et plus fonctionnelles d'un point de vue écologique. Quelques exemples d'aménagements sont présentés ci-après :

Le **chemin de service**, habituellement situé directement au bord de la voie d'eau pourra ponctuellement être écarté du tracé afin de faciliter l'installation d'activités bord à voie d'eau ou d'annexes hydrauliques dans un but environnemental (voir ci-dessous). Cette disposition, mise en œuvre sur le canal Main-Danube, permet de mieux intégrer l'infrastructure dans le paysage en brisant l'aspect linéaire du canal.



Canal Main-Danube (Allemagne) : le chemin de service est légèrement décalé pour laisser place à une aire de loisir.

Des **annexes hydrauliques** peuvent être constituées au bord du canal. Ces annexes peuvent être de plusieurs types :

- les **berges lagunées** : ce sont des aménagements qui consistent en la réalisation d'un espace en eau à vocation écologique et paysagère en arrière de la protection de berge. Ces zones agrémentées de plantes aquatiques ou héliophytes jouent un rôle important pour le développement et la reproduction d'espèces aquatiques, notamment piscicoles. Elles peuvent également jouer un rôle d'épuration de l'eau.

25,5 kilomètres de berges seront aménagées selon ces principes.

- les **annexes hydrauliques** : ce sont des espaces aquatiques plus étendus qui peuvent présenter, dans un objectif environnemental, des zones hors d'eau (prairies humides, îlots, bosquets,...). Chaque bief disposera d'au moins une annexe hydraulique contribuant ainsi dans l'esprit de la directive européenne sur l'eau à l'atteinte d'un bon potentiel écologique pour le canal Seine-Nord-Europe. Elles représentent une surface de 13,5 hectares répartis sur 6 sites.



Berges lagunées sur la Deûle à Grand gabarit – Port de Lille

Ces aménagements nécessitent une emprise importante et ne peuvent être envisagés que lorsque le niveau du canal est proche du niveau du terrain naturel. Pour chacun de ces aménagements des objectifs écologiques seront définis sur la base des inventaires naturalistes réalisés dans le cadre du projet. L'évolution de ces zones à vocation écologique fera l'objet d'un suivi scientifique régulier, plusieurs années après la réalisation du canal.

EN BREF

L'aménagement des berges du canal est un élément important du projet car il permet de créer un lien entre le canal et les territoires traversés. De nombreuses possibilités sont offertes tant d'un point de vue paysager, touristique, écologique...

Etat de l'Art des techniques

Animateur : Paul MICHELET, DIREN Lorraine

Attentes de la maîtrise d'ouvrage, analyse des contraintes du site

M. Patrick ADOLPH, DIR Nord-Est de VNF
Patrick.adolph@developpement-durable.gouv.fr

1. Problématique

Les voies navigables sont soumises à de nombreuses contraintes, qui peuvent engendrer des dégradations des berges. Sur les canaux artificiels le batillage est la principale source de ces dégradations, qui peuvent à leur tour générer des problèmes de fuites. Sur les rivières naviguées, l'effet des crues vient s'ajouter à ces contraintes et peut également générer ou aggraver ce type de dégradation.

Le prix de réfection des berges varie fortement selon la technique employée, le maître d'ouvrage se trouve donc confronté à des choix qu'il doit savoir hiérarchiser.



Batillage

2. Le diagnostic et la logique d'intervention

La réalisation d'un diagnostic sur l'ensemble du linéaire des berges permet donc de dégager des priorités d'intervention et d'élaborer un programme pluriannuel de restauration. Ce diagnostic permet également de définir des objectifs de restauration selon les contraintes identifiées sur le site. Ce diagnostic se base sur un état des lieux.

Cet état des lieux initial doit permettre :

- d'identifier les enjeux
- d'évaluer la nécessité d'intervention
- d'identifier la nécessité de réaliser des études complémentaires
- de définir les modalités d'intervention

Au vu de cet état des lieux, la logique d'intervention est la suivante :

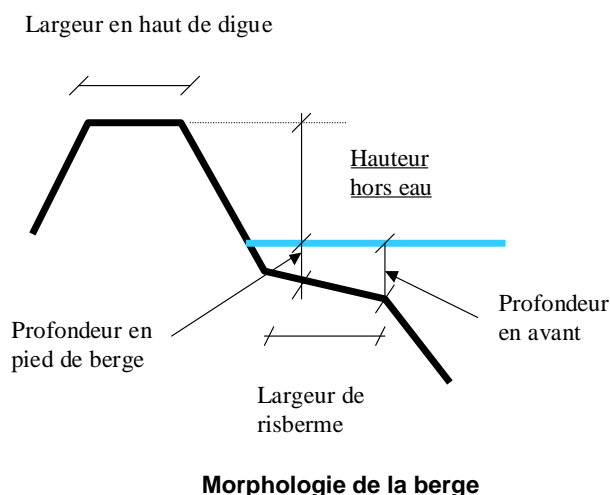
- Faut-il réellement intervenir ? (évaluer les conséquences d'une non intervention)
- Évaluer si une gestion ciblée de la végétation existante peut enrayer l'érosion
- Évaluer si les techniques végétales peuvent satisfaire à la résolution des problèmes
- Établir si des techniques combinées peuvent pallier au problème
- Appliquer, seulement à ce stade, une technique habituelle de génie civil raisonnable et proportionnée.

Exemple : Diagnostic par priorité sur le canal des Vosges

	Canal des Vosges
Linéaire canal	264775
Priorité 1	10165 4%
Priorité 2	11640 4%
Priorité 3	12340 5%
Total	34145 13%

3. Le choix des techniques

Le choix des techniques doit être réalisé au cas par cas, notamment en fonction de la morphologie de la berge. La maîtrise d'œuvre doit, à ce stade, jouer un rôle fondamental dans le choix de la technique.



Analyse de la demande du Maître d'Ouvrage

M. Simon JUND, Bureau d'études Sinbio ; Simon.Jund@Sinbio.fr

Lorsque des travaux ont été décidés, quels sont les éléments à prendre en compte pour définir le projet à mettre en œuvre ? Le maître d'œuvre doit définir la technique en fonction des caractéristiques du site (géométrie des berges, occupation des terrains, ..). Il définit également les matériaux à mettre en œuvre, les modalités d'intervention...

Après le suivi des travaux, il doit également définir l'entretien et le suivi qui doit être réalisé pour la pérennité des ouvrages réalisés.

1. Le diagnostic détaillé

La première étape du travail du maître d'œuvre est de diagnostiquer la nature des dégradations et l'état physique de la berge :

- analyser les causes de dégradation: batillage, érosion directe (crues sur cours d'eau navigables), fuites d'eau à travers la digue, instabilité géotechnique de la digue, « minage » des berges par les rats, etc;
- relever les caractéristiques de la berge en distinguant la partie inférieure (immergée) et la partie supérieure (émergée): hauteurs, pentes, profondeurs d'eau, présence d'une risberme, présence et état d'anciens ouvrages, végétations,



Phénomènes d'érosion de berges

Dans un second temps, le maître d'œuvre identifie les principales contraintes et les facteurs influant ou limitant l'application des techniques végétales :

- les facteurs hydrauliques: débits caractéristiques et hauteurs d'eau associées (niveau normal de navigation, étiages, crues), fréquence et intensité du batillage, marnage, périodes et fréquences de submersion des berges, profondeur d'eau en pied de berge;
- les facteurs liés aux caractéristiques et aux fonctions des berges et des digues: stabilité géotechnique, ouvrage de soutènement, chemin de halage, besoin d'étanchéité;
- les usages sur berges et sur la voie d'eau: fréquentation et activités humaines;
- les modes de gestion de la voie d'eau: fréquences et périodes de mise à sec, pratique de « brise-glace », faucardage, etc;
- les facteurs « naturels »: caractéristiques des sols, des eaux et de la végétation, ensoleillement, présence d'espèces végétales envahissantes, pressions animales (abrutissement par les oiseaux d'eau, animaux fouisseurs);

2. Le choix des solutions techniques

Les principales contraintes et éléments caractéristiques identifiés et analysés lors du diagnostic permettent ensuite :

- d'orienter le choix des techniques végétales;
- de définir la nécessité (ou non) de combinaison avec d'autres techniques; palplanches, enrochements, gabions, ouvrages bois;
- et de préciser les mesures d'accompagnements: équipements particuliers pour la gestion des usages et des fréquentations (pontons, placettes, accès à l'eau), signalétique, dispositifs de protection contre les animaux, modes de gestion-entretien;

Le choix définitif des solutions de protection de berges par techniques végétales nécessite de bien prendre en compte toutes les fonctions et intérêts des différentes formations végétales ainsi reconstituées.

Outre l'objectif de stabilisation (destiné à assurer la sécurité des biens et des personnes et à garantir la pérennité des ouvrages), il est donc indispensable, de préciser les objectifs complémentaires d'amélioration des fonctions écologiques et paysagères des berges :

- créations d'habitats, de zones refuges ou de reproduction pour la petite faune (oiseaux, poissons, batraciens, insectes,...),
- renforcement des biotopes palustres et amélioration des corridors biologiques (déplacements de la faune),

- amélioration de la qualité des eaux par auto-épuration,
- améliorer l'attrait paysager des berges (recréer un nouveau paysage).

Plusieurs exemples de travaux sont présentés.

Réalisation des travaux

M. Dominique WELKER, Entreprise « SW Environnement »; sw-environnement@wanadoo.fr

La compétence technique de l'entreprise sélectionnée pour réaliser les travaux est fondamentale. Dans le cadre d'un appel d'offres pour la réalisation de ce type de chantier, SW Environnement souligne l'importance pour l'entreprise d'avoir des informations précises sur les exigences techniques de réalisation (type de matériel utilisé, quantité, accès au site, etc.) dans le cahier des charges. En dépendent la réussite et le prix du projet.

Cette présentation illustre les contraintes qui se posent à l'entreprise qui doit réaliser les travaux. L'accès au site, les modalités techniques de réalisation de l'ouvrage, les matériaux demandés ont une influence sur le prix de réalisation de l'ouvrage.

Atelier 1 - Diagnostic, choix des techniques et durabilité

Animateur : M. Noël TERRACOL, CETE de Lyon
Rapporteur : M. Mathieu GALIANA, CETMEF

Mme Alice MONARD, VNF DIR Nord-Est ; alice.monard@developpement-durable.gouv.fr
Mme Delphine Le Bris, CETE de Lyon ; delphine.lebris@developpement-durable.gouv.fr
M. Philippe ADAM, BIOTEC ; biotec@biotec.fr

Problématique

Les berges de canaux et de rivières navigables assurent de nombreuses fonctions (physique, socio-économique, paysagère, biologique...) et leurs dégradations sont principalement dues au batillage et à l'état de la végétation rivulaire. Lorsqu'il est envisagé de les protéger, la prise en considération des contraintes du site et de ses enjeux (sécurité des usagers, environnement...) est essentielle. Il peut alors être fait le choix de recourir à :

- des techniques de protection issues du génie civil dites « dures » (enrochements, palplanches...), qui sont à réserver aux secteurs à fortes contraintes géométriques et hydrauliques;
- des techniques végétales (fascines d'hélophytes, tressages...), quand les contraintes hydrauliques sont modérées et que les disponibilités foncières en crête de talus externe permettent un retalutage en pente douce ;
- des techniques mixtes, qui sont une association d'éléments de techniques dites « dures » et de végétaux vivants.

Un aménagement en technique végétale doit être conçu au cas par cas. On ne peut transposer un aménagement efficace sur un site à un autre site. Il est nécessaire de prendre en compte tous les éléments et contraintes du site initial pour concevoir la technique, puis de prendre toutes les précautions nécessaires pour la mettre en place. Quelles sont les différentes clés de la réussite d'un aménagement ?

Les thèmes abordés lors des interventions, qui se sont appuyées sur de nombreux exemples de retour d'expérience (tableau 1), et lors des discussions sont :

- le diagnostic;
- le choix des techniques;
- la durabilité;
- l'efficacité des techniques.

Exemples de retour d'expérience

Nom de la voie navigable	Type d'aménagements	Année des travaux
Saône à grand gabarit	Risberme d'hélophytes + tunage	2006
Petite Saône	Fascines d'hélophytes + gabions	2004
Saône à grand gabarit	Double tressage	1998
La Lys (petit gabarit)	Fascine d'hélophytes	1995
Sambre (petit gabarit)	Enrochements + techniques végétales	1998
Estuaire de la Seine	Blocs calcaires + techniques végétales Gabions+techniques végétales avec double agrafes et treillis métallique	2002 2003 (plage essai) puis 2005 (généralisation)
Réseau SN NE (canal des Vosges, Meuse, Ardennes...)	Tous types de techniques végétales	Depuis les années 90

Le diagnostic

D'un point de vue opérationnel, la Direction Interrégionale du Nord-Est de VNF propose une démarche de diagnostic en trois temps :

- l'élaboration d'un diagnostic et d'un programme de restauration par itinéraire;
- l'état des lieux initial (avant travaux);
- l'état des lieux final (après travaux).

Le diagnostic a pour objectif d'obtenir une vision globale et cohérente de l'ensemble des canaux et des rivières navigables. Il aboutit à un programme de restauration pluriannuel. Le travail consiste dans un premier temps à réaliser un diagnostic visuel de l'ensemble des berges, à identifier les tronçons homogènes en fonction de la nature des berges et de leur état, puis à hiérarchiser ces tronçons homogènes en fonction des risques encourus. Dans un second temps, des solutions chiffrées adaptées à chaque tronçon dégradé sont proposées. Il en résulte au final un programme d'interventions chiffré à court, moyen et long terme.

L'état des lieux initial a pour objectif de préparer la phase « avant-projet » des travaux pour un tronçon donné. Le demandeur des travaux, qui est généralement la subdivision, doit remplir une fiche, dont le contenu s'inspire fortement d'une notice d'incidence. Parmi les rubriques de cette fiche on peut citer : la présentation du site et des problèmes rencontrés; l'évaluation environnementale du site (au sens large); la solution technique envisagée (avec un chiffrage et une coupe précise à l'appui); les modalités d'intervention (mode d'exécution, calendrier, ...); l'entretien et le suivi; la prise en compte des enjeux réglementaires; ...

L'état des lieux final a pour objectif de faire un comparatif du site avant et après travaux. Il consiste notamment à établir le bilan environnemental sur le même modèle que celui de l'état des lieux initial, afin d'apprécier l'évolution du milieu. Il constitue également une base pour un suivi ultérieur de la performance environnementale. Un guide de suivi est établi pour suivre régulièrement l'évolution des travaux après réalisation, notamment la bonne tenue de la technique et la bonne reprise des végétaux. L'état des lieux final permet, en lien avec ce guide de suivi, d'apprécier la bonne tenue de la technique et d'envisager, le cas échéant, les suites à donner (faire jouer les garanties de parfait achèvement ou de reprise des végétaux, faire de nouveaux aménagements, ...).

Le choix des techniques

Le dimensionnement de techniques végétales doit s'inspirer des modèles naturels. La protection projetée doit à terme devenir un aménagement similaire à celui d'une évolution naturelle, c'est à dire sans qu'il n'y ait eu intervention humaine.

Le copier-coller de profils types est à proscrire, chaque projet est un cas particulier. Le dimensionnement doit passer par une phase d'observation du milieu récepteur (climat, type de sols, végétation existante...) et par une phase de compréhension des contraintes érosives (batillage, courants...). Il est essentiel de protéger le pied des berges, de couvrir au maximum les sols, de favoriser le mélange des espèces et de privilégier les aménagements avec pentes douces.

Il est préférable de planter les hélrophytes sur les parties émergées à environ 10 cm au dessus de l'eau. En effet, dans le cas de risbermes d'hélrophytes immergées, on peut avoir des problèmes de tenue et d'étouffement des mottes par des algues filamenteuses dont l'apparition est principalement due à l'eutrophisation des eaux des canaux navigables.

Il est important de garder à l'esprit que les ratios de coûts donnés dans la littérature ou autres documents ne tiennent généralement pas compte des travaux préparatoires (nettoyage du site, pistes d'accès, ...). Le montant de ces travaux préparatoires peut parfois s'élever jusqu'à 50% du coût de la protection.



Fascines d'hélophytes sur la Lys (photo Biotec)



Protection par risberme d'hélophytes sur la Saône. Le tunage dans ce cas ne sert qu'à gagner de la hauteur de berge (photo CETE Lyon)

La durabilité

Dans un souci de pérennisation de l'aménagement, il faudrait responsabiliser les entreprises en mettant au point des garanties de stabilité, de reprise et d'entretien sur trois saisons végétatives. Pour la garantie de reprise, le paiement pourrait se faire sur plusieurs années (par exemple sur trois années, avec un montant versé de 50% la 1ère année, de 30% la 2ème année et de 20% la 3ème année). Cette manière de procéder, fréquente dans le domaine de l'assainissement, paraît compliquée d'un point de vue administratif mais il n'y a pas d'obstacle à sa bonne réalisation à partir du moment où tout a bien été identifié dans le marché (pour éviter tout problème de comptabilité, il faut au moins que le procédé de paiement en trois années successives soit pris en compte dans l'Acte d'Engagement, le CCAP et la formule de révision des prix, avec une obligation de prix du marché révisables).

Lors de la garantie d'entretien, il est primordial d'éliminer les plantes indésirables et de procéder à un fauchage au moins une fois par an des parties hautes avec une évacuation des résidus de fauche pour aider au développement de certaines espèces. Les zones basses plantées d'hélophytes ne doivent pas être fauchées. A court terme, c'est à dire lors des deux premières années, le fauchage est fondamental pour la pérennité de la protection. A long terme, un fauchage à des périodes de temps très espacées est plutôt un point positif pour l'aménagement.

L'efficacité des techniques

Les points clés de la réussite d'une technique végétale sont les suivants :

- réaliser un véritable diagnostic avant de définir le projet
- adapter le choix et le dimensionnement de la technique au milieu naturel et aux contraintes érosives (batillage, courant...)
- protéger le pied des berges, couvrir au maximum les sols, favoriser le mélange des espèces et privilégier les aménagements avec pentes douces
- sélectionner une entreprise compétente pour la réalisation des travaux
- réaliser les travaux à une période favorable
- un bon suivi et un bon entretien des aménagements, par des personnes compétentes (voir atelier 3).

Le suivi est nécessaire pour l'évaluation de la technique. Malheureusement, dans le cadre des travaux actuels, il manque des moyens quantitatifs et des informations sur l'état initial des berges pour juger de la réelle efficacité des techniques. Jusqu'à présent, ce sont souvent des berges situées à proximité des travaux d'aménagement qui servent de berges témoins pour donner des informations sur l'état initial de la berge aménagée. Dans l'avenir, une meilleure analyse de l'état initial des berges devrait être faite et il restera à développer des moyens quantitatifs pour évaluer l'impact de la technique. In fine, on s'interroge s'il ne pourrait pas être mis en place des partenariats avec l'ONEMA permettant d'évaluer l'amélioration du potentiel écologique (tendant vers le bon potentiel) suite aux travaux d'aménagements.

Atelier 2 - Retombées environnementales et suivi écologique

Mercredi 2 avril - 14h-17h

Animateur : Philippe LEFRANC, VNF DIR Nord-Est
Rapporteur : Claire ALBIN, VNF Siège

Problématique

Protéger une berge en technique végétale plutôt qu'en palplanches permet de concilier objectif de stabilité et respect des milieux aquatiques et rivulaires. Agir sur la restauration des berges pour améliorer l'état physique des voies navigables est un levier pour l'atteinte du bon état des masses d'eau. Mais quelles sont les retombées environnementales concrètes de ces aménagements ? Et comment les évaluer ?

Un contexte : la Directive cadre sur l'Eau - Le réseau de suivi hydrobiologique

M. Guillaume DEMORTIER, Agence de l'Eau Rhin-Meuse ; demortier@eau-rhin-meuse.fr

La mise en œuvre de la DCE passe, en France, par la mise en place d'un plan de gestion (SDAGE) définissant les objectifs à l'échelle d'un bassin, puis par la définition d'un programme de mesures (PDM) énumérant les actions nécessaires pour atteindre le bon état en 2015 (voire 2021 ou 2027). Comme d'autres, en sa qualité de gestionnaire, VNF est pleinement concerné par ces dispositifs. Il est nécessaire que tout gestionnaire de cours d'eau et voies navigables s'approprient ces éléments, et notamment le programme de mesure, le classement des masses d'eau gérées et les objectifs associés.

Les dispositifs de surveillance des masses d'eau prévus dans la DCE font appel à différents indices biologiques. Pour évaluer les impacts d'aménagements réalisés et vérifier l'évolution de la masses d'eau vis-à-vis de son objectif de bon état ou de bon potentiel, il est nécessaire que le gestionnaire maîtrise ces méthodes de diagnostic pour mettre en place des suivis écologiques « DCE compatibles ».

Suivi écologique des berges restaurées en techniques végétales : les éléments à prendre en compte pour monter le CCTP

Mme Delphine GUETTIER, VNF DIR Nord-Est ; delphine.guettier@developpement-durable.gouv.fr

Le suivi écologique doit être conçu en amont du projet. Il comprend différentes étapes identifiées dans un protocole : il se met en place dès l'état des lieux et est mis en œuvre tout au long du déroulement de l'opération.

Si le suivi écologique n'est réalisé qu'après les aménagements, sans aucune information sur l'état initial, ce sont alors des berges situées à proximité des travaux d'aménagement qui servent de berges témoins pour donner des informations sur l'état initial de la berge aménagée. Ces informations ne sont alors qu'indicatives, il est donc important de concevoir le suivi avant les travaux et de dresser un état initial réel.

L'étude à mettre en place doit constituer un suivi approfondi ponctuel qui complète le suivi régulier qui lui, a pour objectif, d'évaluer les performances de la protection de berges.

Ce suivi doit permettre de mettre en évidence l'impact des techniques sur l'environnement, de tirer les enseignements sur la pertinence des actions de restauration mises en œuvre pour améliorer les techniques, de proposer des recommandations pour la gestion et l'entretien des berges et de déterminer les critères permettant d'apporter une plus-value environnementale.

Compte-tenu des différentes configurations que l'on peut rencontrer en terme de berges et de milieux (rivières naturelles, rivières canalisées, canaux) il apparaît difficile de définir un cahier des charges « type » qui sera adapté à toutes les restaurations. Par contre, il est possible de définir quelques critères à prendre en considération lors de l'élaboration de ce cahier des charges.

Pour la mise en place du suivi, il est tout d'abord nécessaire de s'interroger sur le choix du site d'étude. En effet, pour obtenir une bonne représentativité des résultats et éviter les biais d'interprétation, il faut sélectionner un site où le linéaire restauré est suffisamment important, où les perturbations anthropiques seront limitées et où les conditions d'environnement proche n'influeront pas sur les résultats.

Ensuite, le choix des stations au sein du site d'étude est primordial.

Plusieurs possibilités sont offertes : comparaison de la même berge avant et après travaux ou comparaison de la berge restaurée à une berge traitée en technique « dure ». Cependant, dans tous les cas, les stations à comparer devront présenter des caractéristiques environnementales proches. (exposition au vent, ensoleillement...)

L'autre point important porte sur la définition des descripteurs. Celle-ci doit se faire au moment de l'état des lieux initial, réalisé avant travaux, et doit être adaptée à la configuration du site.

Ainsi, pour obtenir une information minimale pertinente, des inventaires floristiques et faunistiques, portant sur les macroinvertébrés benthiques et la faune piscicole seront réalisés, l'état physique de la berge sera observé et des analyses physico-chimiques de l'eau seront réalisées.

En fonction du site, ces inventaires pourront être complétés par l'étude de l'avifaune, des insectes, des mammifères...

Enfin, des éléments comme la période de réalisation et la fréquence du suivi devront être étudiés.

Selon les descripteurs choisis, la prestation devra être réalisée à des périodes bien spécifiques de l'année et cela devra rester compatible avec les périodes de travaux programmés tels que les chômages et les dragages.

Les indicateurs : Habitats et productivité piscicole des berges aménagées

M. Pascal MICHEL, Bureau d'études HYDROSPHERE ; pmichel@hydrosphere.fr

1. Evaluation de la productivité piscicole des berges : Technique de la pêche aux alevins

La pêche aux alevins est une nouvelle forme de pêche scientifique. Comme son nom l'indique, elle vise principalement à capturer les jeunes poissons de l'année. Cette approche très spécifique permet d'obtenir des informations nouvelles sur le peuplement en place et sur les caractéristiques du milieu aquatique. En effet, les alevins reflètent la dynamique des populations, notamment leur capacité de renouvellement, renseignent sur les espèces qui se reproduisent sur un site et permettent de localiser et de décrire finement les zones de croissance.



Pêche aux alevins

Enfin, les alevins sont de bons intégrateurs de la qualité du milieu aquatique car ils sont beaucoup plus sensibles que les adultes à une dégradation des habitats ou de la qualité de l'eau. Les alevins répondent immédiatement, et très nettement, à toute perturbation du milieu par des modifications de diversité et d'abondance. Leur étude permet donc de mieux mesurer les différentes formes d'altérations des écosystèmes rivulaires.

La pêche aux alevins se pratique à l'électricité avec du matériel portatif alimenté par batterie, une anode de faible diamètre et une embarcation légère. Elle est menée selon le protocole des « ambiances ». Cette technique consiste à prospecter différentes catégories de berges qui se distinguent par des caractéristiques homogènes notamment par leur morphologie ou leur végétation. La productivité piscicole est déterminée ensuite pour chacune d'elles.



Identification d'alevins

Pour chaque ambiance, les prélèvements sont réalisés selon la méthode des Echantillonnages Ponctuels d'Abondance (EPA). Il s'agit de se baser sur un certain nombre de points de pêche, de faible surface, afin de quantifier l'effort de pêche (nombre moyen de poissons/EPA). Cette technique discrète limite les biais d'échantillonnage et s'avère la plus efficace.

Il n'existe pas aujourd'hui d'indice normalisé concernant ce type de pêche mais Hydrosphère a développé un indice expérimental : l'Indice de Qualité de Frai (IQF) basé sur la diversité des alevins, la productivité et la sensibilité écologique des espèces inventoriées. Cet outil présente, à ce jour, l'avantage de proposer un protocole reproductible permettant d'apprécier la qualité et la fonctionnalité hydroécologique relative d'un site en proposant une note de qualité /20.

La nature des résultats permet d'envisager plusieurs formes d'application de la méthode :

- Comparaison des habitats stationnels (identifier les habitats fonctionnels à préserver)
- Suivi interannuel de la productivité d'une station (Altération ou amélioration du milieu - explication des pêches adultes) les conditions hydroclimatiques doivent impérativement relativiser les résultats
- Evaluer l'impact des travaux sur la productivité piscicole (pêche avant/après)
- Comparaison interstationnelle (interprétation relative, instauration d'un réseau, étude fonctionnelle d'un bassin...)

2. Détermination des potentialités piscicoles des berges (PIIB)

➤ Contexte

Plusieurs outils ont été développés pour les petits cours d'eau pour évaluer les habitats piscicoles (approche des "microhabitats"). Le logiciel EVHA, (Cemagref 1995) calcule l'incidence des variations brutales de débits sur la fonctionnalité des habitats, notamment pour les populations de truites. Plus récemment, la DR de Lyon a développé une méthode de quantification et d'attractivité des habitats piscicoles pouvant mesurer l'impact des travaux de restauration.

Les aménagements de berges des grands cours d'eau sont soumis à la loi sur l'eau depuis 1992. A ce titre, ils doivent faire l'objet d'une étude indiquant l'incidence de l'opération et, s'il y a lieu, les mesures compensatoires ou correctives. Or, les conséquences des aménagements physiques sur les biocénoses aquatiques sont particulièrement délicates à estimer.

L'analyse de l'impact de ces aménagements s'avère problématique dès 1995, avec le développement croissant des grands projets (Seine, Oise, Marne...). La seule application des indices hydrobiologiques et piscicoles (IBGA, Indice poisson) s'avère insuffisante pour répondre aux exigences des textes et au souci du respect de la qualité des milieux aquatiques. Une méthodologie, fiable, reproductible, également basée sur l'approche des microhabitats, devait être élaborée afin de définir l'intérêt biologique de ces berges et de quantifier assez précisément l'impact de leur aménagement.

En 1997, Hydrosphère développe une première version d'un système expert (PPIB : Potentialités Piscicoles des Berges) répondant à cet objectif.

➤ Principe

Cette méthode est inspirée de travaux Canadiens menés sur l'évaluation des potentialités écologiques des zones littorales des milieux lacustres (Meunier & Lefevre 1979).

En pratique, il s'agit de relever, tous les 10m, une douzaine de paramètres descriptifs de la mosaïque des habitats rivulaires (hauteur d'eau, granulométrie, végétation, sous berge....).

La méthode conjugue une approche quantitative (cote d'abondance) et qualitative (cote d'intérêt), permettant d'attribuer, pour chaque point de relevé, une cote fonctionnelle vis-à-vis de l'abri, la nutrition et le frai des espèces lithophiles et phytophiles. La hiérarchisation et l'analyse des paramètres biologiques et physiques s'appuient sur les connaissances scientifiques actuelles concernant la biologie et l'éthologie des espèces piscicoles européennes, mais aussi sur une approche d'expert.

La méthode permet ainsi d'estimer la qualité des potentialités piscicoles le long d'un tronçon de berge, avec, pour chaque fonctionnalité, une indication de la qualité tous les 10m (Nulle à très faible, Faible, Moyenne, Satisfaisante, Excellente).

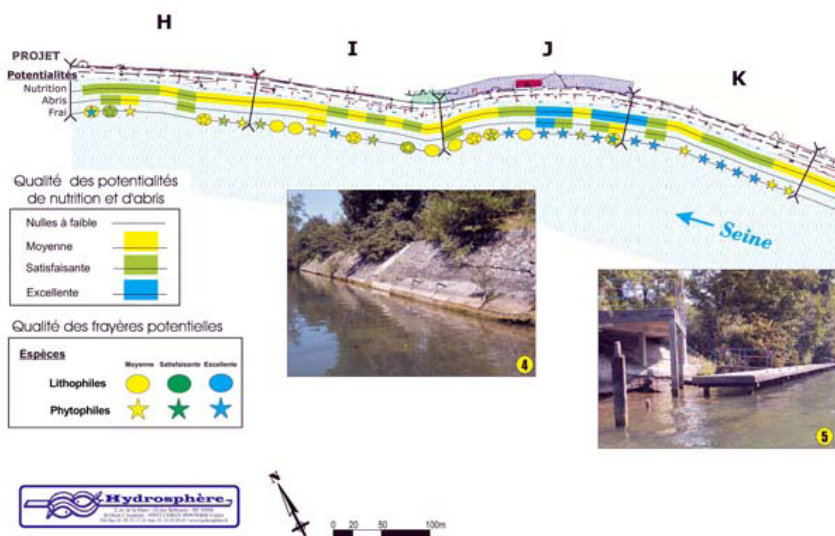
Ces potentialités piscicoles « ponctuelles » sont globalisées sur un linéaire constant (tronçons de 200m), afin de pouvoir comparer les différents secteurs d'un même projet et les résultats d'un site à l'autre.

➤ Résultats

Les résultats des calculs du PPIB sont exploités sous forme de cartes et de tableaux de synthèse (cf exemples cicontre).

IMPACT ABSOLU DES AMÉNAGEMENTS SUR LES POTENTIALITÉS						
Séquences d'aménagement	Tronçons	longueur éboulé	DE NUTRITION		DE FRAI	
			NUTRITION	ABRI	Lithophiles	Phytophiles
A	1	200 m	-0,5	+3	-0,75	+2,85
	2	200 m	-0,35	+3	0	+2,4
B	1	200 m	+1,71	+3,66	+1,1	+2
	2	200 m	+1,71	+3,81	+1,1	+2,1
	3	210 m	+1,77	+3,95	+0,96	+2,55
C	-	260 m	+1,5	+1,5	+0,74	+3,32
TOTAL		1270 m	+1	+3,1	+0,53	+2,57

Impact (IA)	NEGATIF	POSITIF
< 0	Faible	Faible
de 0 à 0,5	Faible	Moyenne
de 0,5 à 1	Notable	Notable
de 1 à 1,5	Important	Important
> 1,5	Très Important	Très Important



➤ Application aux aménagements : calcul et corrections des impacts

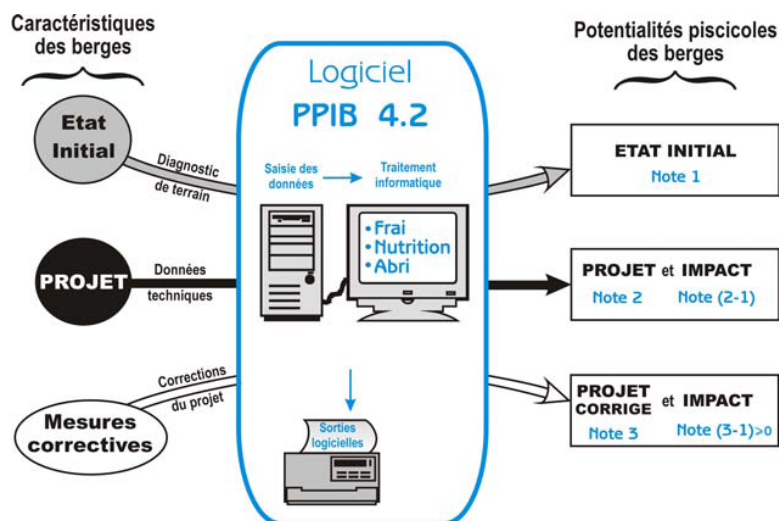
Après l'état initial, la méthode PPIB est appliquée également aux caractéristiques rivulaires du projet d'aménagement (rectification du profil, changement de la granulométrie, ajout ou disparition d'herbiers...). L'impact du projet est mesuré en calculant la différence entre les potentialités piscicoles de l'aménagement et celles de la berge initiale.

Sur le même principe, les mesures correctives (création d'une plage, plantations d'hydrophytes...) sont injectées dans le modèle. Le calcul, par itérations successives, permet d'ajuster précisément la localisation et le linéaire de chaque correction pour compenser l'impact du projet voire apporter une valorisation écologique. Le maître d'ouvrage dispose alors d'une quantification précise de cette plus-value environnementale.

A fortiori, la méthode trouve tout son sens dans la mise en oeuvre des mesures visant au « bon état écologique » attendu par la DCE.

➤ Développement d'un logiciel PPIB

Le développement d'un logiciel se prêtait tout particulièrement à l'application de cette méthode (reproductibilité, grand nombre de calculs, possibilité de simulation, application de la méthode sur des projets de grande échelle...). L'outil logiciel facilite également la modernisation de la méthode, qui en est aujourd'hui à la version 4.2. La version 5.0 devrait voir le jour à l'été 2008.



Fonctionnement du logiciel PPIB

3. Recommandations pour la valorisation piscicole des aménagements de berges

L'emploi des techniques végétales ne garantit pas une plus value piscicole. Certaines peuvent même produire un impact équivalent aux techniques minérales.

Face à ce constat, de plus en plus d'aménagements rivulaires visent à constituer des zones de frai. Leur efficacité reste globalement positive mais très hétérogène.

Quatre aménagements de berge à vocation piscicole, répertoriés en Ile de France, ont fait l'objet d'un suivi :

- Berges d'Achères / SIAAP
- Berges du port de Bonneuil sur Marne / Port Autonome de Paris
- Berges d'Epinau sur Seine / CG 93
- Berges du Parc de Nanterre / CG 92

Les aménagements d'Achères reposent sur un bon concept d'annexe hydraulique mais le dimensionnement, la granulométrie et le volume des zones définies comme des « frayères » ne répondent pas aux attentes des espèces exigeantes.

A Bonneuil sur Marne, les « frayères » minérales localisées dans les banquettes hélophytiques sont assez attractives et les seuls milieux de la station dans lesquels se développent du goujon et du hotu. Dans ces deux cas, les zones de frai sont hydrauliquement trop abritées pour être pleinement bénéfiques aux espèces rhéophiles (se reproduisant dans le courant) telles que les vandoise, hotu et barbeaux.

A Epinau, les aménagements piscicoles reposent sur l'hétérogénéité des structures d'habitats. Ce sont les seuls à accueillir parfois du barbeau, de la vandoise, du hotu ou du rotengle.

L'association de hauts fonds, de blocs abris et d'herbiers aquatiques est bénéfique mais le courant n'est pas du tout privilégié et les merlons sous fluviaux ne remplissent pas totalement leur rôle anti batillage.

Egalement, les aménagements de Nanterre offrent une forte hétérogénéité, favorisent l'apparition du barbeau et contribuent au fort développement des hotus. La berge est renaturée, les hauts fonds sont bien protégés mais ces derniers sont trop réduits et se couvrent progressivement de végétation en réduisant d'autant leur fonctionnalité.

Au bilan, ces aménagements constituent plutôt d'excellentes zones de croissance des alevins que de véritables frayères.

Quoiqu'il en soit, l'ensemble de ces habitats aménagés ont un impact piscicole positif. Dans son rapport d'interprétation des résultats de pêches en Ile de France, l'ONEMA révèle l'existence d'un déficit en espèces, notamment parmi les plus spécialisées comme celles inféodées aux milieux courants (rhéophiles) ou aux hauts fonds graveleux (lithophiles).

La reconquête de la qualité piscicole des grands cours d'eau d'Ile de France passe donc par le développement d'habitats piscicoles et notamment des frayères.

Il s'avère donc nécessaire d'être plus exigeant dans la conception de ces frayères pour les rendre plus spécifiques et donc plus efficaces.

En analysant les résultats des pêches d'alevins menées sur les aménagements piscicoles, on constate que ceux-ci contribuent principalement à l'augmentation de la productivité. Or, il est démontré, qu'à l'exception de Paris intra-muros, la densité de poissons est globalement satisfaisante dans la Seine. L'objectif de ces frayères n'est donc pas de produire plus de poissons dans la rivière mais de produire plus de diversité.



Cet objectif n'est que partiellement atteint au droit de ces aménagements. Souvent, les frayères décrites précédemment visent l'hétérogénéité maximale des habitats comme facteur de diversité piscicole, mais les conditions de reproduction de chaque espèce sont différentes. Dans ces frayères « mixtes » ce sont surtout les espèces ubiquistes qui prolifèrent tandis que les espèces exigeantes se développent tant bien que mal dans des conditions peu favorables.



En conséquence, il semble nécessaire de concevoir des frayères optimisées en fonction des exigences de reproduction de chaque catégorie de poissons (gilde).

Aménagements de frayères

On distinguerait :

- Les frayères à phytophiles et phytolithophiles (brème, tanche, carpe, rotengle, perche, voire brochet...). Il s'agit de milieux aquatiques calmes, à l'abri des contraintes hydrauliques, végétalisés avec des hydrophytes et des héliophytes et comprenant des hauteurs d'eau très variables. Ces habitats constituent par ailleurs d'excellentes nurseries pour la plupart des espèces ;
- Les frayères à lithophiles (chevesne, hotu, barbeau, vandoise, goujon, chabot...). Il s'agit de délimiter des hauts fonds graveleux, comprenant des granulométries variables, le long de la rive, sur lesquels sont favorisés les écoulements des crues printanières. La végétation est exclue des hauts fonds mais peut être développée aux abords. Des zones de croissance doivent être associées à cette catégorie de frayère.

Bien réparties sur les grands cours d'eau, ces frayères, contribueraient au renforcement des populations des espèces sensibles et à l'amélioration de la qualité du peuplement piscicole, notamment à la reconquête du bon état écologique.

Suivi écologique Faune Flore de restauration de berges par techniques végétales sur le canal des Vosges et le canal de la Meuse

Mme Nathalie DUBOST, Bureau d'études DUBOST ; nathalie.dubost@numericable.fr

Le suivi écologique faune-flore d'aménagements de berges par techniques végétales sur le canal des Vosges et le canal de la Meuse a été réalisé en 2007 pour la Direction interrégionale du Nord-Est de VNF, arrondissement Eau et Environnement. Elle consiste à évaluer les impacts environnementaux, principalement sur la faune et sur la flore, de la restauration de berges et de digues par des techniques végétales.

Les deux sites étudiés sont le canal des Vosges à Neuwiller-sur-Moselle (54) et le canal de la Meuse à Montigny-sur-Meuse (08). Pour chaque site, la comparaison est réalisée entre des berges témoins (palplanches et/ou gabions) et des berges végétalisées (différentes techniques). Une comparaison par rapport aux résultats obtenus l'année précédente (2006) est également réalisée lorsque cela est possible.

La qualité physico-chimique de l'eau est comparée ainsi que plusieurs indicateurs biologiques : l'indice diatomique (I.B.D.), l'indice biologique global adapté aux grands cours d'eau concernant les invertébrés aquatiques (I.B.G.A.) et la faune piscicole (pêche à l'électricité).

Il en ressort que les analyses physico-chimiques ne permettent pas de mettre en évidence de différence de qualité entre les berges végétalisées ou non. L'indice diatomique s'avère assez peu performant pour mettre en évidence une différence entre berges végétalisées et berges témoins. Par contre, les invertébrés aquatiques et les peuplements piscicoles se révèlent être de bons indicateurs biologiques et montrent que les berges végétalisées entraînent une nette augmentation de la biodiversité et de la densité des individus. Elles se révèlent plus favorables au développement des organismes en leur procurant des zones de vie (reproduction, alimentation, refuge...).

Les limites de cette étude sont discutées et des pistes de réflexion sont proposées.

Conclusions

Le suivi écologique est nécessaire pour évaluer l'impact environnemental de l'aménagement. Il doit être conçu dès l'amont du projet.

Les indicateurs les plus efficaces pour mettre en évidence les retombées environnementales d'un aménagement en technique végétale sont les indices macro-invertébrés (IBGA) et les sondages piscicoles.

Pour observer de réelles retombées environnementales positives, des critères d'aménagement ont été identifiés :

- Le linéaire traité doit être au minimum de 500 m et supérieur à 20 fois la largeur du cours d'eau, pour aboutir à un taux de berges naturelles dans le bief de 30%.
- La morphologie de l'aménagement doit présenter une zone de transition eau/terre, des pentes douces, inférieures à 25%, des arrondis, des encoches et des anfractuosités, voire la recréation de zones annexes aux biefs.

Atelier 3 - Gestion et entretien des aménagements

Jeudi 3 avril – 9h-12h

Animateur : Delphine ZILLHARDT, VNF DIR de Strasbourg
Rapporteur : Michel JONAS, VNF DIR de Strasbourg

Problématique

Les techniques végétales sont des aménagements de berges durables. Un bon aménagement ne fera que se stabiliser avec le temps. Pourtant certains travaux échouent. Quelle est donc la clé de la réussite d'un aménagement en technique végétale ? L'atelier 1 s'est penché sur les principes essentiels à mettre en œuvre dans la conception et la réalisation des travaux, mais un dernier point majeur à ne pas négliger est l'entretien des aménagements, notamment les deux ou trois premières années. Quel entretien faut-il donc prévoir pour assurer la réussite d'une technique végétale ?

Entretien des berges et de la ripisylve : le contexte

M. Daniel REININGER, ONEMA et Stéphane LAFON, ONEMA
daniel.reininger@onema.fr ; stephane.lafon@onema.fr

1. Le contexte réglementaire

Le cadre réglementaire s'attache de plus en plus à la préservation de l'environnement. Déjà dans la charte de l'environnement, annexée à la constitution, il est inscrit que « Toute personne a le devoir de prendre part à la préservation et à l'amélioration de l'environnement ». La DCE pose, quant à elle, un objectif de résultat pour l'atteinte du bon état ou du bon potentiel écologique en 2015.

Concernant la préservation des espaces naturels et de la biodiversité, depuis plusieurs années les textes dressent des listes nationales et régionales d'« espèces protégées », et identifient des « zones d'importance écologique », voire même des zones de protection ou de gestion (parcs nationaux, parcs naturels régionaux, réserves naturelles, zones Natura 2000...).

Les enjeux de préservation de la biodiversité, de qualité des milieux et de continuité écologique sont de plus en plus présents dans les politiques publiques. L'entretien des berges et de la ripisylve doit s'inscrire dans ce contexte.

Depuis le 12 septembre 2006, un arrêté ministériel interdit d'ailleurs le traitement avec des produits phytosanitaires à moins de 5m d'un cours d'eau. Le développement et la protection des « trames vertes et bleues » se sont affirmées comme des priorités suite au Grenelle de l'environnement.

2. Des méthodes

Pour atteindre ces objectifs de préservation de la biodiversité et des corridors écologiques que constituent les berges et la ripisylve, l'entretien des aménagements, y compris en technique végétale, doit être raisonné. Pour cela il est recommandé :

- d'avoir recours à un plan de gestion et d'entretien
- de développer la gestion « intégrée »
- de développer les techniques « douces » (exemple : fauchage plutôt qu'utilisation de produits phytosanitaires...)

Recommandations pour la mise en œuvre de techniques végétales

M. Michel JONAS, VNF DIR de Strasbourg ; michel.jonas@developpement-durable.gouv.fr

Dans un souci de pérennisation de l'aménagement, il est possible de responsabiliser les entreprises en exigeant des garanties de stabilité, de reprise et d'entretien sur trois saisons végétatives. Les entreprises sont ainsi engagées à un objectif de résultat à long terme et offrent une garantie de travail de qualité.

La qualité des matériaux employés est également fondamentale. La première année, les végétaux ne sont pas encore suffisamment développés pour maintenir la berge seuls, ce sont les pieux, géotextiles ou boudins de coco qui assurent la tenue de l'aménagement. La qualité de ces matériaux et de leur implantation est donc primordiale pour la « prise » de la technique végétale. Cette bonne « prise » est également directement liée à la qualité des végétaux employés. Ceux-ci doivent être suffisamment résistants pour résister aux contraintes physiques auxquelles ils vont être directement soumis, puis se développer suffisamment rapidement pour stabiliser l'aménagement.



Travaux sur le canal de Colmar

Le suivi des aménagements par l'entreprise les premières années peut permettre des ajustements si nécessaire : ainsi, certains plants qui n'auraient pas pris racine peuvent être remplacés.

Enfin, selon la situation de l'aménagement, il est également recommandé de se prémunir contre les risques d'agression extérieure (risques de piétinement, présence de rongeurs...) ainsi que contre les risques de dégradation ou de vol, en prévoyant la pose de grillage par exemple.

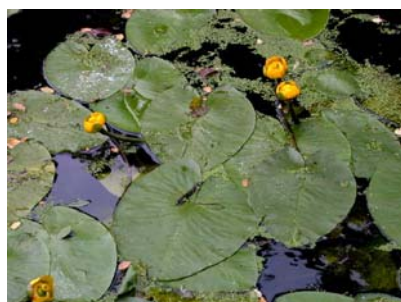
Guide de l'entretien des techniques végétales

M. Laurent SIMONIN, VNF DIR Nord-Est ; laurent.simonin@developpement-durable.gouv.fr

1. Recommandations techniques

La végétation des berges présente des formes et caractéristiques diverses (hydrophytes, héliophytes, herbacées, arbustes, arbres). De ce fait, chaque type de végétation ne requiert pas nécessairement les mêmes modalités d'entretien dans un objectif de tenue optimale de la berge.

Les techniques végétales font généralement appel à plusieurs types de végétaux. Il conviendra donc de ne pas traiter uniformément les berges, mais d'adapter l'entretien à chaque type de végétation.



- Hydrophytes (plantes aquatiques, telles nénuphars, myriophylles, élodées) : aucun entretien n'est à prévoir en rivière, en canal en cas de surabondance de plantes aquatiques faucardage avec évacuation des végétaux coupés.

Nénuphar jaune (Nuphar lutea)

- Hélophytes (plantes de zone humide, telles roseaux, massettes,...) : aucun entretien à prévoir en rivière (milieu dynamique), en canal (milieu fermé), un fauchage une fois par an maximum, uniquement si nécessaire, en automne, et à 30 cm de hauteur



Massette à larges feuilles (Typha latifolia)



- Végétation herbacée : fauchage une fois par an, sauf cas particulier (passe de sécurité, milieu urbain). Faucher le moins possible en pied de berge (laisser 50 cm à 1 m minimum), afin de laisser les hélophytes s'y installer naturellement.

Prairie humide

- Arbustes / buissons :
 - o recépage manuel pour les arbustes et les buissons dépérissants ou sénescents,
 - o abattage pour les arbustes et buissons morts,
 - o dégagement des jeunes boutures ou plantations, lorsque la végétation concurrente devient trop étouffante,
 - o recépage plus fréquent effectué en pied de berge, lorsqu'il y a gêne pour la navigation,
 - o suivi sanitaire régulier (diagnostic visuel).



Cornouiller sanguin (Cornus sanguinea)



- Arbres

- o dégagement des jeunes boutures ou plantations, lorsque la végétation concurrente devient trop étouffante,
- o abattage des arbres morts, dépérissants, penchés, ou situés trop bas sur la berge,
- o recépage des saules et aulnes dépérissants,
- o taille des branches mortes ou trop basses,
- o élimination systématique des jeunes arbres mal placés (pied de berge et milieu de berge),
- o élimination des essences inadaptées à la tenue des berges et digues et/ou envahissantes (notamment peupliers, résineux, robiniers faux-acacias, ...).
- o suivi sanitaire régulier (diagnostic visuel),

Saule blanc

- Cas des plantes invasives :
 - o élimination par fauchages répétés ou arrachage manuel. Ne pas utiliser de produits phytosanitaires qui, outre la pollution, dénudent et fragilisent la berge, et ne sont pas toujours très efficaces.
 - o Destruction ou évacuation des déchets (tiges, racines),
 - o Favoriser ou replanter une végétation arbustive ou arborescente dense à croissance rapide (saules, ...) afin de les "étouffer" progressivement par privation de lumière.



Renouée du Japon (Fallopia japonica)

Le fauchage

D'une manière générale, lors des trois premières années d'entretien, il est primordial d'éliminer les plantes indésirables (notamment les plantes invasives) et de procéder à un fauchage au moins une fois par an, en automne, avec une évacuation des résidus de fauche pour aider au développement de certaines espèces. Les zones basses plantées d'hélophytes ne doivent pas être fauchées.

A court terme, c'est-à-dire lors des deux premières années, le fauchage est fondamental pour la pérennité de la protection. A long terme, le fauchage doit plutôt être exécuté à des périodes de temps très espacées et dans les conditions suivantes : au maximum une fois par an, assez tardivement (vers le mois d'octobre) pour laisser le temps à la végétation et à la faune qu'elle abrite de terminer leur cycle naturel, à 30 cm de hauteur (tondre trop bas est néfaste à la survie de nombreuses espèces).

Ces précautions permettent d'augmenter la vigueur de la végétation, la biodiversité faunistique et floristique et la stabilité de la berge.

Le recépage

Le recépage consiste à effectuer une coupe légèrement inclinée d'une tige à environ 10 cm du sol, afin de provoquer des rejets. Ces rejets constituent une cépée, c'est-à-dire plusieurs brins poussant sur une même souche.

Dans le cadre des techniques végétales, cette technique concerne essentiellement les saules (et l'aulne), et peut être l'occasion de prélever du matériel de bouturage pour de nouveaux chantiers en techniques végétales, ou de combler les espaces vides sur site.

Une cépée présente l'avantage d'une meilleure tenue au vent du fait que les différents brins pousseront moins haut qu'une tige unique, mais garderont un système racinaire puissant.

L'abattage

L'abattage est une opération qui consiste à couper une tige. Cette coupe doit être soignée, et effectuée le plus proche possible du sol. Elle doit être faite avec le souci de ne pas dégrader la technique végétale en place, et veiller à occasionner le moins de dommages possibles.

Le dégagement

Le dégagement consiste à permettre le développement des végétaux que l'on souhaite favoriser, en éliminant la végétation indésirable.

2. Organisation de l'entretien

S'il est réalisé par l'organisme gestionnaire, l'entretien des berges et de la ripisylve nécessite une organisation interne et une formation des agents en charge de cette mission.

Il est proposé :

- de mettre en œuvre un plan de gestion et d'entretien sur un itinéraire complet, permettant d'identifier clairement les opérations à mener et la période à laquelle celles-ci doivent être réalisées
- de réaliser des documents types pour le suivi des aménagements en techniques végétales, identifiant les éléments à surveiller sur le terrain (fiche de suivi).

Conclusions

Un aménagement de berge en techniques végétales nécessite un suivi assidu les premières années suivant la réalisation des travaux, mais ne nécessite plus d'intervention particulière autre qu'un entretien classique de ripisylve les années suivantes.

Une berge restaurée avec des techniques végétales retrouve à terme un fonctionnement similaire à une berge naturelle végétalisée. Les usagers s'estiment généralement satisfaits de ce type d'aménagement.

Atelier 4 - Traitements innovants – Préfabriqués

*Animateur : Philippe ROCHETTE, CETMEF
Rapporteur : Julien LEROY, CETMEF*

Problématique

La mise en œuvre des techniques végétales peut soulever un certain nombre de difficultés et le perfectionnement des techniques pour répondre à de plus importantes contraintes est continu.

Les questions qui peuvent être évoquées sont les suivantes : Comment faire mieux ? Comment travailler sans baisser le plan d'eau ? Comment travailler plus vite ? Comment améliorer la reprise des végétaux ? Prendre en compte la protection du biotope ? Comment travailler sur une emprise restreinte ?

Autant de questions que les entreprises se posent pour développer de nouvelles techniques mieux adaptées aux besoins.

Les maîtres d'ouvrage de Voies navigables sont confrontés à certaines difficultés sur le terrain dont ils font part aux fournisseurs de produits ou prestations :

- Les applications et la performance des produits du marché aux voies navigables : Dans le contexte des voies navigables, et en particulier sur les canaux, la vitesse du courant moyen est assez faible, mais la contrainte hydraulique engendrée par la navigation est constante tout au long de l'année avec parfois même un surcroît pendant la période de végétation. L'expérience acquise pour les techniques végétales sur les rivières à courant libre doit être transposée aux cas des voies navigables avec circonspection. Une analyse des conditions de milieu de la section à traiter doit précéder la conception de l'aménagement. Importance de la phase initiale avant le plein développement de la végétation.
- La mise en place de techniques végétales en section étroite
- La tenue des techniques végétales sur grand gabarit
- La rénovation des perrés bétons / maçonneries – comment prolonger la vie de ces aménagements et quelle contribution peut-on attendre des techniques végétales?

Les produits adjuvants à la mise en place de protections utilisant des végétaux

M. Julien LAVIGNE, AQUATERRA ; genivegetal@aquaterra-solutions.fr

M. Stéphane MARY, SOGEBIO ; sogebio@wanadoo.fr

M. Hervé ANDRE, COFRACO ; andreh@cofraco.fr

L'efficacité d'une couverture végétale dense pour limiter l'érosion et stabiliser les talus est connue de longue date. Mais lors de tentatives de confortement de sites dégradés par de la végétation, dans la phase initiale, il y a compétition des processus d'érosion-dégradation du site et colonisation-stabilisation par la végétation. Dans certaines circonstances l'évolution spontanée n'est pas en faveur de cette dernière. Afin qu'elle puisse prendre le dessus une assistance initiale est souvent utile voire indispensable. Les techniques traditionnelles (clayonnage, pavage, clouage, façonnage), gourmandes en main d'œuvre avaient été abandonnées, ce qui avait peu à peu réduit le concours de la végétation à la stabilisation des sols.

Le développement de produits industriels assurant une stabilisation initiale et une aide au démarrage de la végétation, à un coût acceptable a donné un regain d'intérêt pratique et économique au « génie végétal ».

Parmi ces produits les géotextiles bio-dégradables à durée de vie prolongée ont joué un rôle tout particulièrement important. Ils peuvent être relayés par des structures cages colonisables par la végétation dans les sites où les contraintes mécaniques sont particulièrement sévères.

On distingue trois grandes familles de produits de protection en phase initiale (ou définitive) :

- le génie végétal (aménagement et végétalisation des berges et lacs, boudins et géonattes, fascines coco prévégétalisées, radeaux végétalisés)
- les tapis anti érosif (géotextiles coco, bionattes, géomats : géogrilles tridimensionnelles synthétiques)
- les gabions

1. Qualité des produits à base de fibre de coco :

Comme tous les produits textiles les produits à base de fibres de coco sont d'une grande diversité. Diversité qui dépend d'un très grand nombre de facteurs : variété du végétal producteur, stade de récolte des noix, traitement des fibres, type de filage, de tissage, traitements des fils et/ou des toiles. Le plus gros producteur mondial de textile coco est le sud de l'Inde (Kerala) où s'est développé un grand savoir faire et où a été mise en place une organisation professionnelle le « Coir board » qui publie un ouvrage de référence « Indian Coir board reference book » qui peut servir de document de base pour la spécification des produits coco à fournir pour chacun des chantiers en fonction de leurs caractéristiques locales et des effets recherchés. (http://coirboard.nic.in/about_products-3.htm)

Dans l'ensemble, les produits coco sont relativement mal connus par les maîtres d'ouvrage et leurs conseils, la création d'un e-forum où chacun pourrait reporter les références et caractéristiques des produits qu'il a utilisés, l'usage mis en œuvre et son retour d'expérience pourrait améliorer la connaissance de chacun et faire progresser la qualité des prescriptions.

Quelle durée de vie faut-il donner au produit (fibre coco) et comment peut-on assurer une tenue raisonnable dans le contexte des voies navigables ?

Il faut tenir compte de l'activité biologique (tenue et structure) du sol. Les fibres sont efficaces dans bon nombre de situations, mais il faut parfois utiliser des produits synthétiques. L'objet est de trouver le support le plus efficace pour la reprise de la végétalisation.

Tous les géotextiles coco même à grammage équivalent ne sont pas identiques et peuvent offrir des performances variables. Donc comment reconnaître une « bonne » fibre coco ? Le souci actuellement est que ce produit n'est pas fabriqué en Europe et n'y est pas véritablement traditionnel, donc comment normaliser ce type de produit ? Il subsiste une difficulté sur la compréhension des caractéristiques du produit pour le maître d'ouvrage (savoir différencier le maillage et la tenue).

Il faudrait trouver un chantier type qui permettrait de comparer la tenue des fibres coco en condition un peu extrêmes afin de donner des références.

2. Le prévégétalisé

L'expansion des structures pré-végétalisées (caissons, paniers, boudins) semble liée à la pénétration des entreprises de génie civil sur le marché du confortement de berges en génie biologique. Ces entreprises sont en général peu familières de la manipulation de végétaux vivants mais sont équipées de moyens de levage et manutention puissants. Elles ont donc eu tendance à sous-traiter la partie « fourniture végétale » à des pépiniéristes qui leur livrent des modules préplantés de quelques centaines de litres qui sont mis en place par juxtaposition.

A priori le système devrait permettre un avancement plus rapide de la phase plantation et offrir des plantes mieux enracinées, moins ou peu sensibles à l'arrachage. Mais ces avantages sont à comparer à certaines contraintes :

- Nécessité de faire appel à des moyens de levage plus ou moins lourds qu'il n'est pas toujours facile ou souhaitable de mettre en place,
- Nécessité de mettre en place une chaîne d'approvisionnement et de stockage sans faille en raison des risques de dessèchement ou de fermentation,
- Selon la provenance des produits, un bilan transport peu avantageux. En raison des coûts de production, les modules sont le plus souvent préparés et pré-cultivés dans des pays de l'Europe de l'Est,

- A défaut de prescriptions très précises et d'une procédure d'agrément rigoureuse, risque d'une grande pauvreté spécifique et variétale du matériel végétal, le producteur privilégiant l'espèce / variété lui offrant le meilleur rendement économique
- Risques phyto et zoo-sanitaires avec du matériel végétal des substrats et de l'eau de provenance lointaine non contrôlée,

Pour toutes ces raisons, il semble préférable de faire appel à du matériel végétal de provenance régionale ou même locale.

Mais dès que les chantiers prennent quelque importance, il est peu probable que le marché local puisse faire face à la demande. Comme les travaux de confortement de berges font l'objet d'une certaine programmation, il faudrait faire appel à des contrats de culture pour la fourniture du matériel végétal. C'est devenu une pratique courante dans le domaine des chantiers routiers, ferroviaires ou urbains. Cela reste à développer en milieu fluvial.

Tenue des nattes de pré-végétalisation

Dans la plus part des cas, si la prescription a été correctement faite, les nattes coco ont une longévité suffisante pour assurer la tenue de l'ouvrage pendant la phase de développement de la végétation. Cela est bien vérifié pour les parties complètement émergées ou immergées.

La tenue reste plus problématique dans la zone de fluctuation du niveau d'eau où l'observation de dégradation des nattes en quelques mois n'est pas rare, quelque soit l'origine de celles-ci.

Plusieurs types de réponses sont possibles : renforcement par une grille en matière plastique (polyéthylène) grillage en fil de fer (non galvanisé) utilisation de natte coco spécialement traité (plus cher). D'autres produits tels que la nappe de brande ou des cannisses pourraient également être essayées.

Ici encore une structure de collecte et de diffusion des expériences des uns et des autres serait bienvenue.

Filet synthétique tubulaire et pierre ponce : lutte contre l'érosion et support de culture

M. Philippe MENNETEAU, Végénus ; vegenius@orange.fr

La lutte contre l'érosion des berges est complexe et difficile à résoudre à long terme. De très nombreuses solutions sont disponibles mais ne peuvent répondre intégralement aux problématiques rencontrées.

L'expérience, la connaissance permettent une évolution dans ce domaine mais toutes les techniques ne sont pas transposables. D'importants facteurs interviennent par rapport aux décisions et les choix s'en trouvent plus laborieux.

L'introduction ou le développement du végétal pour la stabilisation des berges n'est pas sans impact sur le biotope et peut être inefficace dans trop de situations. Le régime hydrologique d'un bassin versant, les exigences des utilisateurs et les impacts sur l'environnement sont déterminants sur l'implantation et la gestion d'une flore.

Des solutions « hybrides » (minéral + végétal) sont un excellent compromis à long terme.

Les études menées par Végénus et HK développement proposent d'apporter une nouvelle solution dans le domaine de la stabilisation des berges en utilisant un contenant inerte et un matériau dont les propriétés semblent particulièrement adaptées à ce domaine en vue de développement d'un support de culture pour héliophytes.

1. Contraintes – objectifs

Différentes contraintes ou objectifs à atteindre peuvent être listés :

- Périodes d'intervention et réalisation de travaux
- Approche des lieux à traiter, gestion des matériels et équipements
- Architecture de la berge
- Mécanisation des travaux
- Rapidité et facilité de pose
- Délai d'efficacité attendu

2. Une solution innovante

Le produit proposé par Végénus est préfabriqué (filet en PE haute ténacité rempli de pierre ponce) et végétalisable (support de culture NFU44-551). Facile à transporter et à positionner (léger, compact de dimension standard pour le transport), c'est un produit adaptable à toutes les conditions d'architecture de berge (malléable-plastique, épouse les profils de la berge). Il est possible de solidariser les éléments remplis pour une couverture sur surfaces importantes.

Le produit présente les capacités suivantes :

- Capacité d'absorption énergétique – dynamique et mécanique des fluides – lutte contre le battillage et courant,
- Très forte capacité de filtration et de cohésion de sol, support pour micro-organismes,
- Possibilité de pose toute l'année et pose mécanisable,
- Transparent sur l'environnement,
- Capacité de retenue des minéraux,
- Absorbant des hydrocarbures, inerte et insensible aux pollutions.

3. Descriptif et utilisation du produit

Ce nouveau produit a pour objectif de lutter contre l'érosion des berges, de stabiliser les berges, d'être un support de culture respectant la NFU44-551 et par la composition et la spécificité physico-chimique du matériau de remplissage, d'absorber certains éléments minéraux.

Il dispose également de capacités plastiques indispensables sur les zones ne permettant pas d'interventions de profilage.

L'aspect alvéolaire du matériau de remplissage propose une intervention sur la dynamique et mécanique des fluides. L'épaisseur possible de 30 centimètres de matériaux sur berge garantit la stabilisation et intervient sur la cohésion du sol. Le matériau, par ses caractéristiques d'échanges cationiques et ses micropores, diminue sensiblement les taux de phosphore et d'azote dans l'eau en particulier. Le produit de remplissage, à haute capacité de rétention en eau et minéraux, est un support de végétalisation avec des héliophytes et d'essences ligneuses.

A l'issue de l'étude préalable et des tests, la mise en place de structure gabion filet tubulaire en remplissage matériau pierre ponce sera réalisée grandeur nature dès l'été 2008 sur plusieurs projets de lutte contre l'érosion de berges avec végétalisation.

Quelques informations techniques.

<u>FILET :</u>	<u>PIERRE PONCE :</u>
Polypropylène haute ténacité. Traité anti U.V. Imputrescible, inerte, résistant aux polluants, aux acides et alcaloïdes à toutes concentrations. Non conducteur, n'absorbe pas l'eau. Maille carrée, nouée 50 x 50 mm. Fil diamètre 4 mm, tressé, 16 fuseaux + 1 âme. Résistance à la rupture du fil : 353 Kg. Capacité de charge statique : 2471 Kg / m ³ . Capacité de charge dynamique : 1765 Kg / m ³ . Très faible impact sur l'environnement : 1056 g/m ² de matière sur produit en diamètre 30 cm. Intérêt plastique de la structure remplie. Remplissage et pose mécanisable.	Silicate d'alumine – agrégat structurant. Structure alvéolée. 1 g = 0,60 m ² . Densité faible. De 0,45 à 0,62 suivant origine et granulométrie. Très forte porosité permettant la rétention en eau et en sels minéraux. Inaltérable et inattaquable par les acides et les bases à l'exception de l'acide fluorhydrique. Utilisée en protection contre les pollutions aux hydrocarbures (le plus performant des minéraux absorbant). Pouvoir de chélation. Support filtrant. Insensible au gel. Support de culture en hydroponique.

Fiches techniques sur le filet et la pierre ponce sur simple demande.

Il n'y a pas encore de recul sur la pérennité du produit car il est en période de test (travail en cours sur la granulométrie du produit).

La durée de vie du filet est estimée à 15 ans.

Quelques réponses à des problèmes concrets

1. Mise en œuvre « en eau » des techniques végétales

La mise en œuvre « en eau » de techniques végétales nécessite d'analyser le contexte des biefs. VNF précise que certains CCTP tiennent d'ores et déjà compte du passage des bateaux (sur des biefs courts).

Pour répondre à ces contraintes, il existe :

- des techniques de visualisation acoustique des biefs qui devraient permettre de « voir sans voir »
- des techniques de positionnement GPS des godets des pelles mécanique dont la précision atteint 2 cm près.

Ces techniques peuvent permettre de travailler dans des conditions difficiles

2. Le verdissement et l'affaissement des perrés bétons : techniques végétales, une solution ?

A priori, aucune technique végétale qui pourrait conforter un perré et le solidariser n'a été développée sur voie navigable.

Selon le niveau de dégradation, la solution d'utiliser certaines espèces arbustives qui, grâce au réseau racinaire, viennent assurer une certaine tenue, pourrait être étudiée.

Sur les canaux bâtis en élévation, il faut éviter une végétation trop « fourrée » et dense.

Pour les canaux creusés, de la végétation buissonnante (noisetier, saules, troène, prunelier) est possible, mais il faut limiter l'emprise et tenir compte de l'entretien (coupe régulière).

Recommandations pour les maîtres d'ouvrages

1. Rédaction des CCTP

La plupart des CCTP sont rédigés en termes trop généraux et vagues. Quelques recommandations peuvent être apportées à l'attention des maîtres d'ouvrage :

- Spécifier les produits demandés de façon précise (La spécification des produits est souvent non précisée ou alors de manière elliptique ou ambiguë).
- Prévoir explicitement l'agrément des fournitures par le client.
- Préciser les responsabilités respectives du/des fournisseurs et des entreprises.

Les documents développés pour les travaux en rivières à courant libre (ou en restauration des terrains en montagne) doivent être utilisés avec prudence et adaptés aux conditions particulières des voies navigables.

Dans ce domaine encore, la mise en commun des expériences de chacun pourrait être particulièrement utile.

2. Comment choisir les bons produits ? Avec quelles garanties ?

Les maîtres d'ouvrage doivent être les prescripteurs, soit directement, soit par le biais de leurs conseils en matière de fournitures et produits. Les fournisseurs rappellent que les chantiers se font dans le domaine de milieux « naturels », ce qui implique parfois quelques précautions .

Ainsi, par exemple, l'entrepreneur a obligation de se fournir dans la pépinière préconisée par le donneur d'ordre, celui-ci doit agréer le matériel végétal approvisionné.

Question de la responsabilité de la reprise des végétaux :

La garantie de reprise assure le remplacement d'une partie ou de tout végétal mort ou en développement inférieur à 90 % de reprise.

Il est également envisageable de spécifier une densité de couverture végétale au terme d'un certain délai (2 à 3 ans) si l'entretien maintenance des plantations est soumis à la responsabilité de l'entreprise qui a conduit les travaux pendant cette période.

Techniques végétales et Paysage

Animateur : Bruno LEMAIRE, CETMEF

Techniques végétales et paysage

Mme Sylvie MANIAQUE et M. Michel Antoine BOYER, Cabinet BOYER-MANIAQUE
Composition Urbaine, Espaces publics et paysages ; mab.sm.07@orange.fr

1. Rôle des berges dans la structuration des paysages.
2. L'aménagement et l'entretien ou l'art de fabriquer du paysage.

L'utilisation des techniques végétales en Allemagne

Animateur : Bruno LEMAIRE, CETMEF

Études de la protection des berges par combinaisons de techniques de génie-civil et de génie végétal sur les voies navigables fédérales d'Allemagne

M. Hubert LIEBENSTEIN, Département U3 études de la végétation, gestion paysagère
liebenstein@bafg.de

Le BfG est une institution scientifique fédérale pour la recherche, l'évaluation et l'expertise dans les domaines de l'hydrologie, de la gestion des ressources en eau, l'écologie et la protection des eaux. Le BfG est un organisme fondé sur la recherche, dont la mission est de fournir des avis aux ministères fédéraux et à l'administration fédérale des voies navigables et de la navigation dans les domaines de l'hydrologie quantitative, qualitative et écologique. (vue 1)

La présentation comporte deux thèmes :

- premièrement quelques informations sur le contexte et les aspects généraux de nos études
- ensuite un des biefs d'essai : celui de Stolzenau sur le cours moyen du fleuve Weser.
(vue 2)

1. Contexte et aspects généraux des études

Afin de garantir la sécurité de la navigation sur les voies navigables, les berges doivent d'être protégées de l'érosion et de l'influence des vagues des bateaux et du vent. Pour conforter les berges des rivières et canaux avec des techniques de génie-civil, comme les tapis d'enrochements, il existe diverses recommandations ou directives comme, par exemple, MAR (Merkblatt Anwendung von regelbau- weisen für Böschungsund Sohlensicherungen) pour les constructions types.

Mais au cours des dernières années les aspects écologiques ont pris de l'importance dans le développement et la maintenance des voies navigables fédérales. De plus nous devons prendre en compte des exigences relatives à la conservation de la nature comme par exemple la directive cadre sur l'eau (DCE) ou celle sur la protection des oiseaux.

Dans ce contexte, la question de la combinaison de techniques biologiques et de génie-civil pour protéger les berges en remplacement des solutions du génie-civil seul s'est posée.

Pour y répondre, un projet de recherche et développement (R&D) a été initié par l'Institut fédéral de recherche et d'ingénierie des voies navigables (BaW) et l'Institut fédéral allemand d'hydrologie (BfG). (Vue 3)

Ce projet conjoint BaW-BfG a débuté en 2004. Sont impliqués :

- les départements du BaW :
 - o terrassements et protection de berges
 - o interaction bateau / voies navigables
 - o mesures en nature
- les départements du BfG :
 - o études de la végétation / gestion paysagère
 - o faune et écologie

Les autres organismes partenaires sont l'Office des voies navigables et de la navigation (WSÄ) et des consultants pour les mesures techniques et les suivis faunistiques. (vue 4)

Quelles ont été les activités au cours des quatre dernières années?

La première tâche a consisté à confier une étude bibliographique à l'Université de Stuttgart (publications, internet, courriel, courrier).

Il ressort de cette revue bibliographique qu'il n'existe que peu d'information sur la protection mixte génie-civil biologique des voies navigables. La documentation est plus abondante pour les petits cours d'eau non navigués.

Ensuite a été entreprise une enquête à l'aide d'un questionnaire détaillé concernant les projets à court terme de l'administration des voies navigables et de la navigation (WSÄ).

WSÄ nous a retourné plus de 150 questionnaires renseignés. L'exploitation de ces réponses est publiée dans le premier rapport intermédiaire commun BaW / BfG (rapport partie 1) qui concerne le contexte, les questionnaires et la bibliographie internationale.

Sur certains de ces biefs le BfG avait déjà entrepris, depuis plusieurs années, un suivi de la végétation et de la faune, c'est pourquoi ils ont été choisis pour des études approfondies. (vue 5)

Exemples de tels biefs tests :

- la voies navigables de la basse Havel (UHW) dans l'Est de l'Allemagne (le dispositif consistait au renforcement du talus par matelas d'hélophytes)
- la rivière Neckar (protection de berges par double rangée de pieux)
- le cours inférieur du Rhin (protection digue longitudinale)
- le Mittelland-canal (rideau de palplanches avec zones littorales)
- la moyenne Weser (reconversion d'un talus d'enrochement) (vue 6)

2. Présentation du bief de Stolzenau sur le fleuve Weser, au Nord de la ville de Minden

Le bief de Stolzenau est actuellement le bief d'essais le mieux étudié parmi les biefs sélectionnés.

Le bief d'essai se situe à l'intérieur d'une grande courbe de la Weser canalisée. En 1988, la berge était protégée par un talus d'enrochement avec seulement un peu de végétation éparses. Les terrains à proximité étaient constitués de pâturages intensifs. Ce type de situation est encore fréquent le long des grands biefs de la Weser. (vue 7)

En 1988, l'agence de Verden de l'Office des voies navigables a souhaité améliorer la situation des berges locales à titre de mesure compensatoire. Cela a été l'occasion d'installer un bief d'essai et d'acquérir de l'expérience sur la protection biologique des berges de voies navigables. Le dispositif fut conçu par le service de la navigation de Verden conjointement avec le BfG.

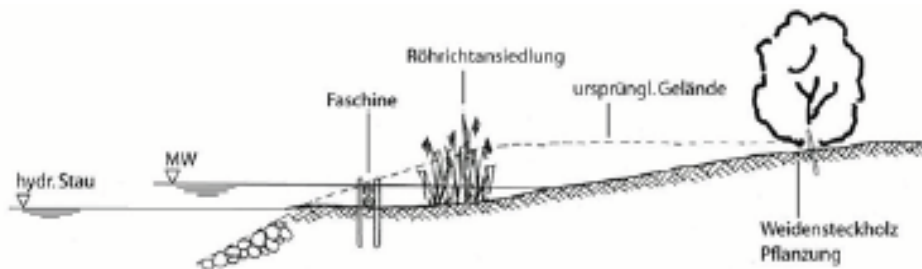


Bief de Stolzenau en 1988

Le principe était :

- de réduire la raideur de la berge au-dessus du niveau de l'eau, cela impliquait que le talus d'enrochement soit partiellement retiré.

- d'utiliser sur 15 sections différentes méthodes d'installation de la végétation (plantation d'hélophytes pied par pied, ou sous forme de matelas, pieux-boutures de saule ou de couche de branches)
- et de protéger la berge et les plantations de l'influence des vagues par un cordon de cailloutis ou par des fascines sur quelques sections. (vue 8)



Profil de l'aménagement sur une section

La vue de quelques une des 15 sections témoigne du développement de la végétation à la fin de la première saison de végétation (1989).

La section 7 montre l'extension d'une espèce particulière d'hélophyte (*Phragmites australis*); la section 7a celle des saules implantés sous forme de couche de branches. Ces deux sections sont protégées du clapot par un cordon de cailloutis. (vue 9)

Le développement de la végétation à Stolzenau a été suivi par des relevés de terrains et cartographie en 1989, 1992, 2005, et 2006. Les photos des sections 2, 7 et 7a montrent l'état de la végétation respectivement en 1989 et 2006. Il est évident que les hélophytes et les saules ont prospéré et que les berges sont diversement structurées. (vue 10)



Situation en 1989



Situation en 2006

L'étude ne s'est pas seulement intéressée au développement de la végétation, des suivis ont également porté sur la faune (les oiseaux, les poissons et la macrofaune benthique – en 2006) et d'autres paramètres importants pour analyser le succès d'un bief d'essai : la géométrie de la rivière, le sol, les niveaux des nappes, les hauteurs de vagues et d'autres impacts de la navigation.

De l'ensemble de ces résultats nous pouvons tirer quelques informations sur le développement des différentes espèces, de la localisation des végétaux en fonction des niveaux d'eau et de la vitesse des courants pour le bief d'essai de Stolzenau.

Les acquis de Stolzenau ne peuvent être que partiellement extrapolés car les conditions peuvent différer de celles de la Weser. (vue11)

Pour le bief test de Stolzenau, l'association végétale procure une protection très efficace contre l'érosion liée aux vagues- la protection de la berge est estimée élevée. Aucune action de maintenance n'a été nécessaire en presque vingt ans.

Ce bief est devenu un espace d'intérêt écologique lié au peuplement de plantes rivulaires et à la forte diversité d'habitat (scirpes, roseaux, jonc, laiches, carex, baldingère, saules, grandes plantes à fleurs)(vue 12)

Autres résultats :

Les différentes méthodes de plantation testées ont pratiquement réussi partout ;

- les héliophytes colonisent mieux les pentes douces (que celles plus abruptes);
- les protections par des merlons de pierres ou des fascines accélèrent la colonisation.

Les sections laissées à une colonisation spontanée des végétaux rivulaires se sont bien développées également. (vue 13)

La parution du rapport intermédiaire détaillé relatif aux essais sur le bief de Stolzenau est prévue pour fin juin 2008. Ensuite, les études des autres biefs d'essais comme celui de Haimar (Mittelland-Canal) seront également achevées. Si nécessaire, les études en cours seront étendues à de nouveaux biefs d'essai et à d'autres voies navigables.

L'expérience acquise sera synthétisée en recommandations générales pour la mise en œuvre des protections mixtes biologique-génie civil des berges des voies navigables. (vue 14)

Conclusion

Jean ABELE, Directeur-adjoint de la Direction Interrégionale du Nord-Est de VNF

J'ai le redoutable honneur de conclure ce colloque. Mais c'est aussi une grande joie : celle d'avoir retrouvé des tas de têtes connues ; celle, aussi, de voir la dimension que les TV (les Techniques Végétales) ont pris aujourd'hui. Pour tout vous dire, j'ai eu l'impression de voir la TV couleur, moi qui ai connu la TV noir et blanc. Oui, je suis de l'époque où ce simple et seul guide du marché² était notre unique décodeur, pour appréhender un monde inconnu mais si prometteur pour les voies navigables : le décodeur "Canal +" en quelque sorte ! En souvenir de cette époque, je saluerai donc plus particulièrement deux illustres anciens : Gérard Demange et Jean-Louis Gillet. Mais revenons au cœur du sujet : les techniques végétales, les TV, qui sont plutôt des TVA : des Techniques à Valeur Ajoutée. Car, tout le monde l'aura compris : le bon usage des techniques végétales en aménagement de berges, pour les voies navigables et les grands cours d'eau, ne relève pas d'un éventuel souci de se donner un "vernissage écologique", mais d'une parfaite compréhension du concept de développement durable, où comment faire "gagnant-gagnant-gagnant" sur les trois piliers de l'environnemental, du social et de l'économique.

Les interventions et les travaux ont été d'une grande richesse et d'une belle complémentarité et je remercie chacun de sa contribution (comme participant ou comme organisateur).

Balayons maintenant rapidement ces deux journées.

En introduction, Patrick Lambert nous a immédiatement donné le cap à suivre : capitaliser 10 années de mise en œuvre et définir les nouvelles voies à explorer. Je trouve que le message a été parfaitement entendu. Jean-Philippe Morétau, sur la base de l'expérience de la DIR Nord-Est, nous a ensuite fourni les clefs, pour des démarches SME opérationnelles : S comme savoir, M pour maîtriser et E pour évaluer. Et je rajouterai qu'il nous a aussi fourni le PPCM de ces 3 facteurs : P pour pragmatisme, P pour professionnalisme, C pour certification et M pour moyens. Rebondissant sur l'importance de l'évaluation environnementale qu'avait relevée Jean-Philippe, Olivier Piet a souligné la place que tenait la qualité du traitement des berges, pour une évaluation positive des Voies Navigables mises sous le projecteur du Grenelle de l'Environnement. En effet, comme le dira également avec justesse Paul Michelet, être a priori un transport économe en production de CO₂ ne suffira pas pour emporter une adhésion renforcée sur les VN, si l'on conclut que c'est aller de "Charybde en Scylla" ... car elles seraient, par contre, synonymes de sacrifice des milieux humides ! Olivier a enfin exhorté les techniciens, même en passant avec les TV sur des techniques moins "dures", à ne pas déroger au respect des trois fondamentaux de leur métier, qui sont la qualité, la durabilité et l'efficacité.

Puis, Emmanuel Perez a su nous rappeler que "rien n'est dormant dans le lit d'un cours d'eau (même dans celui de la "Meuse endormeuse", si chère à Charles Péguy...). Tout est vivant ! De la dynamique des cours d'eau à celle de la berge ! Berge qui n'est pas un "mur", mais une zone de transition, d'une grande profondeur et d'une extrême richesse et diversité, végétale et animale. Et les berges font aussi dans le "cumul des fonctions" : épuratives, climatiques, hydrologiques et biologiques ! C'était donc bien le moins de conclure en disant que les berges sont des milieux complexes, structurants et mobiles !

Philippe Rochette nous a mis en garde : sous leurs airs "bien comme il faut", les voies navigables sont, en fait, des ennemis sournois du monde piscicole ! Perte de variabilité, perte de productivité, agressivité du passage des bateaux ... la coupe est pleine ! Cette agressivité des bateaux s'exerce aussi à l'encontre des berges. Heureusement, le génie végétal est là pour renforcer et dynamiser la berge et pour ménager des zones de tranquillité et de sécurité pour les poissons.

² Guide de protection des berges de cours d'eau en techniques végétales. Auteur : Bernard LACHAT. Éditeur : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. Date : 1994, réédité en 1999

Catherine Boisseau a alors apporté la pierre (si l'on peut dire) des "sciences molles" au secours de l'édification de berges solides. Du bon état écologique qu'il faut savoir conserver, au bon potentiel écologique qu'il faudra savoir mobiliser, il faut travailler tout autant sur la structure que sur le fonctionnement des cours d'eau et des berges, avec trois maîtres-mots : richesse, connectivité et résilience. Et, en matière de résilience, elle a parfaitement su détruire la notre, afin de ne pas revenir inconsidérément aux techniques dures, après son plaidoyer pour les techniques végétales. Et, plus fondamentalement que ça, c'est notre résilience en matière de retour systématique à la solution "aménagement" qui a été interpellée, par Philippe Goetghebeur, Patrick Adolph ou Paul Michelet. Une berge qui vit librement sa "vie érosive" débridée, est-elle en effet à mettre à l'index ? Faut-il toujours suivre la vox populi et l'enfermer dans le carcan d'une défense de berge, végétale fut-elle ? L'idée de "corridor" que représentent les voies d'eau, empruntées par les oiseaux ou les poissons, doit aussi interpellier VNF, notamment en vue de la négociation de son prochain Contrat-Objectifs-Moyens. Non pas que je lui suggère de vouloir leur faire payer une vignette, pour améliorer ses capacités d'auto-financement ! Non, c'est pour souligner que les conditions de végétalisation des berges qui font que ces corridors sont fonctionnels, font aussi que les berges sont empruntées et sont appréciées par les promeneurs et les touristes fluviaux. Et c'est à eux que je pense, ceux qui ont inscrit la voie d'eau dans leur cadre de vie et dans leurs activités de détente. Ceux qui ont fait de ce "milieu plus ou moins anthropisé" leur "milieu naturel de proximité", comme ceci a été souligné à propos du canal de Colmar. On rejoint ici, également, ce qui nous a été exposé cet après-midi sur "techniques végétales et paysages". C'est leur voix qui doit donc aussi être audible, pour mettre en exergue les fonctions et valeurs de toutes les voies navigables et non pas seulement celles de la portion congrue du réseau que représente le grand gabarit ! Et, je pense que si la problématique des défenses de berge en techniques végétales a été désormais parfaitement intégrée, le chantier à ouvrir, maintenant, est celui de la gestion de la ripisylve avec, notamment, la question des replantations.

Et la DCE, avec ça ? Philippe Goetghebeur a été clair : il y a une obligation de résultat et une échéance fixée à 2015 ! Et, pour atteindre la cible, il vaut mieux ne pas commencer par dégrader l'existant ! (c'est comme pour réussir une progression de 25% du transport par voie d'eau d'ici 2012, on n'a pas intérêt à commencer par perdre le trafic actuel !). Et puis, il faut construire des plans d'action globaux avec notamment - comme la DIR Nord-Est le pratique - l'élaboration de programmes complets d'intervention sur les berges de tout un cours d'eau. Il ne faut pas faire du "coup par coup" (c'est plus cher et bien moins efficace !).

Et en pratique, comment fait-on, Patrick Adolph, Simon Jund et Dominique Welker ?

On a de la méthode, a dit Patrick ! On évalue les enjeux qu'il y a à intervenir comme à ne pas intervenir (ce qui a satisfait Paul Michelet). On choisit, alors, les défenses les mieux adaptées et on les dimensionne à l'optimum !

"On a un large choix de techniques (qu'elles soient végétales ou dures ou "de ne rien faire"). Et, là aussi, on a tout intérêt à prôner la diversité !" a défendu Simon. "Et puis, les TV sont des techniques vivantes ! Il faut veiller à ce qu'elle le reste le plus longtemps ! Et il faut déjà veiller, comme pour les enfants, à bien accompagner leur phase de croissance en les protégeant des agressions, au moins jusqu'à leur maturité, voire en les dotant de défenses permanentes (un grillage contre les animaux rongeurs ou fouisseurs par exemple)".

"L'optimum est théorique mais, surtout, pratique et, donc, économique !" a alors asséné Dominique ! "Et on précise clairement ce qu'on veut !" "Et on choisit ce qui est du meilleur rapport qualité-prix, le plus facilement opérable et le plus pérenne pour un objectif donné !" "Et on n'oublie pas de prendre en considération ce que va coûter la préparation du chantier" "Et on évite les projets au tire-ligne !" "Et on essaye de recréer un milieu proche de ce que Dame Nature aurait "designé" !" Et là, le côté psychologique n'est pas à négliger ! Car, même si cette remarque est frappée au sceau du bon sens, sa mise en œuvre demande d'arriver, souvent, à combattre le sentiment courant des gens, qui est de penser la nature comme les "jardins à la Française" ! Il faut aussi éviter que le "laisser faire" de VNF en la matière (érosions de berge, végétation luxuriante) soit interprété comme du laxisme, ou laisse à penser que l'établissement part à vau l'eau. Il faut donc aussi savoir communiquer, comme Jean-Philippe Morétau l'a souligné et comme l'atelier 3 l'a rappelé.

Les travaux des ateliers viennent de nous être parfaitement restitués et je remercie chaque rapporteur d'avoir su être à la fois précis et concis. Je n'y reviendrai donc pas. J'en viendrai alors directement à la

conclusion de mon propos : il y a de grandes avancées et de riches perspectives. Donc, corrélativement, encore du pain sur la planche ! Il y a, par exemple, à développer notre collaboration avec nos collègues allemands que je remercie vivement pour leur présence. Il va donc nous falloir, tous, nous remettre dès demain à la tâche. Mais, en attendant, je vous souhaite un bon retour dans vos pénates. Alors, bonne route sur votre "voie verte" et au revoir.