

Les bandes végétales filtrantes : de la parcelle au bassin versant

Marc Duchemin et
Rajouene Majdoub

Institut de recherche et
de développement en
agroenvironnement inc.
(IRDA)

1. Introduction

L'agriculture intensive pratiquée de nos jours est une source de dégradation de l'environnement et particulièrement des ressources sol et eau (Robert et Cheverry, 1996; Coote et Gregorich, 2000; Patoine et Simoneau, 2002). Les sols dégradés voient leur productivité réduite, alors que les eaux reçoivent des apports accrus de matières en suspension, de nutriments (N et P), de pesticides et de micro-organismes pathogènes (Troeh *et al.*, 2004). Le sol constitue alors une interface qui conditionne la qualité de l'eau (Côté et Bernard, 1993).

La pollution des eaux en milieu agricole est surtout de nature diffuse et résulterait de l'effet cumulatif de plusieurs sources éparpillées sur l'ensemble du territoire agricole, ce qui rend ce problème d'autant

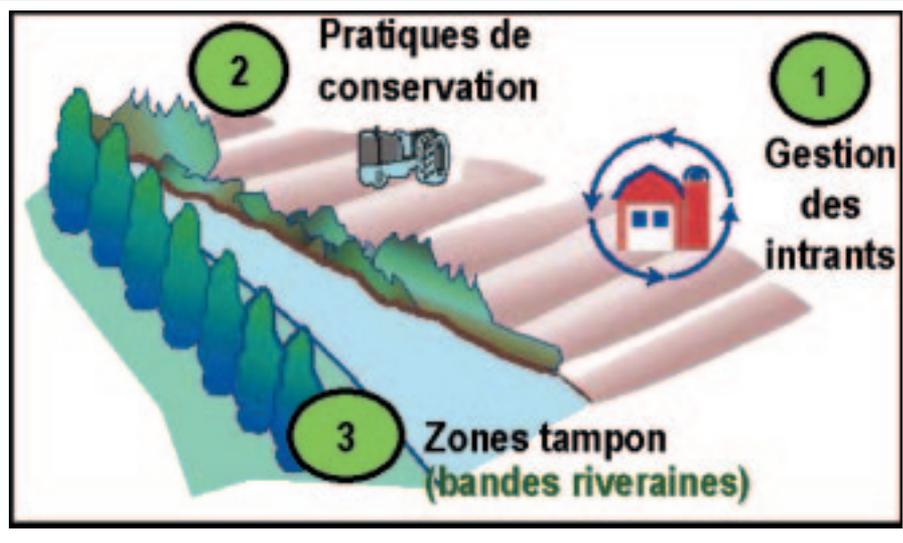
plus insidieux (Sidle et Sharpley, 1991). La réduction des impacts de ce type de pollution passe par une approche de prévention qui peut se faire à trois niveaux (figure 1) : par une meilleure gestion des intrants; par le recours aux pratiques de conservation des sols; et en tirant profit des zones tampons en bordure des plans d'eau (Bernard, 2000). Les bandes végétales filtrantes localisées entre les sources de pollution et les cours d'eau récepteurs font partie de la 3^{ème} ligne de défense contre les pollutions agricoles diffuses. Puisque cette troisième ligne de défense agroenvironnementale est en interdépendance avec les deux autres lignes de défense situées en amont, elles forment une trilogie à l'échelle de la ferme.

Les bandes végétales (bandes enherbées; bandes riveraines; *grass filter strips*; *riparian buffers*) ont pour fonction principale de

Les bandes végétales filtrantes aménagées en bordure des cours d'eau ont la capacité de réduire la pollution diffuse d'origine agricole en interceptant une grande partie des sédiments et des nutriments qui proviennent des champs situés en amont. La bande est plus efficace à piéger les sédiments et les polluants qui y sont attachés que les polluants dissous. Si l'efficacité épurative des bandes végétales est maintenant reconnue, cet aménagement doit se faire dans le respect de l'hydrologie naturelle des zones riveraines et des caractéristiques locales de la topographie, des sols et de la végétation, tout en préservant le développement durable de l'agriculture. Ces zones tampons sont plus efficaces lorsque combinées à d'autres pratiques de conservation au champ qui limitent le transport des contaminants. Il existe un réel besoin de quantifier les réductions de pollution diffuse suite à l'implantation de bandes végétales à l'échelle des bassins versants. Leurs effets sur la qualité physico-chimique et biologique des cours d'eau pourraient alors être simulés à long terme. Les études effectuées à l'échelle du parcellaire confirment le risque élevé de ruissellement et d'exportation des polluants à l'échelle du bassin versant dans un contexte de réduction des bandes riveraines au profit des cultures. Un jugement professionnel demeure toutefois nécessaire afin d'extrapoler, à l'échelle du bassin versant, la capacité épurative des bandes végétales observée à l'échelle des parcelles expérimentales

Figure 1

Les trois lignes de défenses agroenvironnementales préconisées par l'IRDA



filtrer le ruissellement de surface avant qu'il n'atteigne un plan d'eau (Franti, 1997). La bande riveraine est sans doute la pratique agroenvironnementale en bordure des cours d'eau la plus connue, la plus utilisée et la plus efficace pour réduire la pollution diffuse et protéger l'intégrité du milieu aquatique (Haycock et Muscutt, 1995; Gélinas *et al.* 1996; Gabor *et al.*, 2001; Boutin *et al.*, 2002).

Les gestionnaires de l'agroenvironnement sont de plus en plus questionnés au sujet des fonctions et des capacités épuratives des bandes végétales. L'objectif de cet article vise à apporter quelques éléments de connaissances et de réflexion concernant l'utilisation potentielle des bandes végétales filtrantes à l'échelle de la parcelle agricole et du bassin versant. Ce document se veut une contribution à l'adoption de meilleures pratiques de conservation des sols et de l'eau dans le respect d'une agriculture durable.

2. Fonctionnement des bandes végétales filtrantes

Haan *et al.* (1994) et Munos-Carpena *et al.* (1999) décrivent les principes physiques et hydrologiques qui régissent le captage des sédiments par les bandes végétales filtrantes. Le fonctionnement des bandes végétales repose essentiellement sur les caractéristiques d'écoulement des eaux de surface (Helmers *et al.*, 2001; Dosskey *et al.*, 2002). La rugosité induite par les végétaux réduit la vitesse d'écoulement des eaux et par conséquent la capacité de transport du ruissellement, ce qui favorise la sédimentation, l'infiltration et la rétention des particules de sol et des contaminants qui y sont liés (azote, phosphore, pesticides, bactéries). Il se produit un triage des sédiments le long de la bande végétale, les plus grosses particules (sables et limons) se déposent sur de courtes distances alors que les plus fines (argiles) peuvent être transportées sur de plus longues distances. Cette sélectivité granulométrique des sédiments limite cependant la rétention des polluants, sachant que l'adsorption s'effectue davantage sur les fines particules.

Le ruissellement de surface diffus et non canalisé, nécessaire au bon fonctionnement des bandes riveraines, est rarement

rencontré au champ agricole comparativement aux parcelles expérimentales contrôlées. Souvent, le ruissellement provenant du champ converge dans une dépression, une rigole ou un fossé qui canalisent l'ensemble des polluants (Forster et Abraham, 1985). Des pratiques culturales, comme le labour, peuvent créer des lignes d'écoulement préférentiel qui détournent le ruissellement avant qu'il n'atteigne la bande riveraine (Barrington et Madramootoo, 1993). Lorsque le

ruissellement rencontre l'interface champ-bande, il ralentit et dépose des sédiments dans les premiers mètres de la bande alors que l'infiltration et la dilution demeurent actives sur toute la longueur de la bande. Ces dépôts de sédiments incitent l'eau à contourner la bande et à se diriger vers des secteurs plus bas. Selon Damboise *et al.* (2001), une accumulation excessive de sédiments témoigne de mauvaises pratiques culturales au champ et d'un taux excessif d'érosion hydrique. De plus, un

• Environnement
• Ressources
• Territoire

Le droit de l'environnement, notre spécialité.

Robert Daigneault
Cabinet d'avocats

Le droit de l'environnement a atteint aujourd'hui une envergure et une complexité qui exigent de faire appel à des spécialistes à la fine pointe des plus récents développements en la matière.

Robert Daigneault, cabinet d'avocats, est un cabinet voué exclusivement au droit de l'environnement et au droit connexe des ressources et du territoire, au service d'une clientèle manufacturière et de services, institutionnelle et commerciale.

L'équipe :

Me Marie-Claude Caron, avocate
Me Robert Daigneault, Adm. A., biologiste et avocat
Me Lucie Gosselin, avocate
Me Hervé Pageot, avocat

353, rue Saint-Nicolas (Place d'Youville), bureau 400
Montréal (Québec) Canada H2Y 2P1
Téléphone : 514 985 2929 ou 1 888 228 5834
Télécopieur : 514 985 0595 • enviro@RDaigneault.com

apport continu de polluants agricoles dans la bande végétale causera éventuellement un dépassement de sa capacité de rétention. La bande risquera alors de devenir une source de contamination au lieu d'être une pratique de décontamination.

Le phosphore total et l'azote total sont plus facilement captés par la bande végétale puisqu'ils sont plus fortement liés aux sédiments en suspension que les nutriments et les pesticides maintenus en solution dans l'eau (Daniels et Gilliam, 1996; Ghadiri *et al.*, 2000). Le risque de pollution par le phosphore, qui migre surtout associé aux particules de sol, est alors plus élevé là où sévit l'érosion hydrique. Pour empêcher le phosphore d'atteindre les cours d'eau, il suffit d'aménager une bande végétale qui ralentira l'écoulement de surface et permettra la sédimentation des particules contaminées (Sharpley *et al.*, 2000). La bande végétale agira également sur les pesticides en favorisant l'infiltration des composés dissous (Fawcett *et al.*, 1994 ; Patty *et al.*, 1997). Plus particulièrement, les herbicides seront transportés par le ruissellement de surface car ils possèdent une faible adsorption au sol. Aussi, leur rétention sera moindre durant l'écoulement de pointe et augmentera au fur et à mesure que le ruissellement s'atténuera (i. e. faible écoulement). La bande riveraine exerce également une influence sur la survie des micro-organismes qui proviennent des engrais organiques épandus sur les terres agricoles. Entry *et al.* (2000) ont observé que la diminution de l'humidité (sec) et l'augmentation de la température du sol (>28 °C) diminuaient sensiblement la survie des coliformes dans la couche de sol 0-30 cm. Le risque le plus élevé de transport par ruissellement survient lors des premières pluies suivant l'application des engrais, et diminue radicalement pour les pluies subséquentes (Coyne *et al.*, 1998). Toutefois, Walker *et al.* (1990) soulignent que les bandes végétales utilisées seules ne peuvent réduire suffisamment le niveau de bactéries pathogènes dans l'eau contaminée provenant des élevages d'animaux.

On peut résumer ainsi les rôles et fonctions des bandes filtrantes :

Filtre à polluants	Amélioration du milieu
sédiments	Conservation sol-eau
nutriments	Stabilisation des berges
pesticides	Biodiversité
micro-organismes	température de l'eau et O ₂ dissous

3. Efficacité des bandes végétales filtrantes

Des nombreuses études ont été publiées concernant l'efficacité des bandes riveraines à réduire la pollution diffuse (Norris, 1993; Castelle *et al.*, 1994; Haycock *et al.*, 1997; Landry et Thurow, 1997; Dosskey, 2001; Damboise *et al.*, 2001; Hilliard *et al.*, 2002). Il ressort de cette littérature que l'efficacité des bandes végétales est proportionnelle au diamètre des particules transportées, à la largeur de la bande, à la densité de végétation et à la concentration des sédiments en suspension et inversement proportionnelle au débit et à la pente. La performance des bandes végétales à réduire les masses de sédiments provenant des champs agricoles semble assez élevée et stable alors que la performance à réduire les autres types de polluants est moins élevée et beaucoup plus variable, en particulier pour les polluants solubles ou davantage attachés aux fines particules de sol car ces dernières peuvent traverser plus facilement la bande végétale. Gabor *et al.* (2001) rappellent quelques valeurs typiques pour les taux de rétention des sédiments (75 à 91 %), du phosphore (27 à 97 %), de l'azote (67 à 96 %), des pesticides (8 à 100 %) et des coliformes fécaux (70 à 74 %).

La plupart des auteurs reconnaissent qu'une pente optimum pour une bande riveraine se situe entre 1 % et 6 % (Damboise *et al.*, 2001). Plus la pente est abrupte, plus la bande riveraine doit être longue de façon à optimiser la rugosité de la végétation et ainsi ralentir l'écoulement de surface. La performance des bandes diminue lorsque les sédiments transportés en suspension proviennent de champs à fortes pentes constitués de sols à texture fine (Robinson *et al.*, 1996). L'utilisation de bandes riveraines pour l'élimination des sédiments et des nutriments est moins appropriée dans les cas où la pente des

champs est supérieure à 12 % (Damboise *et al.*, 2001). Dans ces cas, la vitesse d'écoulement des eaux de ruissellement provenant des superficies amont sera excessive et réduira fortement la capacité filtrante de la bande riveraine. Ainsi, les forts ruissellements de surface peuvent réduire l'efficacité des bandes surtout si celles-ci occupent de fortes pentes.

Des études impliquent le passage du ruissellement des terres agricoles vers des bandes de différentes dimensions et compositions (Schmitt *et al.*, 1999; Lee *et al.*, 2003). Les bandes végétales peuvent être composées d'un seul type de végétation ou, préférablement, d'une combinaison d'herbage, d'arbuste et d'arbres afin d'augmenter le pouvoir épurateur de la bande et d'accroître la diversité de l'habitat faunique. Une bande étroite a pour effet de stabiliser les berges tandis qu'une bande large protège contre la pollution et fournit un habitat pour la faune (Gonthier et Laroche, 1992). La largeur de la bande riveraine variera de 3 m pour des fins de stabilisation des berges et d'épuration des eaux à 45 m pour des fins d'habitat faunique (Damboise *et al.*, 2001). La largeur de design la plus commune pour les bandes végétales est de 30 m mais les études révèlent une grande variabilité à ce sujet (Schultz *et al.*, 1997; Dosskey, 2001). Le prélèvement d'arbres matures dans la zone riveraine représente une source de revenu intéressante pour le producteur en plus de favoriser l'absorption des nutriments (Nakao *et al.*, 1999). L'utilisation de peupliers hybrides à croissance rapide pour l'établissement de bandes riveraines s'avère intéressante pour le contrôle de l'azote (Haycock et Pinay, 1993). Cette variété d'arbre offre un bon potentiel pour stabiliser les berges, faire ombrage aux cours d'eau et filtrer l'eau de ruissellement.

En milieu agricole, les bandes enherbées (*grass strips*) ont souvent été employées pour réduire le transport de sédiments et des polluants entre les champs et les cours d'eau (INRA, 2000; Dorioz et Vansteelandt, 2002). Le tableau 1 présente les résultats de quelques études portant sur l'efficacité des bandes enherbées à réduire la pollution diffuse sous pluies naturelles. La variation de l'efficacité des bandes enherbées est élevée et le plus souvent liée à la capacité



Restez bien à flot grâce aux services et produits Flygt



Tranquillité d'esprit

Vous pouvez vous fier à Flygt pour une gamme complète de pompes et services rentables et de qualité supérieure. De plus, vous pourrez profiter des conseils d'experts en ce qui concerne vos besoins spécifiques de pompage. C'est notre expertise en maintenance des eaux qui nous distingue des autres.

Économisez temps et argent

- 15 centres de services d'un océan à l'autre
- Pièces de rechange originales et réparations conformes aux standards de l'usine
- Prix compétitifs et pièces et main-d'œuvre garanties
- Gamme complète de pompes submersibles, de pompes à entraînement par moteur et d'accessoires servant à la maintenance des eaux

Protégez vos investissements

Mis à part les pompes, les pièces de rechange originales et notre excellent service de location, c'est l'expertise Flygt qui vous aidera à rester bien à flot.

Pour le centre ITT Flygt le plus près de chez vous, visitez le www.ittflygt.ca

Flygt



ITT Industries

Conçu pour la vie

Tableau 1

Efficacité des bandes enherbées à réduire la pollution diffuse sous pluies naturelles.

Référence	Localisation	Largeur de bande (m)	Pente (%)	Texture de sol	Paramètres	Réduction (%)
Arora <i>et al.</i> , 1996	USA, IA	20.1	2	Argile limoneuse	Sédiment Atrazine Métolachlore Cyanazine Eau	40-100 11-100 16-100 8-100 9-98
Robinson <i>et al.</i> , 1996	USA, IA	3.0-9.1	12	Loam limoneux	Sédiment	70-85*
Lowrance <i>et al.</i> , 1997	USA, GA	8	2-3	Sable loameux	Atrazine	79
Patty <i>et al.</i> , 1997	France	6-18	7-15	Loam limoneux	Sédiment Nitrate N P dissous Atrazine eau	87-100 47-100 22-89 44-100 43-100
Sheridan <i>et al.</i> , 1999	USA, GA	8.0	3.5	Sable loameux	Sédiment Eau	78-83 56-72
Uusi-Kämppä <i>et al.</i> , 2000	Finlande	10	10	Argile	P total P dissous Eau	27-38 (-64) ¹ -14 0-15
Duchemin <i>et al.</i> , 2002	Canada, QC	3.0-9.0	2-3	Loam sableux	Eau Sédiment P total P dissous P bio N-NO ₃ N-NH ₄ N total Atrazine Métolachlore	48-56 87-90 85-87 (-41) ¹ -(-57) ¹ 78-81 85-96 38-44 69-76 50-99 55-98

* concentration ¹Les données entre parenthèses sont des augmentations, en %

d'infiltration de la bande lors de fortes précipitations, la diminution progressive de l'efficacité étant fonction de l'augmentation du ruissellement en amont.

Plusieurs producteurs agricoles craignent l'envahissement des terres cultivées par les plantes herbacées qui composent les bandes végétales. Ce problème d'envahissement est rapidement écarté car la propagation des herbacées est moins rapide que celle des plantes cultivées. Cependant, Laroche (2000) recommande de faucher deux fois par saison pour éviter tout

envahissement et contrôler la prolifération des mauvaises herbes de cette zone vers le champ. Le fauchage à une hauteur de 15 cm, au début de l'été et l'automne, favorise la santé et la densification des plantes, ainsi que l'absorption des nutriments. La capacité de la végétation à capter les nitrates atteint son maximum avant que les plantes n'atteignent leur maturité.

Considérant la variabilité des efficacités obtenues, il n'est pas surprenant qu'une largeur standard de bande enherbée puisse être difficile à fixer. Puisqu'il s'agit de

convertir des bandes de terres cultivables en des bandes de végétation permanente, les recommandations et les conditions d'aménagement peuvent alors être établies selon des critères d'acceptabilité scientifique, socioéconomique et politique. En effet, les coûts associés à l'application de mauvaises pratiques de conservation ne sont pas négligeables (Pimentel *et al.*, 1995; Nakao et Sohngen, 2000). Des bandes sous-dimensionnées ne procurent pas une protection adéquate aux plans d'eau alors qu'un surdimensionnement risque d'enlever des terres rentables aux

SI C'EST 0.0126 GPH OU 12.6 GPH ; ELLE EST TOUJOURS PRÉCISE !

POMPES DOSEUSES À
CONTRÔLE NUMÉRIQUE.
Le dosage rendu facile et précis

Grâce au dosage numérique, le dosage est aussi facile que d'appuyer sur une touche. Vous réglez la quantité désirée à l'écran et c'est exactement ce que vous obtenez. La précision est constante à tous les niveaux de 0.1% à 100%. Naturellement, les pompes à dosage numérique peuvent aussi être contrôlées par télécommande par le biais de communications analogiques, à impulsions ou par barre omnibus. Grâce au dosage numérique, vous avez le contrôle complet.



DISTRIBUTEUR AUTORISÉ
Pompaction Inc.
(514) 697-8600
(514) 697-0343
www.pompaction.com



Ventes - Locations - Maintenance - Réparations

Stand 522

GRUNDFOS

producteurs agricoles. Cependant, les bandes végétales doivent être localisées et dimensionnées de façon à maximiser la rétention des polluants.

L'efficacité des bandes végétales sera augmentée si elles sont utilisées conjointement avec d'autres mesures de conservation des sols et de l'eau (Dosskey 2001; Damboise *et al.*, 2001; Boutin *et al.*, 2002; Troeh *et al.*, 2004). L'aménagement de bandes riveraines peut être combiné aux mesures de réduction des pertes de phosphore au champ, à la gestion des résidus de culture, à l'application raisonnée des engrais et des pesticides ainsi qu'au travail minimum du sol. Majdoub *et al.*, (2004) proposent quelques mesures à adopter pour réduire les risques de contamination microbiologique des eaux souterraines suite à l'épandage d'engrais organiques. Cependant, même si la bande riveraine peut piéger ou convertir une partie des substances qui y pénètrent, une meilleure utilisation de celles-ci par le sol et la culture, associée à une réduction des pertes au champ, sont préférables du point de vue environnemental. Cette utilisation conjointe de mesures de conservation est en accord avec l'adoption des trois lignes de défense agroenvironnementale (cf. figure 1).

Le tableau 2 résume les principales caractéristiques d'efficacité des bandes végétales.

4. Utilisation des bandes végétales au Québec

Les conditions climatiques du Québec imposent une hydrologie particulière qui se répercute sur l'efficacité des bandes végétales. Durant l'hiver, le gel des pores du sol empêche l'infiltration d'eau et la végétation dormante possède une rugosité moindre. Le ruissellement intense qui survient lors de la fonte printanière est plus favorable à la formation de rigoles qu'à l'écoulement laminaire. Ces conditions réunies limitent la capacité des bandes à filtrer et retenir les sédiments et les éléments dissous. Les producteurs agricoles intéressés à aménager des bandes végétales en bordure des cours d'eau doivent considérer l'efficacité de telles bandes ainsi que les caractéristiques hydrologiques des sols sur lesquelles ces bandes seront aménagées. Avant de procéder à un

Tableau 2

Principales caractéristiques d'efficacité des bandes végétales.

Plus efficace :	Moins efficace :
<ul style="list-style-type: none"> • pour piéger les sédiments que les nutriments • lorsque le ruissellement est diffus et uniforme à l'arrivée dans la bande • lorsque la composition végétale de la bande est de bonne qualité • pour piéger les sédiments dans les premiers mètres de la bande • lorsque l'inclinaison de pente de la bande est faible • lorsque le temps de rétention de l'eau dans la bande est long • lorsque la bande est utilisée conjointement avec une autre mesure de conservation • lorsque la végétation de la bande est coupée régulièrement afin de favoriser l'absorption des nitrates 	<ul style="list-style-type: none"> • lorsque la superficie drainée vers la bande est grande • lorsque la hauteur du ruissellement sur la bande est élevée • lorsque les sédiments et les nutriments s'accumulent sur la bande • lorsque des épisodes de ruissellement intenses surviennent en rafales • lorsque le ruissellement est dérivé par des rigoles à l'arrivée dans la bande • lorsque le taux d'infiltration dans la bande est faible • lorsque l'entretien de la bande est déficient • lorsque les champs drainés sont occupés par une culture intensive qui favorise l'érosion

aménagement de bandes végétales filtrantes, le producteur doit examiner les composantes biophysiques et socio-économiques d'un tel investissement.

La composante socio-économique a été discutée par Boutin *et al.* (2002). La Politique gouvernementale en matière de protection des rives, du littoral et des plaines inondables du Québec exige une bande riveraine d'au moins 3 mètres à partir de la ligne des hautes eaux. La Direction de la faune et des habitats et la Direction de la conservation et du patrimoine écologique du MENV ont suggéré un élargissement de la bande riveraine de 3 à 10 mètres pour contrer la pollution et accroître l'habitat faunique et floristique (Goupil, 1995). Des discussions sont toujours en cours à ce sujet. Le contrôle de l'application des bandes riveraines de 3 mètres implique des ressources de la part du Gouvernement. Au Québec, le Programme d'aide au rétablissement des terres établi au milieu des années 1990 représente une première tentative québécoise en matière de protection des cours d'eau par l'établissement de bandes riveraines. Ce programme possédait un volet qui visait l'établissement de bandes riveraines de 1 à 3 mètres de largeur en offrant 1 000 \$ par kilomètre de rive protégée (Goupil, 1996).

La composante biophysique a davantage été étudiée et discutée (Gonthier et

Laroche, 1992; Barrington et Madramootoo, 1993; Gélinas *et al.*, 1996 ; Saint-Jacques et Richard, 1998 ; Laroche, 2000; Bernard, 2000; Lafrance *et al.*, 2001; Maisonneuve et Rioux, 2001; Duchemin *et al.*, 2002). La capacité de captage des sédiments et des polluants par différentes largeurs et compositions de bandes végétales a reçu une attention particulière. Barrington et Madramootoo (1993) ont conclu à l'absence de différence d'efficacité entre des bandes riveraines de 1, 2, 3 et 6 mètres parce que le labour des parcelles avait créé un écoulement préférentiel qui avait concentré l'écoulements de surface sur un espace restreint de la bande et, par le fait même empêché son fonctionnement hydraulique.

Un projet de recherche de l'IRDA a permis de comparer l'efficacité filtrante et épurative de bandes enherbées de longueur variable (0, 3, 6 et 9 m). Les conditions expérimentales ont permis d'obtenir un écoulement diffus vers la bande enherbée. Les résultats des 5 années du projet (1997 à 2001) montrent que les bandes enherbées de 3 m permettent de réduire d'environ 48 % le ruissellement de surface, de 90 % les MES, de 69 % l'azote totale et de 86 % le phosphore total (Duchemin *et al.*, 2002). De plus, Lafrance *et al.* (2001) ont constaté que les quantités d'herbicides exportées des parcelles diminuaient de façon exponentielle au cours du temps. La



Nous avons
la solution!

PROVAN

www.provan.ca

DeZURIK®

A unit of **SPX** Corporation



Hayward Gordon

Pompes de Procédé et Agitateurs



APCO *Willamette*

B BERNARD

KROHNE

SIERRA
INSTRUMENTS, INC.

IC CONTROLS



ROBINETTERIE • POMPES • AGITATEURS • INSTRUMENTATION

2315 Halpern, Saint-Laurent (Québec) H4S 1S3

Tél. : (514) 332-3230 Fax : (514) 332-3552 Courriel : info@provan.ca

Site Internet : www.provan.ca

présence de bandes enherbées a permis de réduire de 99,6 % les masses d'herbicides (atrazine, métolachlore) exportées sur sol nu. Pour les caractéristiques du site (loam sableux, pente de 2 à 3 %) et pour la période d'étude, l'efficacité filtrante des bandes de 6 et 9 m ne présentaient aucune différence significative par rapport aux bandes de 3 m quant à la réduction des charges polluantes.

De nouveaux projets sont en cours à l'IRDA concernant les bandes végétales. Un premier projet consiste à mesurer et modéliser l'efficacité de bandes enherbées à réduire les charges polluantes provenant d'enclos d'hivernage vaches-veaux (Roch Joncas, IRDA, communication personnelle). Un second projet, effectué en collaboration avec l'Université Laval (M. Laverdière, communication personnelle), vise à connaître l'ampleur du phénomène d'érosion hydrique en relation avec l'utilisation conjointe de bandes enherbées et de travail réduit du sol. Un troisième projet consiste à étudier l'efficacité combinée de bandes enherbées et arborées (peuplier hybrides) à réduire la pollution diffuse provenant de cultures de maïs fertilisées au lisier de porcs. Finalement, un projet d'aménagement et de suivi des bandes riveraines a été entrepris à l'échelle du bassin versant. Ce projet vise à démontrer d'une part, que l'aménagement de bandes riveraines arbustives et arborescentes en bordure des cours d'eau demeure une composante essentielle d'une stratégie intégrée de gestion de l'eau l'échelle de la ferme, et d'autre part, que la plus large part de la contamination diffuse des eaux de surface d'un bassin versant est associée au ruissellement produit par une portion relativement restreinte du parcellaire agricole (A. Michaud, IRDA, communication personnelle).

Ces différents projets font ressortir les interrelations qui peuvent exister entre l'utilisation du sol et l'aménagement de bandes végétales pour différentes échelles d'intervention : de la parcelle au bassin versant.

5. De la parcelle au bassin versant

La pollution diffuse à l'échelle du bassin versant agricole touche également le

Québec (Lapp *et al.*, 1998; Gangbazo *et al.*, 2002, 2003; Mabit *et al.*, 2004). L'aménagement des petits bassins versants agricoles pour lutter contre la pollution diffuse repose sur la combinaison d'un ensemble de mesures visant à emmagasiner et infiltrer le ruissellement de surface qui pourrait provoquer l'érosion des sols et le transport des polluants, des parcelles vers le réseau hydrographique (Haan *et al.*, 1994; Troeh *et al.*, 2004). Les bandes végétales tiennent une place importante parmi ces mesures. Nous disposons de peu d'informations concernant le transfert d'échelle entre la parcelle et le bassin versant. Nos principaux renseignements proviennent d'observations effectuées par Leeds-Harrison *et al.* (1996) et Lecompte (1999).

Les écoulements d'eau qui existent sur la bande enherbée et le bassin versant ne se manifestent pas de la même façon lors des événements pluvieux. Dans le cas des bandes enherbées, des petites rigoles peuvent se former et empêcher le ruissellement d'occuper toute la surface enherbée alors dans le cas des bassins versants, la présence de ravines permet au ruissellement de se concentrer lors d'événements pluvieux importants. Suite aux pluies, le ruissellement s'effectue rapidement à l'échelle de la parcelle alors qu'à l'échelle du bassin versant, le ruissellement passe généralement par une série de surfaces ruisselantes (ex : sol nu) et absorbantes (ex : marécages) jusqu'à l'exutoire. Dans les deux cas, les écoulements significatifs surviennent suite aux hausses de température durant la période de fonte des neiges alors que les sols sont saturés d'eau. Toutefois, la réponse hydrologique des bassins versants sera très rapide suite aux précipitations printanières (choc printanier) qui accéléreront la fonte des neiges et produiront une hausse significative du ruissellement de surface. La gravité aidant, l'eau de surface cherchera alors le chemin le plus court et le plus bas pour se rendre aux cours d'eau. Cette situation, combinée au fait que les bassins versants agricoles sont drainés artificiellement, fait que les polluants solubles dans l'eau contournent souvent les bandes végétales aménagées au bout des champs pour se diriger directement vers les plans d'eau récepteurs.

La diminution des coefficients de ruissellement (rapport entre les quantités d'eau ruisselée et tombée lors d'une averse) lors du passage de l'échelle de la parcelle à celle du bassin versant, associée au piégeage des particules mobilisées par l'érosion diffuse sur le trajet du ruissellement, peuvent expliquer les faibles charges observées à l'exutoire d'un bassin versant. Le pic des concentrations de sédiments est rarement décalé des pics d'intensité de pluie et de ruissellement à l'échelle de la parcelle, alors qu'il est souvent décalé du pic de débit à l'échelle du bassin versant (phénomène d'hystérèse). Le bassin versant possède des zones tampons au sol (marais) et en rivière (lacs) qui régularisent l'écoulement et les pertes de sédiments à l'exutoire. Des processus d'érosion linéaire (arrachement, déposition) génèrent du ravinement à l'échelle du bassin versant. Les fortes concentrations de sédiments enregistrées dans les cours d'eau bordant les bandes végétales peuvent être attribuables à la remise en suspension des sédiments contaminés qui se trouvaient au fond et sur les berges des cours d'eau. Ces effets cumulatifs confèrent au bassin versant une dynamique très différente de celle du parcellaire.

Considérant l'importance du trajet hydraulique emprunté par l'écoulement de l'eau contaminée vis-à-vis de l'efficacité filtrante des bandes végétales, il s'avère nécessaire d'identifier les endroits du bassin versant les plus propices à l'implantation de bandes végétales. Déterminer l'emplacement idéal et la largeur nécessaire est à la fois difficile du point de vue technique et politique. Des outils d'aide à la décision doivent être créés afin de soutenir ces choix.

Différentes méthodes ont été proposées pour calculer une largeur optimale de bande. Xiang (1993) utilise un système d'information géographique (SIG) afin d'établir cette largeur en fonction des conditions locales et de l'efficacité recherchée. Brothers *et al.* (2001) ont développé des outils géomatiques qui visent à aider les gestionnaires à choisir la localisation des bandes riveraines. La méthode utilisée permet d'extraire les données topographiques qui servent à alimenter les modèles de pollution diffuse. Fried *et al.* (2001) ont eu recours à l'analyse topographique pour évaluer les largeurs de

bandes végétales en fonction des superficies contributrices situées en amont et pour identifier l'emplacement optimal des zones tampons le long du réseau hydrographique des bassins versants. Se basant sur le fait que l'efficacité des bandes végétales n'est pas uniforme dans tout le bassin versant, Tomer *et al.* (2003) ont développé une méthode d'analyse cartographique automatisée qui permet d'optimiser l'emplacement des bandes végétales à partir de l'étude topographique et hydrologique des écoulements de surface. La méthode proposée permet d'établir un lien entre les interventions de conservation déployées à l'échelle du bassin versant et du champ agricole. Ces approches aboutissent au choix de bandes végétales de dimension limitée, mais dont la localisation raisonnée est susceptible d'entraîner une baisse sensible des transferts de polluants par ruissellement jusqu'à l'exutoire des bassins versants.

La modélisation est de plus en plus employée pour évaluer les stratégies de lutte contre la pollution diffuse. Les modèles de gestion par bassins versants visent soit à augmenter notre compréhension des interactions et des mécanismes qui affectent les processus de l'environnement, soit à développer des outils d'aide à la décision pour la gestion des ressources. Des modèles spécialisés peuvent être utilisés pour évaluer le ruissellement, l'érosion et le transport d'éléments nutritifs et de pesticides, avec ou sans présence de bandes végétatives filtrantes. Il est possible de déterminer, par modélisation, les processus physiques et les meilleures conditions d'implantation et de gestion des bandes végétales comme c'est le cas avec les modèles Vegetative Filter Strips (VFSmod : Munos-Carpena *et al.* 1999) et Riparian Ecosystem Management Model (REMM : Lowrance *et al.*, 2000).

Puisque peu d'information existe au sujet de l'efficacité à long terme des bandes végétales filtrantes (Dillaha *et al.* 1989), les simulations par ordinateur peuvent donner une évaluation de leur performance dans le temps. Les modèles s'avèrent alors capables de simuler les changements de qualité de l'eau suite à l'implantation de bandes végétales. Ils permettent de tenir compte de plusieurs conditions d'aménagement des bandes végétales et de créer différents

scénarios d'aménagement à l'échelle du champs ou du bassin versant (Williams et Nicks, 1993; Tim et Jolly, 1994; Rankinen *et al.* 2001). Ces modèles sont toutefois limités par leur capacité à reproduire adéquatement les processus hydrologiques, sédimentologiques et biochimiques en jeu. Les études doivent se poursuivre dans ce domaine.

L'enjeu actuel consiste à valoriser les mesures expérimentales locales en tant que

références pour des applications sur de plus vastes territoires. L'évaluation de l'efficacité des bandes végétales filtrantes en parcelles expérimentales constitue alors une étape importante qui servira de référence pour les études de modélisation à l'échelle du bassin versant.

6. Conclusion

Les bandes végétales filtrantes aménagées en bordure des cours d'eau ont la capacité

l'environnement



**préoccupation
de l'heure
occupation
de l'avenir**

- Formation de 2^e et 3^e cycle en environnement
- Formation à temps plein ou à temps partiel pour les professionnels en exercice
- Clientèle multidisciplinaire
- Bourses d'admission et d'excellence
- Banque de stagiaires et de diplômés
- Plusieurs possibilités de collaboration avec les entreprises et les organismes
- Formations pouvant être offertes à Longueuil, Québec, Jonquière, Gatineau et Sherbrooke

Pour plus d'information ou pour recevoir nos brochures :

 UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE
 (819) 821-7933
 1 866 821-7933 (sans frais)
www.USherbrooke.ca/environnement
environnement@USherbrooke.ca

- **Formation sur mesure**
Cours offerts selon les besoins des entreprises et des organismes.
- **Maîtrise en environnement**
Deux cheminements sont disponibles :
- Type cours avec stages rémunérés
- Type recherche avec régime régulier ou régime en partenariat avec stages rémunérés
- **Diplôme de gestion de l'environnement**
Pour acquérir les outils pour gérer, diagnostiquer, prévenir et résoudre des problèmes environnementaux.
- **Microprogramme de vérification environnementale**
Pour maîtriser, entre autres, ISO 14 000 et l'évaluation environnementale de sites. Reconnu par l'Association québécoise de vérification environnementale.
- **Microprogramme de gestion des risques : sécurité civile et environnement**
Pour répondre aux exigences de la nouvelle Loi sur la sécurité civile : l'identification du risque, son évaluation et sa gestion.
- **Microprogramme de gestion intégrée de l'eau**
Pour obtenir les connaissances nécessaires à la gestion intégrée de l'eau à l'échelle de bassins versants.
- **Doctorat interdisciplinaire en environnement**
Plusieurs cheminements interdisciplinaires possibles

Stand 516

de réduire la pollution diffuse d'origine agricole en interceptant une grande partie des sédiments et des nutriments qui proviennent des champs situés en amont. L'efficacité des bandes est meilleure lorsque le ruissellement est diffus et uniforme. La bande sera plus efficace à piéger les sédiments et les polluants qui y sont attachés que les polluants dissous. L'accumulation de sédiments à l'interface bande-champ doit être minimisée afin de favoriser l'arrivée d'eau sur toute la largeur de la bande. L'augmentation de l'efficacité n'est toutefois pas proportionnelle à l'augmentation de la largeur de la bande, ce qui est important lorsque des coûts et des bénéfices doivent être calculés.

Si l'efficacité épurative des bandes végétales est maintenant reconnue, cet aménagement doit se faire dans le respect de l'hydrologie naturelle des zones riveraines et des caractéristiques locales de la topographie, des sols et de la végétation tout en préservant le développement durable de l'agriculture. Les zones tampons sont plus efficaces lorsque combinées à d'autres pratiques de conservation au champ qui limitent le transport des contaminants. Les bandes riveraines doivent être complémentaires aux pratiques de conservation qui visent l'optimisation de la valeur productive du sol et des autres facteurs de production à la ferme.

Il existe un réel besoin de quantifier les réductions de pollution diffuse suite à l'implantation de bandes végétales à l'échelle des bassins versants. Ces lacunes au niveau expérimental se répercutent sur les difficultés à calibrer et valider les modèles de simulation car les données sont difficiles à obtenir. L'obtention de telles données prend alors une grande importance car elles permettraient d'utiliser les modèles à des fins prévisionnelles (scénarios). Les effets sur la qualité physico-chimique et biologique des cours d'eau pourraient alors être simulés à long terme. Les SIG sont très utiles pour gérer les différentes couches d'informations et aussi pour produire des plans d'aménagement dans lesquels les bandes riveraines jouent un rôle complémentaire aux pratiques agroenvironnementales au niveau de la parcelle.

Les études effectuées à l'échelle du parcellaire confirment le risque élevé d'exportation de polluants à l'échelle du bassin versant en l'absence de bandes riveraines. Un jugement professionnel demeure toutefois nécessaire afin d'extrapoler à l'échelle du bassin versant, la capacité épurative des bandes végétales observée à l'échelle des parcelles expérimentales.

7. Remerciements

Cette étude a été réalisée dans le cadre du projet « Efficacité des bandes enherbées et arborées à réduire la pollution diffuse provenant de parcelles en culture de maïs-grain fertilisées avec du lisier de porcs » financé par le Fonds canadien d'adaptation et de développement durable (FCADR) dans le cadre de l'Initiative environnementale dans le secteur de l'élevage (IESE)-Conseil canadien du porc (Projet de recherche # CPC-13A) et par La Fédération des producteurs de cultures commerciales du Québec (FPCCQ). Les auteurs tiennent à remercier M. Claude Bernard pour ses précieux commentaires.

8. Références bibliographiques et électroniques

Arora, K., S.K. Mickelson, J.L. Baker, D.P. Tierney and C.J. Peters. 1996. Herbicide Retention by Vegetative Buffer Strips from Runoff under Natural Rainfall, *Transactions of the ASAE* 39(6): 2155-2162.

Barrington, S. et C. Madramootoo. 1993. Sites de démonstration pour évaluer l'impact d'une bande riveraine en milieu agricole. Rapport final. *Projet Innovation Technologique*. 24p.

Bernard, C. 2000. Les bandes riveraines en milieu agricole: impacts sur la qualité de l'eau. Colloque tenu à Sainte-Hénédiène le 16 février 2000. *L'agriculture en Chaudière-Appalaches: une affaire de partenariat*. Conseil régional de l'environnement Chaudière-Appalaches.

Boutin D., K. van Kessel et B. Estevez. 2002. Évaluation des programmes d'aide à l'instauration de pratiques de protection des cours d'eau en milieu agricole. Rapport final présenté aux ministères de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) et de

l'Environnement du Québec (MENV), Union Québécoise pour la Conservation de la Nature (UQCN). 69 pages. (Site Internet : http://www.uqcn.qc.ca/agriculture/eval_prog_aide.pdf).

Brothers, J.M., D.E. Eisenhauer, M.J. Helmers, M.G. Dosskey et T.G. Franti. 2001. Modeling Vegetative Buffer Performance Considering Topographic Data Accuracy. *ASAE Paper No. 01-2125*.

Castelle, A.J., A.W. Johnson et C. Conolly. 1994. Wetland and Stream Buffer Size Requirements-a review. *Journal of Environmental Quality* 23:878-882.

Coote, D.R et L.J. Gregorich (dir. de publ.). 2000. La santé de l'eau – vers une agriculture durable au Canada. Direction de la planification et de la coordination de la recherche, Direction générale de la recherche, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ontario).

Côté, D. et C. Bernard. 1993. Conservation des sols et de l'eau. *Agrosol* 6(1):20-28.

Coyne, M., R. Gilfillen, A. Villalba, Z. Zhang, R. Rhodes, L. Dunn, and R. Blevins. 1998. Fecal Bacteria Trapping by Grass Filter Strips During Simulated Rain, *Journal of Soil and Water Conservation* 53(2):140-145.

Damboise, J., R. Desjardins et J.-L. Daigle. 2001. Design et efficacité des bandes riveraines, Colloque en agroenvironnement: L'agriculture et l'environnement en harmonie. IRDA-CRAAQ, Drummondville, Québec (Canada), 26 pages.

Daniels, R.B. et J.W. Gilliam. 1996. Sediment and Chemical Load reduction by Grass and Riparian Filters. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60:246-251.

Dillaha, T.A., J.H. Sherrard, and D. Lee. 1989. Long-Term Effectiveness of Vegetative Filter Strips. *Water Environment and Technology* 1(3):419-421.

Dorioz, J.M. et A. Vansteelant. 2002. Les dispositifs enherbés : outil de gestion de la pollution diffuse phosphorée d'origine agricole ? Rapport bibliographique pour le groupe « phosphore » du COPREN. 63 pages.

Dosskey, M.G. 2001. Towards Quantifying Water Pollution Abatement in Response to Installing Buffers on Crop Land. *Environmental Management* 28(5):577-598.

Dosskey, M.G., M.J. Helmers, D.E. Eisenhauer, T.G. Franti et K.D. Hoagland. 2002. Assessment of Concentrated Flow Through Riparian Buffers. *Journal of Soil*

and Water Conservation 57(6):336-343.

Duchemin, M., P. Lafrance et C. Bernard. 2002. Les bandes enherbées: une pratique de conservation efficace pour réduire la pollution diffuse. IRDA Fiche technique # FT040905Fb, 2p.

Entry, J.A., R.K. Hubbard, J.E. Thies et J.J. Fuhrmann. 2000. The influence of Vegetation in Riparian Filter Strips on Coliform Bacteria: II. Survival in soils. Journal of Environmental Quality 29:1215-1224.

Fawcett, R.S., B.R. Christensen et D.P. Tierney. 1994. The Impact of Conservation Tillage on Pesticide Runoff into Surface Water: A Review and Analysis. Journal of Soil and Water Conservation 49:126-135.

Forster, L.D. et G. Abraham. 1985. Sediment Deposits in Drainage Ditches: A Cropland Externality. Journal of Soil and Water Conservation 40 (1):141-144.

Franti, T.G. 1997. Vegetative Filter Strips for Agriculture. Lincoln (NE) : University of Nebraska. (Site Internet : <http://www.ianr.unl.edu/pubs/water/nf352.htm>).

Fried, J.S., D.G. Brown, M.O. Zweifler

et M.A. Gold. 2001. Mapping Contributing Areas for Stormwater Discharge to Streams Using Terrain Analysis. Pages 183-203 In : J. Wilson and J. Gallant (eds.). Terrain Analysis : Principles and Applications. Wiley and Sons, New-York, New-York.

Gabor, T.S., A. K. North, L. C. M. Ross, H. R. Murkin, J. S. Anderson et M. A. Turner. 2001. Buffer Strips. pages 29-33 In: Beyond the Pipe : The Importance of Wetlands & Uplands Conservation Practices in Watersheds Management: functions & values for water quality & quantity. Ducks Unlimited Canada. (Site Internet : <http://www.ducks.ca/news/pdf/pipeshrt.pdf>).

Gélinas, N., C. Maisonneuve et L. Bélanger. 1996. La bande riveraine en milieu agricole : importance pour les micro-mammifères et l'herpétofaune. Revue de littérature. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats, Québec. 47p.

Gangbazo, G., D. Cluis et E. Buon. 2002. Transport des sédiments en suspension et du phosphore dans un bassin versant agricole. Vecteur Environnement 35(1):44-53.

Gangbazo, G., D. Cluis et E. Buon. 2003. Comportement de l'azote dans une rivière drainant un bassin versant excessivement fertilisé. Vecteur Environnement 36(1):58-67.

Ghadiri, H., Hogarth, W.L., Rose, C.W., 2000. The Effectiveness of Grass Strips for the Control of Sediment and Associated Pollutant Transport in Runoff. In: Stone, M., (Ed.), The Role of Erosion and Sediment Transport in Nutrient and Contaminant Transfer, IAHS Publication No. 263, Oxfordshire, UK, pp. 83-91.

Gonthier, M. et R. Laroche. 1992. La protection des rives en milieu agricole. MAPAQ.

Goupil, J.Y. 1995. Considération d'ordre environnemental sur la bande riveraine de protection en milieu agricole. Québec : Ministère de l'environnement et de la faune. 43p.

Goupil, J.Y. 1996. Document de réflexion sur la bande riveraine de protection. Québec : Ministère de l'environnement et de la faune. 40p.

Haan, C.T., B.J. Barfield et J.C. Hayes. 1994. Sediment Control Structures, Chapter 9 In : Design Hydrology and

GENIVAR

→ fière commanditaire de la 5^e édition
du Salon des technologies
environnementales du Québec |

→ Montréal • Laval • Longueuil • L'Île-Perrot
Saint-Jean-sur-Richelieu • Mont-Tremblant
Québec • Lévis • Donnacona • Trois-Rivières
Drummondville • La Tuque • Saguenay
Rivière-du-Loup • Gatineau • Baie-Comeau
Sept-Îles • Kuujuaq

→ 1 888 436-4827

www.genivar.com

GENIVAR
La force du génie intégré

Stand 336

Sedimentology for Small Catchment. Academic Press. New-York.

Haycock, N.E. et G. Pinay, 1993, Groundwater Nitrate Dynamics in Grass and Poplar Vegetated Riparian Buffer Strips During the Winter. *Journal of Environmental Quality* 22:273-278.

Haycock, N.E. et A.D. Muscutt. 1995. Landscape Management Strategies for the Control of Diffuse Pollution. *Landscape and Urban Planning* 31:313-321.

Haycock, N.E., T.P. Burt, K.W.T. Goulding et G. Pinay (eds.). 1997. Buffer Zones : their Processes and Potential in Water Protection. Proceedings of the International Conference on Buffer Zones, September 1996. Quest Environmental, Hartfordshire, UK.).

Helmets, M.J., D.E. Eisenhauer, J.M. Brothers, M.G. Dosskey et T.G. Franti. 2001. Direction and Concentration of Surface Water Flow in a Vegetative Filter System. ASAE Paper No. 01-2070.

Hilliard, C., N. Scott, A. Lessa et S. Reedyk. 2002. Vegetated Buffer Zones, pages 35-40 in : *Agricultural Best Management Practices for the Canadian Prairies : a review of literature*. Sponsored

by Canada-Saskatchewan Agri-Food Innovation Fund. File No.: 6672-1-12-1-18. 67 pages. (Site Internet : http://www.agr.gc.ca/pfra/water/wqbmp_e.htm).

INRA. 2000. Rétention et dégradation des polluants d'origine agricole par des surfaces en herbe. Unité Environnement et grandes cultures, Institut National de Recherches Agronomiques Grignon, Direction de l'Information et de la Communication. France. (Site internet : <http://www.inra.fr/Internet/Directions/DI/C/ACTUALITES/SIA2000/pdf/herpollu.pdf>).

Lafrance, P., G. Guibaud et C. Bernard. 2001. Rendement de zones tampon herbacées pour limiter les pertes d'herbicides en phase dissoute par ruissellement de surface. *Dans : Produits Phytosanitaires: analyse, résidus, métabolites, écotoxicologie, modes d'action, transfert...* Actes du 30e Congrès du Groupe français des Pesticides, Reims, 29-31 mai 2000. M. Couderchet, P. Eullafroy, G. Verret (Eds), Presses Universitaires de Reims, p. 408-417.

Landry, M.S. et T.L. Thurow. 1997.

Function and Design of Vegetation Filter Strips: an annotated bibliography. Rangeland Ecology and Management Department, Texas A&M University, Texas State Soil and Water Conservation Board Bulletin No. 97-1. 67 pages.

Lapp, P., C.A. Madramootoo, P. Enright, F. Papineau et J. Perrone. 1998. Water Quality of an Intensive Agricultural Watershed in Quebec. *Journal of the American Water Resources Association* 34: 427-437.

Laroche, R. 2000. La bande de protection riveraine. Dans : *Guide des pratiques de conservation en grandes cultures*. Conseil des productions végétales du Québec. Feuillet 6B-page2.

Lecompte, V. 1999. Transfert de produits phytosanitaires par le ruissellement et l'érosion de la parcelle au bassin versant : processus, déterminisme et modélisation spatiale. Thèse de Doctorat, École Nationale du Génie Rural, des Eaux et Forêts (ENGREF), Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), 215 pages + annexes.

Lee, K.H., T.M. Isenhardt et R.C. Schultz. 2003. Sediment and Nutrient

LES RESSOURCES NATURELLES DU CANADA :
POUR AUJOURD'HUI ET POUR DEMAIN

www.rncan.gc.ca

Ressources naturelles Canada est un ministère du gouvernement fédéral qui oeuvre dans les domaines du développement durable et de l'utilisation judicieuse des ressources naturelles.

Le Ministère innove par ses travaux scientifiques afin de produire et diffuser un savoir et des technologies qui ont pour but d'améliorer notre connaissance du territoire et de nos ressources, de les protéger et de contribuer au développement durable. De plus, il veille à la réglementation et aux politiques fédérales en permettant à nos ressources de contribuer à l'économie canadienne tout en préservant l'environnement et en assurant la santé et la sécurité des Canadiennes et des Canadiens.

Ressources naturelles Canada au Québec :

- Service canadien des forêts
 - Centre de foresterie des Laurentides
- Secteur des sciences de la Terre
 - Commission géologique du Canada
 - Division des levés officiels
 - Centre d'information topographique
- Secteur des mines et des métaux
 - Mine-laboratoire de CANMET
 - Division de la réglementation des explosifs
- Secteur de l'énergie
 - Laboratoire de recherche en diversification énergétique CANMET

Ressources naturelles Canada / Natural Resources Canada

Stand 606 et 610

Canada

Removal in a Established Multi-Species Riparian Buffer. *Journal of Soil and Water Conservation* 58(1):1-7.

Leeds-Harrison, P.B., J.N. Quinton, M.J. Walker, K.S. Harrison, S.F. Tyrrel, J. Morris, J. Mills & T. Harrod. 1996. Buffer Zones in Headwater Catchments. Report on MAFF/English Nature Buffer Zone Project CSA 2285. Cranfield University, Silsoe, UK. (Site Internet : <http://www.silsoe.cranfield.ac.uk/iwe/projects/bzp/main.pdf>).

Lowrance, R., G. Vellidis, R.D. Wauchope, P. Guay et D.D. Bosch. 1997. Herbicide Transport in a Managed Riparian Forest Buffer System. *Transactions of the ASAE* 404:1047-1057.

Lowrance, R., L.S. Altier, R.G. Williams, S.P. Inamdar, J.M. Sheridan, D.D. Bosch, R.K. Hubbard, et D.L. Thomas. 2000. REMM : the Riparian Ecosystem Management Model. *Journal of Soil and Water Conservation* 55(1):27-34.

Mabit, L., M. Duchemin, M.R. Laverdière et C. Bernard. 2004. Quantification de l'érosion hydrique et étude de l'origine des sédiments colmatant la frayère de la rivière Boyer (Québec). *Vecteur Environnement*. 37(2): 80-89.

Maisonneuve, C. et S. Rioux. 2001. Importance of Riparian Habitats for Small Mammal and Herpetofaunal Communities in Agricultural Landscape of Southern Québec. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 83(1-2):165-175.

Majdoub, R., C. Côté et M. Duchemin. 2004. Risque de contamination microbiologique des eaux souterraines et mesures préventives à adopter. *Vecteur Environnement*. 37(2):61-66.

Munos-Carpena, R., J.E.Parsons et J.W. Gilliam. 1999. Modeling Hydrology and Sediment Transport in Vegetative Filter Strips. *Journal of Hydrology* 214:111-129.

Nakao, M., B. Sohngen, L. Brown et R. Leeds 1999. The Economics of Vegetative Filter Strips. Columbus : Ohio State University. (Site Internet : <http://www.ag.ohio-state.edu/~ohioline/ae-fact/0006.html>).

Nakao, M. et B. Sohngen. 2000. The Effect of Site Quality on the Costs of Reducing Soil Erosion with Riparian Buffers. *Journal of Soil and Water Conservation Second Quarter*:231-237.

Norris, V. (1993) The Use of Buffer

Zones to Protect Water Quality: A Review. *Water Resources Management* 7(4):257-272.

Patoine, M. et M. Simoneau. 2002. Impacts de l'agriculture intensive sur la qualité de l'eau des rivières du Québec. *Vecteur Environnement* 35(1):61-66.

Patty, L., B. Real and J. Gril. 1997. The Use of Grassed Buffer Strips to Remove Pesticides, Nitrate and Soluble Phosphorus Compounds from Runoff Water. *Pesticide Science* 49(3):243-251.

Pimentel, D., C. Harvey, P. Resosudarmo, K. Sinclair, D. Kurz, M. McNair, S. Crist, L. Shpritz, L. Fitton, R. Saffouri, R. Blair. 1995. Environmental and Economic Cost of Soil Erosion and Conservation Benefits. *Science* 267:1117-1122.

Rankinen, K., S. Tattari et S. Rekolainen. 2001. Modelling of Vegetative Filter Strips in Catchment Scale Erosion Control. *Agric. Food Sci. Finland* 10:89-102.

Robert, M. et C. Cheverry. 1996. Les ressources mondiales en eau et en sols : une limitation pour l'avenir. *Cahiers Agricultures* 5:243-248.

Robinson, M., M. Ghaffarzadeh, and R.M. Cruse. 1996. Vegetative Filter Strip

PARC ENVIRONNEMENTAL AES

Le PARC ENVIRONNEMENTAL AES consiste en un lieu d'enfouissement de sols contaminés (L.E.S.C.) autorisé selon le règlement sur l'enfouissement des sols contaminés décret 1553 2001, G.O. 9 janvier 2002.

SCHEMA D'IMPERMEABILISATION D'UNE CELLULE D'ENFOUISSEMENT

Type d'autorisation gouvernementale
Certificat d'autorisation (C.A.) du Gouvernement du Québec, Ministère de l'environnement, article 27 de la DLQ, article 13 de la DLQ.

LAROUCHE

Vous avez des questions sur la gestion des sols contaminés ?

N'hésitez pas à communiquer avec nos spécialistes

Parc Environnemental AES inc.

Administration
111, des Routiers
Chicoutimi (Québec) G7H 5B1
TÉL.: (418) 545-3238
Fax : (418) 543-3661

Site :
1555, route Dorval
Larouche (Québec) G0W 1S0

Détails de conception et de construction

- Arrangement des cellules sur un diafil d'argile de conductivité hydraulique inférieure à 10⁻¹⁰ cm/s, et d'une épaisseur minimale de 2 m
- Imperméabilisation des cellules avec deux géomembranes HDFE de 1,5 mm
- Système de collecte, d'entreposage et de traitement du ruissellement
- Suivi environnemental périodique portant sur l'érosion de surface, les eaux souterraines (réseau de 11 piezomètres sur tout le site), le sol et l'air ambiant
- Contrôle des arrivages

Effects on Sediment Concentration in Cropland Runoff. *Journal of Soil and Water Conservation* 50(3):227-230.

Saint-Jacques, N. et Richard, Y. 1998. Développement d'un indice de qualité de la bande riveraine: application à la rivière Chaudière et mise en relation avec l'intégrité biotique du milieu aquatique, pages 6.1 à 6.41, dans ministère de l'Environnement et de la Faune 96.), Le bassin de la rivière Chaudière ; l'état de l'écosystème aquatique – 1996, Direction des écosystèmes aquatiques, Québec, envirodoq no. EN980022.

Schmitt, T.J., M.G. Dosskey et K.D. Hoagland. 1999. Filter Strip Performance and Processes for Different Vegetation, Widths and Contaminants. *Journal of Environmental Quality* 28:1479-1489.

Schultz, R.C., P. H. Wray, J. P. Colletti, T. M. Isenhardt, C. A. Rodrigues et A. Kuehl. 1997. Stewards of our Streams : Buffer Strip Design, Establishment, and Maintenance. ISU Department of Forestry; edited by Laura Miller, ISU Extension Communications, PM 1626b, 6 pages. (Site Internet : <http://www.exnet>.

iastate.edu/Publications/PM1626B.pdf).

Sharpley, A.N., B. Foy et P. Withers. 2000. Practical and Innovative Measures for the Control of Agricultural Phosphorus Losses to Water: An Overview. *Journal of Environmental Quality* 29:1-9.

Sheridan, J.M., R. Lowrance et D.D. Bosch. 1999. Management Effects on Runoff and Sediment Transport in Riparian Forest Buffer. *Transactions of the ASAE* 42:55-64.

Sidle, R.C. et A.N. Sharpley. 1991. Cumulative Effects of Land Management on Soil and Water Resources : an Overview. *Journal of Environmental Quality* 20:1-3.

Tim, U.S. et R. Jolly. 1994. Evaluating Agricultural Nonpoint-Source Pollution Using Geographic Information Systems and Hydrologic-Water Quality Model. *Journal of Environmental Quality* 23:25-35.

Tomer, M.D., D.E. James et T.M. Isenhardt. 2003. Optimizing the Placement of Riparian Practices in a Watershed Using Terrain Analysis. *Journal of Soil and Water Conservation* 58(4):198-206.

Troeh, F.R., J.A Hobbs et R.L. Donahue. 2004. Water Quality and Pollution, Chapter 17 In : Soil and Water Conservation : for Productivity and Environmental Protection. Fourth Edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.

Uusi-Kämpä, J., B. Braskerud, H. Jansson, N. Syversen et R. Uusitalo. 2000. Buffer Zones and Constructed Wetlands as Filters for Agricultural Phosphorus. *Journal of Environmental Quality* 29(1):151-158.

Walker, S.E., S. Mostaghimi, T.A. Dillaha et F.E. Woeste. 1990. Modeling Animal Waste Management Practices: Impacts on Bacteria Levels in Runoff from Agricultural Land. *Transactions of the ASCE* 33:807-817.

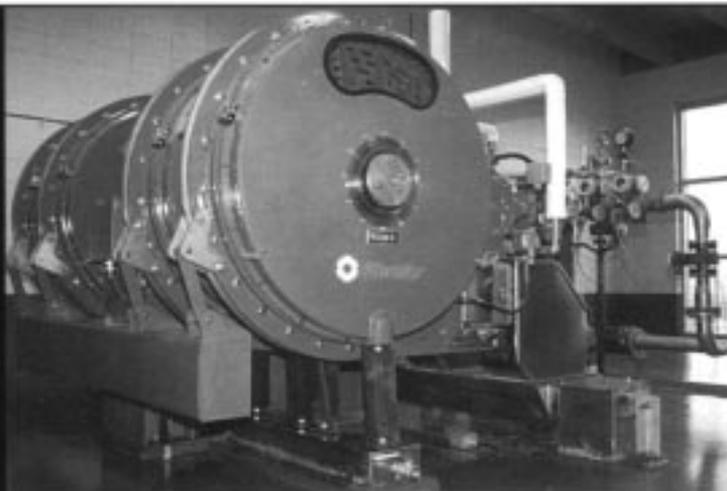
Williams, R.D. et A.D. Nicks. 1993. A Modeling Approach to Evaluate Best Management Practices. *Water Science and Technology* 28(3-5):675-678.

Xiang, W.N. 1993. Application of a GIS-Based Stream Buffer Generation Model to Environmental Policy Evaluation. *Environmental Management* 17(6):817-27.

DÉSHYDRATATION

PRESSOIR ROTATIF

- CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE FAIBLE
- TOTALEMENT FERMÉ
- HAUTE SICCITÉ
- COMPACT
- PROCÉDÉ EN CONTINU
- OPÉRATION SIMPLE
- FAIBLE COÛT D'OPÉRATION & D'ENTRETIEN
- CONSTRUCTION ROBUSTE



- BOUES D'ÉTANG
- BOUES INDUSTRIELLES
- BOUES STATION D'ÉPURATION
- BOUES FOSSES SEPTIQUES



SPÉCIALISTE & MANUFACTURIER QUÉBÉCOIS

Fournier

ISO 9002

3787 Boul. Frontenac
Thetford Mines, Qc., Canada
G6H 2B5
Tél.: 418-423-4241

Courriel : general@fournierindustries.com