

# Entretien des berges de petits cours d'eau dans le bocage Sud-Manche : réponses de la végétation herbacée aux processus écologiques et agricoles

Ivan Bernez <sup>a</sup>, Anthony Pingray <sup>a</sup> et Didier Le Cœur <sup>b</sup>

*La préservation de la vie aquatique et particulièrement celle des populations de salmonidés dans les cours d'eau des bocages est étroitement liée à leur entretien, aux types de végétation environnante et aux pratiques locales des élevages et de l'agriculture. En s'appuyant sur leurs travaux de recherche, les auteurs expliquent ici comment ils ont procédé pour analyser la composition de la végétation herbacée de berges, et définir dans quelle mesure cette végétation est influencée par les pratiques agricoles anciennes et récentes. Ces résultats contribuent à la définition des nouvelles stratégies pour l'entretien et la restauration de ces écosystèmes.*

Les évolutions récentes de la gestion de l'espace agricole et l'intensification des pratiques culturales conduisent souvent à une altération des eaux superficielles. Les phénomènes d'érosion des sols sont responsables de l'augmentation de la charge en matière en suspension (MES) dans les rivières. Une turbidité excessive de l'eau peut engendrer des colmatages des zones de fraie des poissons et des habitats des juvéniles. Un des facteurs responsables de l'augmentation de MES dans le bocage bas normand est la pression du bétail, par le piétinement dans des prairies de fortes pentes, un accès direct au lit mineur des ruisseaux et à leurs berges (Macary, Paulais, 2003).

Pour connaître les mécanismes de fonctionnement des écosystèmes aquatiques continentaux dans un contexte de forts impacts anthropiques, l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) a mis en place un observatoire de recherche sur les écosystèmes lotiques (OREL) sur trois bassins : le Scorff en Bretagne, la Nivelle dans le Pays Basque et l'Oir en Basse-Normandie.

Sur le bassin de l'Oir (Manche), les travaux menés depuis 20 ans ont pour but de mettre en relation la qualité piscicole de ce bassin à salmonidés avec la qualité de l'habitat aquatique. Un projet associe l'INRA, la CATER<sup>1</sup> de Basse Normandie et l'association BS2A<sup>2</sup>, structure porteuse du SAGE<sup>3</sup> de la Sélune. Les premières études réalisées ont porté sur deux aspects de gestion et d'aménage-

ment : l'enlèvement d'embâcles et l'entretien de la ripisylve (Labrunie, 2003).

Une troisième étude, initiée en 2004 et objet du présent article, étudie les effets sur le milieu de la mise en place de clôtures pour interdire l'accès du lit au bétail, associée à l'aménagement d'abreuvoir pour diminuer l'érosion des berges et la production des MES (figure 1, page 56). Cette approche technique s'apparente aux mises en place de bandes enherbées utilisées pour réduire l'érosion et les flux de sédiment sur les bassins agricoles (Fiener, Auerswald, 2005). Un des effets attendus de cette mise en exclus, est une modification de la végétation rivulaire. Cette limitation de l'accès du ruisseau de la Vallée aux Berges au bétail est une avant-première de ce qui sera étendu à l'Oir, à ses affluents et à d'autres ruisseaux du bassin de la Sélune. Une pratique de gestion minimale de cette végétation riparienne est envisagée, différant des méthodes d'entretien traditionnellement pratiquées qui s'appuient sur des techniques forestières d'élagage ou de replantation de ligneux et d'entretien d'embâcle (Allion, Ouvray, 1998 ; Caudron *et al.*, 2003 ; GRAIE, 1991 ; Labrunie, 2003 ; Lachat, 1991).

L'objectif de cette première phase est de connaître les caractéristiques de la végétation en place afin d'améliorer l'entretien et son suivi. Pour refléter les changements environnementaux, nous avons fait le choix de nous focaliser sur la strate herbacée (dont les ligneuses de cette strate) : c'est la

1. Cellule d'assistance technique à l'entretien des rivières.

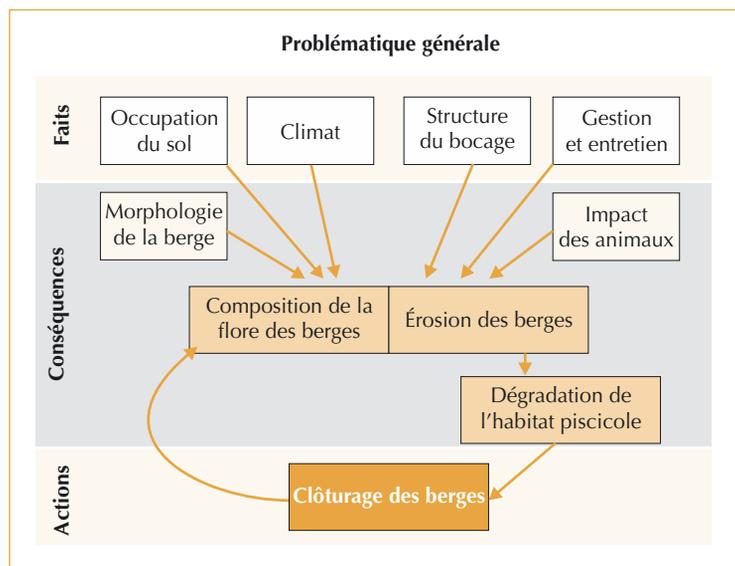
2. Bassin de la Sélune de l'amont à l'aval.

3. Schéma d'aménagement et de gestion des eaux.

## Les contacts

a. UMR « Écobiologie et qualité des hydro-systèmes continentaux », INRA-Agrocampus Rennes

b. INRA SAD Armorique  
65, rue de St-Brieuc,  
35042 Rennes Cedex



▲ Figure 1 – Contexte général du projet mené sur le ruisseau de la Vallée aux Berges.

strate dominante des berges des prairies clôturées, elle se régénère naturellement et sa diversité est plus grande (Le Cœur *et al.*, 2002).

Notre travail se place dans le cadre général d'une nouvelle approche de l'entretien des ruisseaux en intégrant aux aspects d'aménagement une prise en compte (i) à l'échelle du ruisseau, de l'écologie des systèmes aquatiques et (ii) à l'échelle du bassin, de leur lien avec les agrosystèmes bocagers (Boutin *et al.*, 2002 ; Milsom *et al.*, 2004).

Les objectifs d'étude de cette végétation herbacée peuvent correspondre aux questions suivantes :

- a-t-on une structure homogène de la strate herbacée des berges sur les quelques kilomètres clôturés d'un petit ruisseau ?
- quels paramètres influencent la composition de cette végétation ?
- quelle est l'importance des processus hydrauliques longitudinaux, celle des caractéristiques hydro-morphologiques (exemple : caractéristiques de la berge) et celle de l'action agricole récente et ancienne (la gestion des parcelles adjacentes et la structure du bocage) ?
- comment ces processus sont-ils hiérarchisés ?
- quels pourraient être les impacts écologiques à l'échelle du ruisseau, du bassin versant ?

Après une brève description de la zone étudiée, nous décrivons la méthodologie mise en œuvre et les variables prises en compte, puis

nous analyserons les résultats au niveau de la composition floristique, des usages, du paysage, de l'hydrosystème et en terme d'impact sur la structure bocagère.

## Contexte de l'étude

Le bassin de l'Oir, rivière du Sud-Manche, est une zone d'élevage laitier intensif marquée par de profonds bouleversements de l'espace rural. Le bassin du ruisseau de la Vallée aux Berges, un affluent de la rive droite de l'Oir, couvre 250 ha, dont 170 ha pour notre zone d'étude (partie aval du bassin versant), soit un linéaire de 2,5 km de cours d'eau. La géologie est de type granitique, le relief assez prononcé est un facteur favorable aux phénomènes de ruissellement et d'érosion. La surface du bassin est majoritairement allouée à l'élevage extensif (39 %) et aux cultures fourragères (37 %), sans industrie et avec quelques hameaux petits et dispersés. Le plus grand boisement est situé à l'amont immédiat de la zone d'étude (le Bois Clérice), l'autre parcelle boisée se trouve à l'aval sur les rives de l'Oir (figure 2). La zone d'étude a été divisée en quatre secteurs, respectivement d'amont en aval, A, B, C et D de longueurs comparables, homogènes en termes de morphologie du bassin (forme et pente du lit et des versants) et d'usage agricole.

Le SAGE de la Sélune prévoit de protéger les berges de l'Oir et de ses affluents par la pose de clôtures électriques sur tout son linéaire ainsi que des abreuvoirs aménagés. Au ruisseau de la Vallée aux Berges ont été réalisés, pour un coût total des travaux d'environ 10 000 euros :

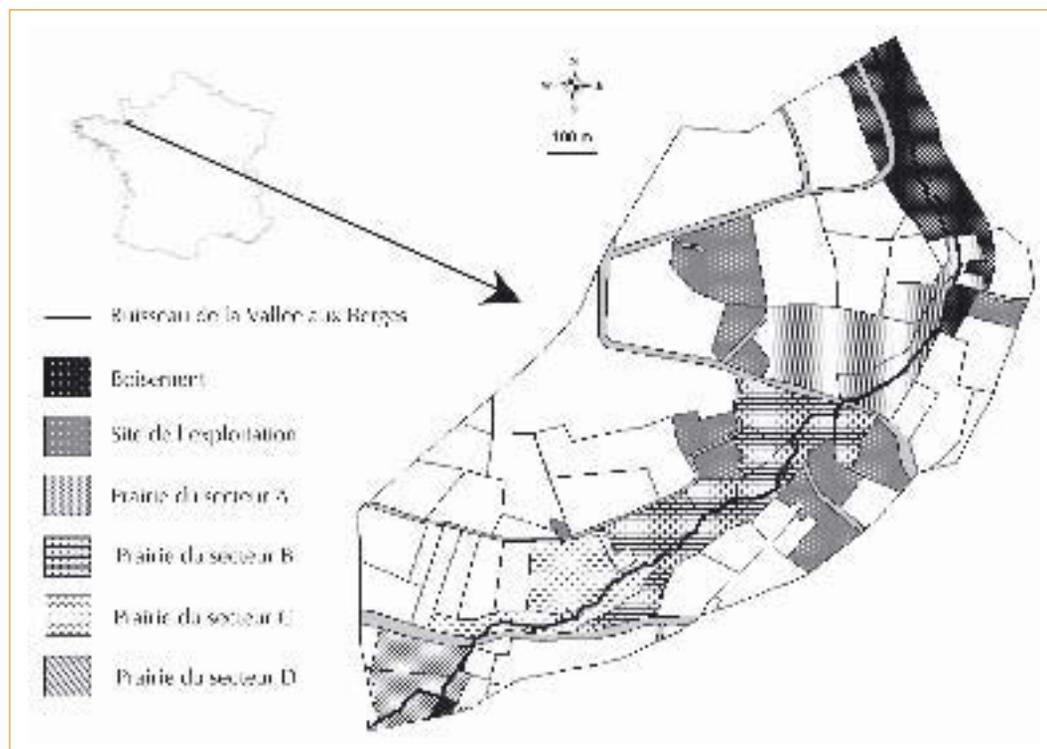
- l'aménagement de 7 abreuvoirs : 1 abreuvoir gravitaire, qui utilise la pente du cours d'eau pour créer une charge suffisante pour remplir le bac d'abreuvement situé en contrebas, et 6 abreuvoirs classiques, aménagés directement sur la berge du cours d'eau ;
- la pose de 3 047 m de clôtures dont 90 % de clôtures électriques et 10 % de clôtures à double rang de fil de fer barbelé.

## Matériel et méthodes

### La végétation

Nous avons échantillonné des unités de 15 m<sup>2</sup> dans trois milieux :

- les berges, unités sur lesquelles est centrée l'étude ;



◀ Figure 2 – Bassin versant du ruisseau de la Vallée aux Berges et positionnement des secteurs prairiaux A, B, C et D d'amont en aval.

- les haies proches, c'est-à-dire situées en fond de vallée, catégorie dans laquelle sont incluses les bandes de ripisylves ;
- les prairies adjacentes.

Au total, 78 stations de 15 m<sup>2</sup> ont été placées sur les 2,5 km de berge, 35 haies ont été échantillonnées et 80 relevés ont été effectués sur les 16 parcelles de prairies adjacentes au ruisseau.

Le relevé floristique effectué pour chaque unité correspond à une liste d'espèces avec une estimation visuelle du recouvrement des espèces. L'abondance des espèces est notée d'après l'échelle de Tansley, de 1 à 5 (Tansley, Chip, 1926, *in* Le Cœur et al., 2002), 1 : rare ; 2 : occasionnel ; 3 : fréquent ; 4 : abondant ; 5 : dominant (très abondant).

Pour chaque haie, un relevé est réalisé au milieu de celle-ci sur une station représentative de sa composition en arbres matures et/ou en arbustes et de la densité de sa végétation. Les berges boisées (ripisylves) sont intégrées à cet échantillonnage car souvent déjà clôturées et peu ou différemment piétinées.

Les prairies sont échantillonnées par cinq relevés effectués sur 15 m<sup>2</sup> répartis pour tenir compte des hétérogénéités observées.

L'échantillonnage des berges du ruisseau est fait sur le linéaire de berges des prairies à aménager. Chaque station est une unité d'échantillonnage constituée d'une bande de berge de 1 mètre sur 15 non boisée, parallèle au ruisseau, sélectionnée selon des critères simples que nous avons voulu homogènes sur les 15 m :

- des paramètres relatifs au fonctionnement du ruisseau : la hauteur de la berge, sa pente (inférieure ou supérieure à 45°), la morphologie du cours d'eau (rectiligne ou en méandre) ;
- des paramètres relatifs au fonctionnement du bocage : position par rapport aux autres unités végétales (haies, ripisylve et prairie) ;
- des paramètres relatifs aux usages agricoles : type de gestion et d'entretien de la berge ;
- une homogénéité de la berge lui faisant face.

### La mesure des paramètres environnementaux

Une analyse de l'occupation du sol et des usages agricoles a été réalisée à partir d'observations *in situ*. Ces données ont été traitées dans un système d'information géographique (SIG). Les différentes

couvertures ont été développées sous MapInfo Professional® 5.5, dont la numérisation du plan cadastral et des réseaux. Une matrice renseignant sur les caractéristiques environnementales de chaque station a été construite. Cette étape de construction a permis de traiter spatialement les informations concernant 35 critères (tableau 1) exprimant des contraintes physiques ou anthropiques qui peuvent entrer dans le processus de répartition spatiale de la végétation rivulaire. La méthode mise au point permet d'utiliser des critères vrais (pente et hauteur de la berge, pente du cours d'eau, distance à la confluence, occupation du sol, etc.) et des critères qualitatifs (ombrage, intensité de pâturage, présence de ligneux à proximité ou sur la berge, etc.), et de prendre en compte l'ensemble des facteurs discriminants significatifs pour lesquels il nous est possible d'attribuer une valeur.

### Les variables liées au fonctionnement du cours d'eau

Selon les principes généraux de fonctionnement des rivières, il existe une répartition de la végétation en fonction de la position sur le linéaire et de la topographie locale de la vallée (concept du continuum fluvial, Amoros et Petts, 1993). Cet aspect est rarement étudié à cette échelle et il est intéressant de savoir si la répartition spatiale des espèces est un facteur à prendre en considération dans la gestion des petits ruisseaux. Nous utilisons pour ceci la distance à la confluence de l'échantillon et la pente moyenne du lit dans la prairie où il se situe.

La teneur en eau du sol est un facteur important en relation avec la hauteur de la berge. Les espèces sensibles, ou hygrophiles, répondent à une microtopographie de la berge (pente plus ou moins forte). Concernant la structure physique de la berge, nous avons considéré sa hauteur moyenne (h) et sa pente.

### Les variables liées à la structure du bocage

Les haies, éléments structurant du bocage, sont des unités linéaires permettant la connexion des différentes unités du paysage. La connectivité détermine l'intensité des échanges entre les unités écologiques. Les haies sont ainsi essentielles au déplacement de certaines espèces animales et végétales jusqu'au cours d'eau et peuvent être une source d'espèces colonisant les berges. Nous avons donc quantifié le rôle potentiel des haies

et de la ripisylve présentes sur le bassin suivant plusieurs critères (Lin 50, Lin 100, D haie).

La quantité de lumière disponible dans le milieu est un des paramètres fondamentaux définissant les possibilités d'installation d'une espèce donnée (Amoros et Petts, 1993). L'intensité lumineuse reçue au sol dépend de la densité de la canopée des formations arborées et arbustives situées à proximité, dominant la berge et susceptibles d'y produire de l'ombrage. On évaluera ce facteur à différents niveaux de notation.

La présence d'un ligneux à proximité directe de la berge joue un rôle sur l'ombrage de celle-ci et génère à son pied un habitat particulier où peut s'installer une flore particulière source. Nous avons quantifié par 3 niveaux de mesure la présence de ligneux dans la proximité directe de l'échantillon dans un rayon de 15 m (A0, A1, A2).

### Les variables relatives aux usages agricoles

#### L'ACTION DES ANIMAUX

Les berges situées en bordure de prairie sont soumises au pâturage et au piétinement des animaux, ce qui constitue une perturbation importante pour la strate herbacée de la végétation rivulaire (Mensing *et al.*, 1998). Seules les espèces tolérantes ou résistantes à une intensité de pâturage seront présentes sur ces berges. L'intensité du pâturage dépend de la charge pastorale appliquée à la parcelle ainsi que de sa durée et de sa fréquence de mise en pâture. De plus, le piétinement des animaux sur la berge ouvre le milieu et favorise des espèces opportunistes, colonisatrices ou rudérales. Le piétinement déstructure également la berge en créant des zones basses plus humides. Pour cette perturbation du milieu, nous avons choisi d'estimer sur la surface d'échantillonnage la proportion de sol nu et de zone basse qu'elle génère.

#### L'OCCUPATION DU SOL

Le thème « occupation du sol » du SIG a été renseigné à partir des observations réalisées sur le terrain. Les différentes formations végétales situées sur le bassin, qu'il s'agisse de boisements ou de cultures, sont susceptibles d'être une source d'espèces pouvant coloniser la berge. L'utilisation des différentes parcelles est inhérente aux contraintes de fonctionnement de l'exploitation, et donc à l'action anthropique. Cinq grands types d'occupation ont été relevés (tableau 1).

▼ Tableau 1 – Variables environnementales et leur signification.

Catégorie		Nom	Définition
Variables liées au fonctionnement du cours d'eau	Position géographique	D confluence	Distance de l'échantillon à la confluence du ruisseau de la Vallée aux Berges avec l'Oir (en mètre)
	Topographie	P	Pente moyenne du lit du cours d'eau dans la prairie où se situe l'échantillon. (en mètre)
		H	Hauteur moyenne de la berge (en mètre)
		Pente moyenne de la berge	Pente faible (inférieure à 45°) Pente forte (supérieure à 45°)
Variables liées à la structure du bocage	Rôle potentiel des haies et de la ripisylve	Lin50	Linéaire de haie et de ripisylve dans un rayon de 50 m autour de l'unité de berge
		Lin100	Linéaire de haie et de ripisylve dans un rayon de 100 m.
		D haie	Distance minimale (en mètre) entre l'unité d'échantillonnage et la première haie (haie d'arbustes ou une haie avec des arbres matures).
	Ombrage	Omb0	Absence d'ombre sur la berge
		Omb1	Berge peu ombragée (projection au sol de la canopée < 10 % de la surface de l'unité)
		Omb2	Berge ombragée (10 % < canopée < 50 %)
		Omb3	Ombrage fort (canopée > 50 %)
	Présence de ligneux dans la proximité directe de l'échantillon	A0	Absence d'arbre ou d'arbuste dans un rayon de 15 m
		A1	Présence d'un à trois arbres et/ou arbustes dans un rayon de 15 m
		A2	Présence d'une haie ou d'une ripisylve dense dans un rayon de 15 m
Variables relatives aux usages agricoles	Impact des animaux par l'intensité du pâturage	Pat0	Absence de pâturage
		Pat1	Pâturage très faible (moins de 10 % de la surface est pâturée)
		Pat2	Pâturage faible (de 10 à 25 % de la surface)
		Pat3	Intensité de pâturage moyenne (de 25 à 50 % de la surface)
		Pat4	Pâturage fort (de 50 % à 75 % de la surface)
		Pat5	Pâturage très fort (plus de 75 %, gazon raz)
	Impact des animaux par l'action du piétinement	Sol nu	Pourcentage de la surface en sol nu
		ZB	Pourcentage de la surface en zone basse
	Occupation du sol	Zones d'habitation	Habitat de l'exploitant (ferme, cour et jardin) et locaux utilisés par l'exploitation (grange, étable, entrepôt...)
		Prairies	Prairies permanentes ou temporaires
		Cultures	Cultures de blé ou de maïs
		Friches	
		Boisements	Boisements, naturels ou plantés
	Linéaire de bordure de route	Bdr100	Linéaire de bordure de route dans un rayon de 100 m
		Bdr50	Linéaire de bordure de route dans un rayon de 50 m
	Aménagement et entretien de la berge	DSH	Utilisation d'herbicide
		Fauche	Recours à la fauche
		Électrique	Présence d'une clôture électrique
		Barbelée	Présence d'une clôture barbelée (ronce)
		Bordure	Traduit la position du cours d'eau en limite d'exploitation

L'occupation du sol est analysée dans un rayon de 100 m autour de chaque unité d'échantillonnage. La proportion en surface pour les différents types d'occupation du sol a ainsi été calculée.

Le linéaire de bordure de route est source d'espèces herbacées particulières dont l'installation est régie par les conditions spécifiques de ce milieu : la bande enherbée située en bord de route ou sur le talus des bas cotés est soumise à un régime de perturbation engendré par le passage des véhicules qui occasionne un « vent » perturbateur et la végétation est entretenue de façon régulière par une ou plusieurs fauches annuelles.

#### L'AMÉNAGEMENT ET ENTRETIEN

L'entretien et la gestion de la berge par l'exploitant de la prairie ont une influence directe sur le type de végétation se développant sur la berge. Nous avons donc noté de façon qualitative (descripteur de type booléen « oui = 1/non = 0 ») plusieurs paramètres relatifs à l'aménagement et à l'entretien du cours d'eau (tableau 1).

#### L'analyse des données

Plusieurs indices sont ensuite utilisés pour comparer l'assemblage des espèces (Burel *et al.*, 1998). La richesse spécifique (S) et l'indice de diversité de Shannon (H') sont les moyens utilisés pour comparer le nombre et l'abondance des espèces. Les comparaisons des indices entre les différents types d'unités (berges, haies, prairie) sont réalisées par une analyse des variances (ANOVA) en modèle linéaire généralisé réalisée grâce au logiciel MINITAB®.

Pour mettre en relation les variables environnementales avec la composition spécifique de chaque relevé, deux matrices ont été créées pour l'analyse : une matrice regroupant les espèces en fonction des stations d'échantillonnage (variables de réponse) et une matrice regroupant les variables spatiales environnementales en fonction des stations d'échantillonnage (variables explicatives). Toutes les variables explicatives et leurs différents niveaux sont considérés au début de l'analyse. Les matrices sont ensuite soumises à une analyse canonique des

correspondances (CCA) sous CANOCO™, qui est une ordination des valeurs propres développées pour relier directement entre elles des matrices multivariées de données écologiques. La CCA génère un diagramme sur lequel figure le poids moyen de chaque espèce ou site, représenté par des points, en respectant la contribution des variables explicatives, représentées par des flèches qui pointent dans la direction de la variation maximale du facteur. La proximité de points entre eux sur le plan de la CCA, ou avec des flèches, indique une relation positive entre les variables de réponse et les variables explicatives associées à ces points, l'éloignement de points entre eux indique une relation négative entre ces variables.

De toutes les variables explicatives, les meilleurs indicateurs (qui seront retenus pour l'analyse) ont été sélectionnés par une procédure de sélection de régression pas à pas, disponible dans la version 3.1 de CANOCO™. Un seuil de significativité de 0,05 a été choisi pour cette sélection. Pour chaque CCA, une simulation de Monte Carlo sur la valeur propre du premier axe et sur la trace (i.e. la somme des valeurs propres canoniques) teste la significativité de l'effet des variables analysées (Le Cœur *et al.*, 2002). Les variables significatives sont retenues.

## Résultats

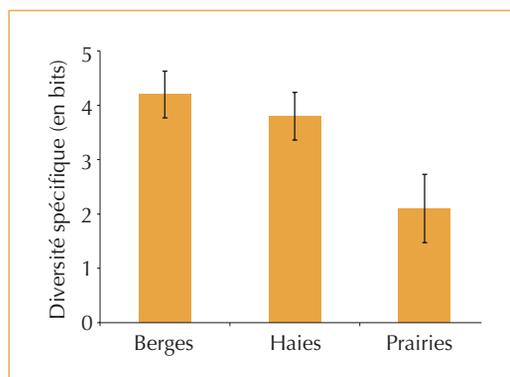
### Analyse du paysage par l'étude de la végétation bocagère et celle des berges

Dans le bassin étudié, la végétation des différentes unités de végétation échantillonnées peut être exprimée par sa diversité et les liens spatiaux que ses unités ont entre elles.

La comparaison des moyennes des indices de diversité de Shannon calculées pour chaque type de relevé (berges, haie, prairie) a été effectuée par un test paramétrique de Student, avec un seuil de significativité de 5 % (tableau 2). La diversité spécifique est significativement supérieure pour les berges (H' = 4,2 ; p < 0,05) comparée aux haies (H' = 3,8) et aux prairies adjacentes (H' = 2,1 ; figure 3).

► Tableau 2 – Statistiques élémentaires et résultat de l'ANOVA sur la comparaison de la diversité spécifique moyenne (indice de Shannon) des différents types d'unités végétales échantillonnées.

Type	H'moyen	Écart-type D'H'	Nombre d'échantillon	F-value	p-value
Berges	4,2	0,43	78	411,12	< 0,001
Haies	3,8	0,44	35		
Prairies	2,1	0,63	87		



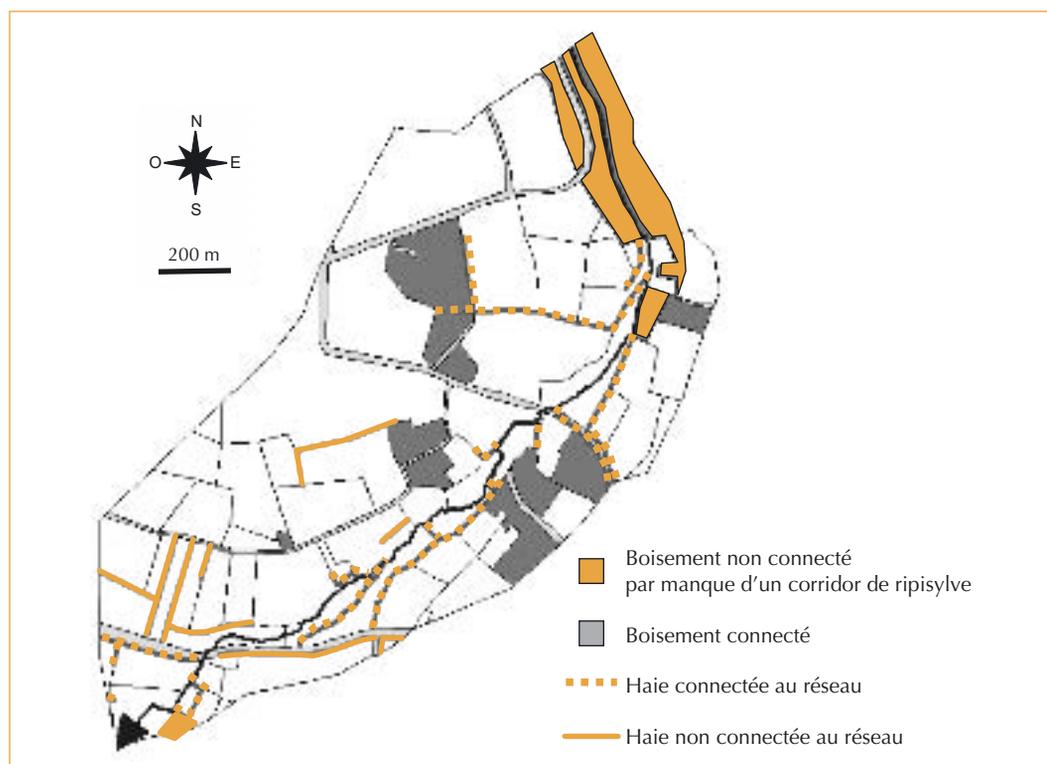
▲ Figure 3 – Moyenne et écart-type de l'indice de Shannon H' calculé pour chaque échantillon en fonction du type de milieu analysé. Les différences entre chacun des trois types de milieux sont significatives (ANOVA,  $p < 0,05$ ).

Des trois milieux échantillonnés, les berges sont les unités du paysage comportant la plus grande diversité spécifique devant celle des haies et des prairies. Les haies sont la seconde source de richesse spécifique.

L'analyse du paysage montre que le bassin ne comporte que 8,6 km de linéaire boisé constitué : (i) des haies, catégorie la plus représentée, (ii) de la ripisylve et (iii) des lisières de boisement (tableau 3). Le ruisseau et sa ripisylve peuvent constituer un axe central dans le bassin en termes de connexion des différentes unités du paysage entre elles. Avant les travaux de mise en clôture des berges, 21 % du linéaire n'est pas connecté à cet axe central et les deux grandes zones de boisement, situées chacune respectivement aux extrémités du bassin, ne sont pas mises en relation par un cordon de végétation boisée (figure 4).

▼ Tableau 3 – Pourcentage avant travaux de clôture de la longueur totale d'éléments linéaires des différentes catégories répertoriées.

	Lisière de forêt	Haie connectée	Haie déconnectée	Ripisylve
Pourcentage	26 %	37 %	21 %	16 %
Linéaire (km)	2,1	3,2	1,8	1,3



◀ Figure 4 – Structure des différents éléments du paysage bocager avant travaux de clôture des berges du ruisseau.

## Étude des facteurs influençant la composition de la flore des berges

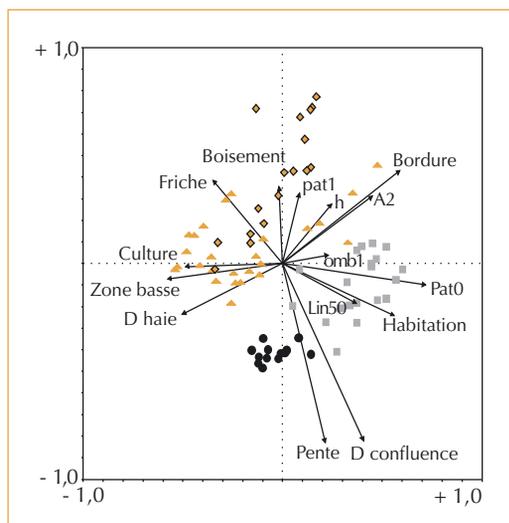
L'information portée par les deux premiers axes de l'ordination par la CCA (figure 5) sont assez faibles (15,6 % : axe I ; 8,8 % : axe II) par rapport à celle généralement obtenues (Ter Braak, Smitlauer, 1998), mais comparables à celles obtenues dans des études d'hydrosystèmes continentaux (Bernez *et al.*, 2004).

La répartition des stations sur le plan factoriel de la CCA permet de mettre en évidence plusieurs rapprochements dans l'espace étudié. L'axe I permet de distinguer les stations appartenant à deux secteurs contigus : celles de la zone B et celles de la zone C. Le second axe oppose lui distinctement les stations par secteur (A, B, C et D) en suivant un gradient amont aval.

Sur les 35 variables (tableau 1, page 59) initialement considérées lors de la CCA, suite à la sélection pas à pas et les tests statistiques, 15 variables ont été retenues pour l'analyse globale des relevés de berge (*cf.* annexe I en fin d'article).

L'axe I (figure 5) correspond aux variations des paramètres liés aux usages agricoles : la situation du cours d'eau en limite d'exploitation (« bordure »), l'absence de pâturage (« Pat0 ») et la présence de friches dans un rayon de 100 m.

▼ Figure 5 – Position des stations et vecteurs des variables abiotiques sélectionnées statistiquement sur les deux premiers axes de la CCA réalisée. Les cercles représentent les stations de la zone A, les carrés celles de la zone B, les triangles celles de la zone C et les losanges celles de la zone D.



L'axe I est aussi lié au type de berge (la présence de zones basses, hauteur de la berge) et à la proximité d'une haie (distance de la première haie « D haie », linéaire de haie dans un rayon de 50 m « Lin50 », présence de ligneux à proximité « A2 », faible intensité lumineuse « omb1 »).

Les variations des relations entre variables environnementales et espèces sur l'axe II sont expliquées par un gradient amont aval : directement par les variations de la pente du lit du cours d'eau (« p »), la distance à la confluence (« D confluence »), indirectement par la proportion de boisement et de friche dans un rayon de 100 m et par la situation du cours d'eau en limite d'exploitation (« bordure »).

Les espèces contribuant aux variations observées selon l'axe I sont plutôt des espèces rudérales (*Cirsium vulgare*, *Filaginella uliginosa*, *Polygonum persicaria*, *Convolvulus arvensis*...), des espèces hygrophiles (*Alopecurus geniculatus*, *Juncus bufonius*, *Mentha aquatica*...), des espèces prairiales (*Taraxacum officinalis*, *Bromus mollis*, *Trifolium pratense*...) ainsi que des espèces ombrophiles de lisière (*Primula grandiflora*, *Geranium robertianum*, *Cinorus cristatus*...). En revanche, l'axe II est plutôt influencé par les espèces forestières (*Aspidium adiantum-nigrum*, *Hypericum hirsutum*, *Potentilla sterilis*, *Viola reichenbachiana*...) et par d'autres espèces de talus et de lisière (*Heracleum sphondylium*, *Stellaria holostea*, *Galium aparine*...).

Les résultats de la CCA mettent en évidence l'influence significative de certains facteurs environnementaux sur la composition de la strate herbacée des berges. Ces facteurs sont de natures diverses : par ordre d'importance pour la composition en herbacées des berges, on a les facteurs d'usage inhérents aux actions agricoles récentes et/ou à la structure spatiale du bocage (impact agricole ancien), puis secondairement, certains paramètres liés au fonctionnement hydraulique. Chacun agit sur la flore des berges et il en résulte ainsi une mosaïque d'assemblage d'espèces indiquant une grande diversité d'habitats riverains, même à l'échelle d'un si petit cours d'eau (2,5 km étudiés).

## Discussion

### Effet des usages agricoles et des actions anthropiques

L'importance des usages agricoles sur la composition spécifique de la strate herbacée des berges du ruisseau est mise en évidence par

l'effet significatif d'une série de facteurs : ceci est rarement pris en compte dans les travaux en berge, lesquels sont souvent raisonnés du point de vue de l'aménagement des cours d'eau, soit son fonctionnement hydraulique. Or, ce qui ressort de cette étude est bien l'importance des facteurs agricoles, à différentes échelles spatiales et temporelles : les impacts ponctuels (comme le piétinement et l'alimentation des animaux sur les berges) et l'aménagement de l'espace (occupation du sol, présence de haies et gestion des clôtures).

#### L'EFFET DU PIÉTINEMENT ET DU PÂTURAGE DES ANIMAUX

La plupart des variables contribuant à expliquer les variations observées selon l'axe I sont liées à l'action ou à l'absence d'action des animaux sur la berge. Les faibles intensités de pâturage (Pat0 et Pat1) s'opposent à l'augmentation de la présence de zones basses (indicatrice du piétinement). L'absence de pâturage semble favoriser l'installation d'espèces de lisière (exemple : *Geranium robertianum* et *Primula grandiflora*). En générant des zones basse humides, le piétinement crée un habitat pour les espèces hygrophiles (*Alopecurus geniculatus* et *Mentha aquatica*), mais favorise également l'installation de rudérales (*Filaginella uliginosa*, *Polygonum persicaria*...). La charge pastorale de la prairie adjacente à la berge serait le facteur qui explique le plus les différences observées entre les stations. La divagation du bétail dans le cours d'eau est une source de perturbation multiple pour la végétation rivulaire, pouvant conduire à sa disparition ou à son appauvrissement (Caudron et al., 2003).

#### EFFET DE L'OCCUPATION DU SOL

Les contraintes liées à l'exploitation agricole jouent un rôle prépondérant dans la structure de la végétation des berges. Les différentes sources possibles d'espèces (boisement, prairie, friche ou culture) sont des paramètres clés de notre analyse, en fonction de la proximité de ces sources aux berges. De même, les marges des bosquets ou des fragments de ripisylve ont une composition floristique originale, refuge de nombreuses espèces forestières (Baudry et al., 2000). De plus, la proportion d'espèces forestières augmente avec la diminution de la distance d'une haie ou d'une ripisylve et l'augmentation de la présence de boisement à proximité. Les boisements et la ripisylve semblent donc être des zones sources d'espèces forestières privilé-

giées pour les berges d'autant plus qu'elles sont proches du site considéré.

La relation inverse entre la proportion de culture dans un rayon de 100 m s'explique par le fait que les exploitations laitières utilisent généralement les parcelles les plus proches pour faire pâturer le bétail, évitant de longs déplacements aux bovins. Le réseau de haie est généralement plus dense dans les milieux prairiaux que dans les cultures. Les zones de cultures ainsi que les friches sont aussi une source non négligeable d'espèces : la flore le long des champs, avec principalement des cultures annuelles, est principalement composée d'espèces annuelles : *Fumaria vulgaris*, *Senecio vulgaris* et *Lapsanna communis* (Baudry et al., 2000). Ces espèces sont retrouvées sur les berges assez proches des cultures et des friches.

D'une manière générale, il est évident que la proximité et la connexion physique à une source de propagule (graines dans le cas de reproduction sexuée chez beaucoup de plantes annuelles, mais aussi par reproduction végétative – « bouturages » – dans les cas de propagation de fragments de rhizomes, de turions, etc. chez les plantes pérennes) facilitent la dispersion (De Blois, 2002)

Il faut noter que certaines espèces de plantes (*Apium nodiflorum*, *Mentha aquatica* et *Potentilla erecta*) doivent leur présence sur les berges à la situation de celles-ci au sein de prairies permanentes (Baudry et al., 2000), dont le mode d'usage est souvent lié à une connexion à l'eau.

Ainsi, les différentes unités végétales adjacentes aux berges (boisements, haies, prairies, cultures ou friches) contribuent au pool d'espèces pouvant coloniser les bords du cours d'eau. Les contraintes liées à l'exploitation du bassin jouent donc un rôle prépondérant dans la composition de cette végétation et contribue à la diversité floristique des berges.

#### EFFET DE L'ENTRETIEN ET DES AMÉNAGEMENTS ANTHROPIQUES

Les aspects liés à l'entretien, que ce soit l'utilisation d'herbicide ou la gestion par la fauche ne ressortent pas ici, mais n'ont pas fait l'objet d'enquêtes approfondies comme dans d'autres études (Macary, Paulais, 2003), ni de renseignements sur le long terme. Toutefois, certaines études ont déjà montré que l'occupation du sol des unités adjacentes explique plus les variations de la végétation des marges que le type d'entretien spécifique qui y est appliqué (Le Cœur et al., 1997).

De même, l'analyse n'a pas permis de mettre en évidence le rôle de la présence ou l'absence de clôture sur la berge. Cependant, nous avons pu démontrer que l'utilisation du cours d'eau pour délimiter des parcelles avait un impact sur la composition de la végétation herbacée des berges, avec la présence d'espèces de talus et de lisière comme *Heracleum sphondylium* ou *Galium aparine*.

### Rôle du paysage par son réseau de haie et ses arbres isolés

La berge a présenté la flore la plus diverse des éléments étudiés sur le bassin (par rapport aux haies de ceintures et aux prairies). Ces petits éléments du paysage (berges, fossés et ruisseaux) sont ainsi une source importante de biodiversité, particulièrement dans les paysages agricoles (Blomqvist *et al.*, 2002). Nous avons mis en évidence l'importance de la proximité des haies (D haie) ou de ripisylve (A2) par rapport à la composition de la végétation herbacée rivulaire. L'importance des espèces de lisière et forestières augmente sur ce type de berge soumise à un ombrage au moins partiel et pouvant plus facilement accueillir des propagules du fait de la proximité de la source d'espèce. Ces observations concordent avec le fait que les facteurs locaux de structuration, spécialement ceux concernant le taux d'arbres et d'arbustes, sont de première importance dans le déterminisme de l'assemblage végétal des marges herbacées des champs (Le Cœur *et al.*, 1997), marges que constitue fréquemment un cours d'eau. Généralement, l'importance des essences forestières décroît avec la diminution du couvert boisé et le fait que les haies soient plus isolées. Dans certains cas de réduction du maillage de haie lié à une intensification des cultures, le schéma de remplacement des espèces herbacées est en partie apparenté au déplacement des espèces pérennes demandeuses d'ombre, incluant les espèces herbacées forestières, vers des espèces à large niche écologique, incluant les espèces opportunistes annuelles (Burel *et al.*, 1998).

### Influence des facteurs locaux liés au fonctionnement de l'hydrosystème

Nous observons un effet de la distance du site à la confluence du ruisseau avec l'Oir et de la pente du lit du cours d'eau. L'importance de ces paramètres est montrée pour des gradients plus longs, des hydrosystèmes bien plus importants (Amoros, Petts, 1993). Ce point serait à approfondir avec d'autres ruisseaux offrant un tel dénivelé (plus de 100 m), car il est étonnant de constater l'importance du gradient longitudinal sur une si courte distance (2,5 km) : en terme de fonctionnement, les unités de la prairie A appartiennent à une vallée encaissée en V, tandis qu'en prairie D, on se trouve dans un fonctionnement de type plaine alluviale, sans doute partiellement influencée par le cours principal de l'Oir dans lequel ce ruisseau se jette lors des crues maximales. Il est clair que ces conditions hydromorphologiques sont très contrastées et sans doute discriminantes pour ce qui concerne une sélection de propagules en berge. L'augmentation de la hauteur de la berge joue elle aussi un rôle important : les espèces hygrophiles telles que *Ranunculus flammula* ou *Myosotis scorpioides* sont absentes des berges élevées.

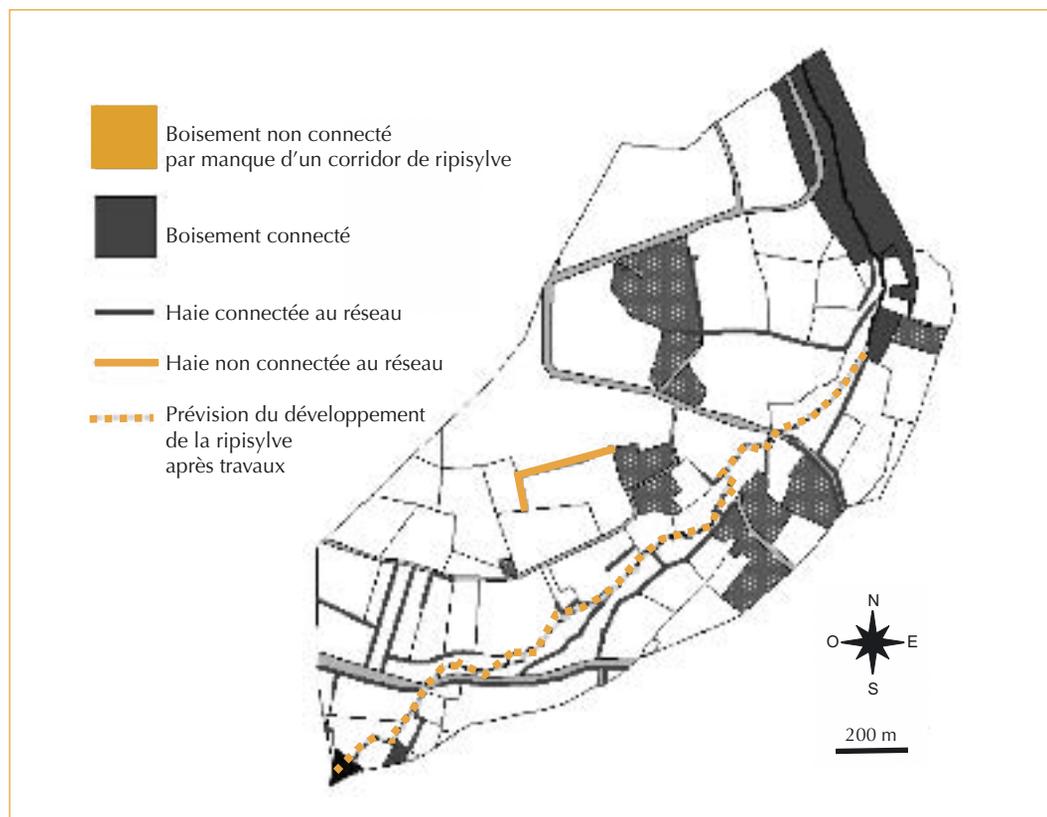
### Prévision des impacts de l'aménagement sur la structure du bocage

Suite aux travaux, en l'absence d'un entretien drastique qui empêcherait le développement d'une végétation spontanée et l'installation d'arbres et d'arbustes, il est légitime d'envisager qu'un « cordon » de végétation va se mettre en place le long du cours d'eau (figure 6). À terme, seul 3 % du linéaire (constitué d'une seule haie) serait isolé de l'axe central suite au développement du corridor rivulaire, mettant alors en relation les deux parcelles couvertes de boisement.

On peut prédire que par la mise en clôture des berges, le ruisseau va constituer une limite pérenne entre les parcelles sur l'ensemble de

▼ Tableau 4 – Pourcentage avant travaux de clôture de la longueur totale d'éléments linéaires des différentes catégories répertoriées.

	Lisière de forêt	Haie connectée	Haie déconnectée	Ripisylve
Pourcentage	18 %	40 %	3 %	39 %
Linéaire (km)	2,1	4,7	0,3	4,6



◀ Figure 6 – Structure des différents éléments du paysage bocager après travaux de clôture des berges du ruisseau.

son linéaire. Un axe central de végétation va pouvoir se développer au sein du paysage bocager. La modification de la structure bocagère qui résultera sera une augmentation de la mise en relation de différentes unités linéaires pérennes (réseau de haies ancien avec cette nouvelle unité riparienne), plus particulièrement les haies, mais aussi les bosquets et les friches. Les espèces de haies peuvent potentiellement coloniser les berges et ainsi augmenter la richesse du milieu ruisseau/berge.

Les espèces héliophiles (rudérales, prairiales ou de talus) pourront continuer à enrichir ce milieu en colonisant les niches créées par le bétail au niveau des abreuvoirs et en pâturant sous la clôture

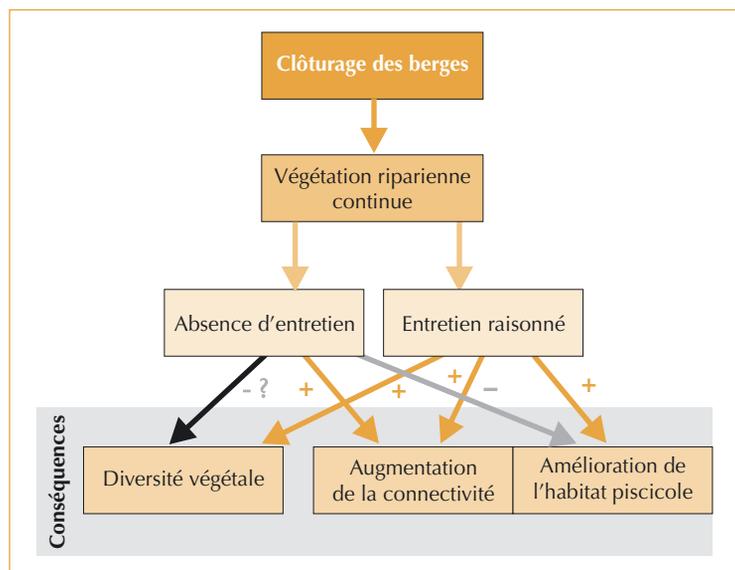
De plus, dans le paysage de terres arables, on considère généralement que les limites pérennes de champs ont d'importantes fonctions écologiques : ce sont des habitats pour la vie sauvage des milieux cultivés, particulièrement pour les oiseaux, lieux de refuge pour l'hibernation des insectivores, tampons contre l'érosion et les inondations ou sites potentiels de dénitrification

(Fiener, Auerswald, 2005 ; Le Cœur *et al.*, 2002). Seuls les éléments rivulaires interconnectés peuvent maintenir les fonctions au cours du temps, autant au niveau du site qu'à l'échelle du bassin versant (Décamps, 2001).

Par rapport à certaines herbacées indésirables et la nécessité d'entretenir les clôtures, le mode de gestion pourrait être de favoriser des repousses spontanées de ligneux (restauration passive) ou une replantation (aménagement classique) permettant le développement d'une ripisylve sur les berges du ruisseau.

## Conclusion

Par une étude de la végétation herbacée riparienne d'un petit cours d'eau, on est en mesure de présenter l'intensité des relations entre les berges et les autres unités adjacentes du paysage (haie, parcelles proches...). On en déduit que le fonctionnement de ces hydrosystèmes ne se réduit pas au lit du ruisseau, mais est intimement lié à l'usage du territoire qui l'entoure : ainsi les enjeux futurs de la gestion des cours d'eau ne se limiteront pas à l'entretien du linéaire de



▲ Figure 7  
– Conséquences écologiques et perspectives d'entretien liées à l'aménagement des berges par la pose de clôtures.

la rivière, mais devront prendre en compte ses connexions spatiales. La diversité des habitats des berges étudiées (incluant ceux en lien avec les perturbations dues aux pressions du bétail),

la proximité de sources d'espèces d'origines diverses (lisières, bois, prairies, friches et milieux aquatiques) et une relativement forte connexion de ces sources avec les berges (figure 7) sont les facteurs structurant cette végétation et favorisant une diversité maximale. Cette connexion va être renforcée par les aménagements créés. Un risque à surveiller est que cela conduise à une uniformisation des habitats, voire même une fermeture du milieu non voulue (ex. : installation d'une végétation rudérale comme les ronciers), avec pour conséquences une diminution de la diversité végétale mais avec d'autres conséquences négatives possibles sur le ruisseau. Une action raisonnée sur les espèces ligneuses (arbres, arbustes) semble être une étape suivante importante et pourrait être étudiée afin d'avoir un contrôle des herbacées indésirables. Comme des interventions humaines sont nécessaires pour l'entretien des clôtures et des berges, il sera possible de réaliser une gestion qui permette à ces berges, placées à l'interface d'espaces trop souvent gérés de manière cloisonnée, de continuer à contribuer à une qualité écologique forte dans les paysages bocagers. □

#### Remerciements

Cette étude est financée par le SAGE Sélune et a été permise grâce à l'aide technique de la CATER Basse-Normandie.

### Résumé

Au sein d'un observatoire de recherche en environnement sur le bassin versant de l'Oir, dans le bocage Sud-Manche, un projet de recherche appliquée à l'entretien des cours d'eau à salmonidés en contexte agricole (mise en place de clôtures et d'abreuvoirs pour limiter l'accès du bétail au ruisseau) étudie l'importance des paramètres qui structurent la végétation riparienne. Un petit ruisseau de tête de bassin est utilisé en étude préliminaire. Après avoir traité les différentes informations issues du terrain et de la cartographie dans un système d'information géographique, nous avons utilisé une méthode d'analyse multivariée pour hiérarchiser les facteurs qui déterminent la composition de la végétation de berges. Les principaux facteurs qui différencient la végétation riparienne semblent être liés aux impacts anthropiques récents (pâturage, piétinement des berges par les animaux) et anciens (proximité entre l'écosystème rivulaire et la structure bocagère, notamment les haies). Les facteurs secondaires sont liés à des aspects d'hydromorphologie et au gradient longitudinal, ce qui serait à confirmer pour d'autres ruisseaux de ce type, ainsi qu'à une proximité à des zones de boisement. Ces aménagements, à terme, vont contribuer fortement à créer sur le ruisseau de la Vallée aux Berges une connectivité du bocage qui n'existait pas (de 21 % de haies déconnectées, on passe à 3 %), mais cela nécessitera un entretien régulier de la végétation des berges. On met ainsi en évidence l'importance des usages agricoles et la structure du bocage sur la composition spécifique de la strate herbacée des berges du ruisseau : ceci est rarement pris en compte dans les entretiens de cours d'eau, pour lesquels on raisonne uniquement du point de vue de leur fonctionnement hydraulique.

### Abstract

Within an Observatory of Research in Environment on the catchment area of the Oir river, in south-Manche, a research project applied to the maintenance of salmon's rivers in an agricultural context (installation of fences and feeding troughs to limit the access of the cattle to the brook), is studying the importance of parameters which structure the riparian vegetation. A small brook of watershed's head is used in preliminary study. We processed the various information, and then we used a method of multivariate analysis to treat on a hierarchical basis the factors which determine the composition of the riparian vegetation. The principal factors which differentiate the riparian vegetation seem to be related to the recent anthropic impacts (pasture, with the trampling of banks by animals) and old ones (bocage structure: woodlands and hedges). The secondary factors are related to aspects of hydromorphology and the longitudinal gradient, which would be extend to other small brooks of this type. After a long time, these installations will strongly contribute to create a connectivity of the woody elements on the brook which did not exist (from 21 % of disconnected hedges, one passes to 3 %), but that will require a regular maintenance of the riparian vegetation. Agriculture impact and bocage connection are determinant for herbaceous vegetation composition, parameters unusually considered in riparian management, where focus are done on the hydraulic functioning.

## Bibliographie

- ALLION, Y., OUVRAY, S., 1998, *Gestion de la végétation des fonds de vallée. Guide Méthodologique*, Agence de l'Eau Loire-Bretagne, 77 p.
- AMOROS, C., PETTS, G.-E., 1993, *Hydrosystèmes fluviaux*, collection d'écologie 24, Masson, Paris, 300 p.
- BAUDRY, J. *et al.*, 2000, A holistic landscape ecological study of the interactions between farming activities and ecological patterns in Brittany, France, *Landscape and Urban Planning*, n° 50, p. 119-128.
- BERNEZ, I. *et al.*, 2004, Combined effect of environmental factors and regulation on macrophyte vegetation along three rivers in western France, *River Research and Applications*, n° 19, p. 1-17.
- BLOMQVIST, M.-M. *et al.*, 2002. Declining plant species richness of grassland ditch banks – a problem of colonisation or extinction? *Ecological Conservation*, n° 129, p. 391-406.
- BUREL, F. *et al.*, 1998, Comparative biodiversity along a gradient of agricultural landscapes, *Acta Oecologia*, n° 19, p. 47-60.
- BOUTIN, C. *et al.*, 2002, Importance of riparian habitats to flora conservation in farming landscapes of Southern Quebec, Canada, *Agriculture, ecosystems and Environment*, n° 94, p. 73-87.
- CAUDRON, D. *et al.*, 2003, *Gestion des cours d'eau de Basse Normandie*, CATER Basse Normandie, Ségrie Fontaine, 60 p.
- DE BLOIS, S. *et al.*, 2002, Landscape issues in plant ecology, *Ecographie*, n° 25, p. 244-256.
- DECAMPS, H., 2001, How a riparian landscape finds form and comes alive, *Landscapes and urban Planning*, n° 57, p. 169-175.
- FIENER, P., AUERSWALD, K., 2005, Seasonal variation of grassed waterway effectiveness in reducing runoff and sediment delivery from agricultural watersheds in temperate Europe, *Soil and Tillage Research*, sous presse.
- GRAIE (Groupe Recherche Rhone-Alpes sur les Infrastructures et l'Eau), 1991, *La gestion intégrée des rivières*, Agence de l'Eau, 293 p.
- LABRUNIE, R., 2003, *La gestion de la ripisylve : un enjeu pour les compartiments biotiques et abiotiques*, rapport bibliographique diplôme d'Agronomie approfondie génie de l'environnement, option Préservation et aménagement des milieux, École nationale supérieure agronomique de Rennes : 24 p.
- LACHAT, B., 1991, *Le Cours d'eau. Conservation, entretien et aménagement*, Comité directeur pour la protection et la gestion de l'environnement et du milieu naturel, Série aménagement et gestion n° 2, Strasbourg, 84 p.
- LE CŒUR, D. *et al.*, 1997, Field margin plant assemblages: variation partitioning between local and landscape factors, *Landscape and Urban Planning*, n° 37, p. 57-71.
- LE CŒUR, D. *et al.*, 2002, Why and how we should study field boundary biodiversity in an agrarian landscape context, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, n° 89, p 23-40.
- MACARY, F., PAULAIS, J., 2003, Méthode d'identification de zones prédisposées aux émissions et aux transferts particuliers, *Ingénieries-EAT*, n° 26, p. 3-47.
- MARSHALL, E.-J.-P., 2002, Introducing field margin ecology in Europe, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 89, p. 1-4.
- MENSING, D.-M. *et al.*, 1998, Anthropogenic effects on the biodiversity of riparian wetlands of a northern temperate landscape, *Journal of Environmental Management*, 53, p. 349-377.
- MILSOM *et al.*, 2004, Dynamic and management of plant communities in ditch bordering arable fenland in eastern England, *Agriculture, Ecosystems and Environment*.
- TER BRAAK, C.-J.-F., SMILAUER, P., 1998, CANOCO, *Reference manual and user's guide to Canoco for Windows: software for Canonical Community Ordination (version 4)*, Microcomputer Power, Ithaca, N.Y.

## Annexe I

Variables abiotiques sélectionnées pas à pas par une option de l'analyse canonique des correspondances et leur corrélation avec les deux premiers axes. La signification des abréviations est donnée dans le tableau 1 (page 59). Le symbole « \* » indique que la variable est significative par rapport à l'axe au seuil de 5 %, « ns » indique que la variable, non significative, n'a pas été sélectionnée par le test.

Variable environnementale	F-ratio	p-value	Axe I	Axe II
Pat0	4,85	0,005	0,6693*	- 0,0933
D confluence	4,08	0,005*	0,3780*	- 0,7674
Boisement	3,90	0,005	- 0,017	0,3309
Limite	2,93	0,005	0,5485*	0,4033*
h	2,83	0,005	0,2281*	0,2569*
Friches	2,13	0,005	- 0,3264	0,3606
Pat1	1,87	0,005	0,2137*	0,3044
ZB	1,70	0,005	- 0,5383	- 0,0691
Omb1	1,85	0,005	0,0782	0,0356
p	1,76	0,005	0,2015*	- 0,7772*
A2	1,93	0,005	0,4219*	0,2912*
Cultures	1,63	0,01	- 0,4565	- 0,0142*
Zones d'habitation	1,45	0,025	0,5230	- 0,2274*
D haie	1,46	0,02	- 0,4698	- 0,2207
Lin50	1,48	0,03	0,3452	- 0,1718
A0	1,32	0,06	ns	ns
A1	1,32	0,11	ns	ns
SOL NU	1,22	0,185	ns	ns
Pat2	1,22	0,11	ns	ns
Omb0	1,24	0,10	ns	ns
DSH	1,09	0,275	ns	ns
Pente forte	1,11	0,355	ns	ns
Pente faible	1,11	0,30	ns	ns
Pat3	1,06	0,36	ns	ns
Omb3	1,03	0,475	ns	ns
Pat5	0,99	0,52	ns	ns
Électrique	1,01	0,475	ns	ns
Bdr100	0,92	0,665	ns	ns
Fauche	0,86	0,69	ns	ns
Barbelée	0,86	0,69	ns	ns
Bdr50	0,85	0,755	ns	ns
Lin100	0,88	0,715	ns	ns
Omb2	0,77	0,83	ns	ns
Prairies	0,79	0,785	ns	ns
pat4	0,74	0,915	ns	ns