



Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Agriculture and
Agri-Food Canada



Potentiel de séquestration du carbone par des pratiques agroforestières dans le bassin versant de la rivière L'Ormière au Québec

Préparé pour :

Le Programme d'atténuation des gaz à effet de serre pour le secteur agricole canadien

Agriculture et Agroalimentaire Canada

Novembre 2008

Canada 

Potentiel de séquestration du carbone par des pratiques agroforestières dans le bassin versant de la rivière L'Ormière au Québec

Auteurs

Maribel Hernandez – ÉcoRessources Consultants
Philippe Charland – Econova
Jean Nolet – ÉcoRessources Consultants
Michel Arès – Econova

Collaborateurs et réviseurs

Camille Caron – Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
Michel Lambert – AGIR Maskinongé, Ville St-Gabriel, Québec
Gilles Gagné – Institut de recherche et de développement en agroenvironnement, Québec
François Gagnon – Syndicat de base de l'UPA de Grand Pré, St-Léon-le-Grand, Québec
Stéphane Gariépy – Agriculture et Agroalimentaire Canada
René Audet – Agriculture et Agroalimentaire Canada
John Kort – Agriculture et Agroalimentaire Canada
Allen Eagle – Agriculture et Agroalimentaire Canada

Les auteurs remercient Agriculture et Agroalimentaire Canada et le Programme d'atténuation des gaz à effet de serre pour le secteur agricole canadien pour l'aide financière accordée à ce projet. Les opinions exprimées dans ce rapport ne sont pas nécessairement celles d'Agriculture et Agroalimentaire Canada ou du gouvernement du Canada.

Pour de plus amples renseignements sur le contenu de ce rapport, veuillez communiquer avec :

Michel Arès	Jean Nolet	Stéphane Gariépy
ECONOVA	ÉcoRessources Consultants	Agriculture et Agroalimentaire Canada
Téléphone : (418) 380-5507	Téléphone : (418) 780-0158	Téléphone : (418) 648-3652
Courriel : mares@econova.ca	Courriel : jean.nolet@ecoressources.com	Courriel : gariepys@agr.gc.ca

Pour obtenir un exemplaire imprimé de cette publication ou pour demander une publication sur support de substitution, veuillez communiquer avec :

Service des publications
Agriculture et Agroalimentaire Canada
Édifice Sir John Carling
930, avenue Carling
Ottawa (Ontario) K1A 0C5

Téléphone : (613) 759-6610
Télécopieur : (613) 759-6783
Courriel : publications@agr.gc.ca

Permission de reproduire

Cette publication peut être reproduite sans autorisation dans la mesure où la source est indiquée en entier.

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada (2008)

Potentiel de séquestration du carbone par des pratiques agroforestières dans le bassin versant de la rivière L'Ormière au Québec (PDF)
N° de catalogue A98-4/3-2007F-PDF
ISBN 978-0-662-07577-6
N° AAC 10398F

Also available in English under the title : *Carbon sequestration potential of agroforestry practices in the L'Ormière River watershed in Quebec.*

Résumé

La présente étude visait à analyser, des points de vue économique et technique, l'intérêt de l'introduction de pratiques agroforestières sur les terres agricoles avec l'objectif de capter le carbone et ainsi réduire les gaz à effet de serre (GES). L'exercice a été réalisé dans le contexte géographique d'un bassin versant à vocation agricole, soit le bassin de la rivière L'Ornière, au Québec. Plus précisément, il s'agissait d'établir le potentiel du bassin quant à l'implantation de haies brise-vent et de systèmes riverains agroforestiers, de quantifier la quantité de carbone pouvant être séquestré et de vérifier dans quelle mesure la vente des crédits de captage du carbone attribués aux pratiques agroforestières constituerait un incitatif pour la mise en place de telles pratiques au sein de l'entreprise agricole.

L'analyse spatiale du bassin versant de la rivière L'Ornière a permis d'établir le potentiel d'implantation des systèmes riverains sur le territoire à 144 hectares (équivalent à 20 m largeur X 2 berges X 36 km longueur), tandis que pour les haies brise-vent, le potentiel est de 47,5 hectares (équivalent à 9 m largeur X 53 km longueur). Le potentiel total de nouvelles plantations s'élève donc à 191,5 hectares, ce qui correspond à une augmentation de 34 % de la superficie boisée dans le bassin versant de la rivière L'Ornière. La superficie totale de ce bassin est de 3000 hectares (30 km²). Sur un horizon de 25 ans, la plantation d'un hectare de systèmes riverains permettait de capter un total de 587 tonnes de CO₂-équivalent, tandis que le potentiel de captage d'un hectare de haie brise-vent est estimé à 782 tonnes de CO₂-équivalent. À l'échelle du bassin versant, sur un horizon de 25 ans, le potentiel total de séquestration du carbone s'élève ainsi à environ 120 000 tonnes de CO₂-équivalent, ce qui équivaut à quelque 600 000 \$ en revenus provenant de la vente de crédits carbone, basé sur un prix hypothétique de 5 \$ par tonne de CO₂ captée.

L'objectif principal de la présente étude était de vérifier si le captage de carbone représentait un incitatif suffisant pour orienter les producteurs agricoles vers l'implantation de pratiques agroforestières au sein de l'exploitation agricole. Dans les conditions de marché actuelles et sur la base des hypothèses posées dans cette étude, la réponse à cette question est négative. En effet, les revenus annuels attribuables à la vente des crédits carbone s'élèvent à peine à 435 \$ par entreprise laitière pour les scénarios de systèmes riverains, et à 235 \$ par entreprise céréalière pour les scénarios de haies brise-vent. Ces revenus s'avèrent modestes et risquent peu d'influencer le choix de recourir ou non à ces pratiques agroforestières.

Par ailleurs, l'étude révèle que sur le plan strictement des bénéfices privés, la mise en place de systèmes riverains peut entraîner une perte de revenus, sur un horizon de 25 ans, de 59 200 \$ et de 87 600 \$ pour les cas-types établis, selon que l'on considère les aides publiques ou non. Bien que l'économie de ces systèmes pourrait être améliorée de diverses manières, le revenu additionnel provenant des crédits carbone

ne suffit pas à les rentabiliser. De manière différente, les haies brise-vent peuvent générer une augmentation de revenus de 35 700 \$ et de 22 000 \$, selon que l'on tient compte ou non des aides publiques, et ce, sur un horizon de 25 ans.

À la lumière des résultats obtenus, on constate donc que le potentiel de séquestration de CO₂ des systèmes riverains et des haies brise-vent est trop faible pour constituer un incitatif très significatif à leur implantation. En effet, le seul objectif de capter le carbone ne justifie pas l'implantation de haies brise-vent ou de systèmes riverains par les producteurs. Selon les hypothèses utilisées, l'intérêt des producteurs agricoles pour la mise en œuvre de pratiques agroforestières n'est pas influencé par l'argument économique associé à la vente de crédits de carbone.

Les résultats de la présente étude permettent toutefois de conclure que l'introduction de pratiques agroforestières comporte des rapports coûts bénéfiques très différents selon les pratiques introduites. Ainsi, la plantation de systèmes riverains agroforestiers semble entraîner des pertes nettes pour le producteur agricole, tandis que la plantation des haies brise-vent engendre des gains significatifs pour les producteurs grâce à la hausse de productivité des cultures qui en résulte.

Force est donc de constater que l'intérêt des pratiques agroforestières ne réside pas que dans le captage de carbone, mais aussi et surtout dans la production d'autres biens et services environnementaux (réduction de la pollution diffuse, lutte contre l'érosion, maintien et/ou hausse de la diversité biologique, amélioration du paysage, etc.), qui n'ont pas été pris en compte dans le cadre de cette étude. En effet, seule l'augmentation des rendements agricoles (pour les haies) et la production de matière ligneuse ont été considérés.

Toutefois, les producteurs peuvent agir de plusieurs façons pour séquestrer du carbone. Même si une pratique en particulier ne justifie pas la participation des producteurs à ce marché, il est possible qu'un ensemble plus large de pratiques génère suffisamment de crédits pour représenter un apport non négligeable au revenu des producteurs. Une étude englobant un éventail plus large de pratiques pourrait permettre de creuser cette question. Enfin, les producteurs agricoles seront toujours confrontés au fait qu'ils génèrent individuellement de faibles quantités de crédits de réduction. Ce faisant, leurs coûts de transaction sont très élevés en regard des revenus potentiels. Ceci limite encore davantage l'intérêt de ce marché pour les producteurs. Dans un tel contexte, diverses formes d'approches collectives mériteraient d'être envisagées pour agréger les crédits des producteurs et leur redistribuer les revenus de la vente de crédits de carbone.

Table des matières

Introduction	1
1. Les mesures contribuant à promouvoir des pratiques agroforestières participant à la séquestration du carbone	3
1.1. Le Protocole de Kyoto	3
1.2. Quelques programmes à l'étranger	4
1.3. Les programmes canadiens	5
1.4. Principaux constats	7
2. L'introduction dans le bassin versant de la rivière L'Ornière des pratiques agroforestières participant au captage du carbone	9
2.1. Le choix des scénarios de base et des pratiques agroforestières à étudier	9
2.1.1. <i>Établissement de systèmes riverains pour le captage de carbone dans une ferme laitière-type à l'amont du bassin versant</i>	11
2.1.2. <i>Plantation des haies brise-vent pour le captage de carbone dans une ferme céréalière située à l'aval du bassin versant</i>	13
3. Le potentiel technique et environnemental des pratiques agroforestières dans le bassin versant de la rivière L'Ornière	15
3.1. Méthodologie utilisée pour l'analyse spatiale.....	16
3.2. Superficie potentielle de plantation de systèmes riverains et de haies brise-vent dans le bassin versant de la rivière L'Ornière	23
4. L'évaluation économique de l'introduction de pratiques agroforestières pour le captage de carbone	25
4.1. La plantation de systèmes riverains	26
4.1.1. <i>Les pertes de revenus liés à la diminution de la superficie mise en culture</i>	26
4.1.2. <i>Les coûts reliés à la plantation et à l'entretien de systèmes</i>	29
4.1.3. <i>Les revenus provenant de la vente du bois</i>	29
4.1.4. <i>Les aides provenant des programmes publics</i>	30
4.2. La plantation de haies brise-vent	32
4.2.1. <i>Les pertes ou les gains liés à la diminution des superficies cultivées et à l'augmentation de la productivité</i>	32
4.2.2. <i>Les coûts reliés à l'installation et au maintien des haies brise-vent</i>	35
<i>Les revenus provenant de la vente du bois</i>	36
<i>Les pertes ou les revenus provenant des programmes publics</i>	37
4.3. Synthèse de l'analyse économique	38
5. Le captage du carbone à travers des pratiques agroforestières : évaluation économique	41
5.1. Estimation du captage du carbone à travers des pratiques agroforestières	41
5.2. La participation des producteurs au système de compensation et la valeur des crédits de réduction du carbone à travers des pratiques agroforestières.....	42
5.3. Évaluation économique du potentiel de captage du carbone à l'échelle du bassin versant	45
6. Conclusion	46
Bibliographie	48
Annexe	51
Personnes consultées	51

Liste des tableaux

Tableau 1 : Scénarios de référence et pratiques proposées	11
Tableau 2 : Valeur relative des crédits de carbone non-permanents par rapport aux crédits permanents...	13
Tableau 3 : Classes de pH en fonction de la pédologie de l'IRDA	20
Tableau 4 : Classes de texture en fonction de la pédologie de l'IRDA	20
Tableau 5 : Classes de texture en fonction de la pédologie de l'IRDA	21
Tableau 6 : Calcul détaillé de la Perte de revenu associée à la diminution de la superficie en culture due à la l'établissement d'un système riverain d'une largeur de 20 mètres à l'aval du bassin versant	28
Tableau 7 : Coûts de plantation et d'entretien d'un système riverain de 20 m de large.....	29
Tableau 8 : Revenu provenant de la vente du bois pour le système riverain	30
Tableau 9 : Scénario 1 : établissement d'un système riverain agroforestier dans une exploitation laitière-type.....	31
Tableau 10 : Variation annuelle du revenu associée à la perte de superficie en culture due à la plantation d'une haie brise-vent	33
Tableau 11 : Superficie protégée par les haies brise-vent et revenus supplémentaires obtenus sur une base annuelle	34
Tableau 12 : Revenus actualisés provenant de la hausse de productivité obtenue grâce à la plantation des haies brise-vent.....	35
Tableau 13 : Coûts de plantation et d'entretien d'une haie brise-vent	35
Tableau 14 : Revenu net actualisé provenant de la vente du bois pour la haie brise-vent	36
Tableau 15 : Scénario 2 : Plantation des haies brise-vent dans une exploitation céréalière-type.....	37
Tableau 16 : Gains ou pertes privés de l'introduction des pratiques agroforestières contribuant au captage du carbone	38

Liste des figures

Figure 1 : Bassin versant de la rivière L'Ornière, Image Landsat 7TM (Composé 7-3-4)	15
Figure 2 : Carte des vents dominants	16
Figure 3 : Contraintes de plantation	17
Figure 4 : Généralisation des cours d'eau pour la création des systèmes riverains.....	18
Figure 5 : Diagramme de création de l'IQF	19
Figure 6: Carte de l'IQF pour le peuplier hybride et pour le frêne de Pennsylvanie	22
Figure 7: Diagramme de calcul des potentiels de plantation de systèmes riverains et de haies brise-vent ..	23
Figure 8: État de la végétation avant et après l'étude du potentiel.....	24

Introduction

Le Protocole de Kyoto de 1997 marque un tournant dans la lutte contre les changements climatiques au niveau international. À travers ce protocole, une série de pays, dont le Canada, se sont engagés à limiter ou à réduire le niveau moyen d'émissions de gaz à effet de serre (GES) pour la période 2008-2012, exprimé en pourcentage du niveau d'émissions de 1990. Le Canada, par exemple, s'est engagé à réduire ses émissions de GES de 6 % en dessous des niveaux de 1990, ce qui représente une réduction réelle, si on tient compte de l'évolution des activités économiques, de 30 % par rapport aux émissions de 2005, soit 260 million de tonnes de CO₂ en moins.

Par ailleurs, afin d'attendre les objectifs internes fixés dans le cadre du Protocole de Kyoto, plusieurs pays dont le Canada, envisagent plusieurs mécanismes dont l'établissement des systèmes de permis échangeables. Concrètement, cela implique le plafonnement des émissions des grands émetteurs industriels et l'établissement d'un système de compensations permettant l'échange des crédits de réduction à l'intérieur d'un même secteur ou avec d'autres secteurs dont les émissions ne sont pas plafonnées.

Ainsi, des secteurs tels que l'agriculture ou la foresterie, pourraient trouver un intérêt dans le développement des projets de séquestration du carbone et dans la vente de crédits aux grands émetteurs industriels. Ces derniers achèteront les crédits provenant des secteurs agricole et forestier lorsque les prix seront inférieurs au coût de réduction de leurs propres émissions.

À la lumière des constats précédemment énoncés, il y a lieu de se questionner sur l'intérêt des producteurs agricoles, d'un point de vue privé, à mettre en place des pratiques contribuant au captage du carbone, notamment des pratiques agroforestières. Les crédits de réduction des GES ainsi obtenus pourraient ensuite être vendus à des grands émetteurs dont le niveau d'émissions aurait été plafonné.

Pour sa part, le gouvernement du Canada a mis en place le Programme d'atténuation des gaz à effet de serre pour le secteur agricole canadien afin de réduire les GES issus de l'agriculture par la gestion des sols, des éléments nutritifs et du bétail. Le programme est une initiative de départ pour contribuer à l'objectif de réduire les émissions de GES issus de l'agriculture de 5,8 millions de tonnes¹ par an d'équivalent CO₂ au cours de la période de 2008 à 2012, visée par le Protocole de Kyoto. Il vise à déterminer les pratiques exemplaires de gestion qui réduisent les émissions de GES, à sensibiliser la population et à encourager les producteurs à adopter des pratiques de gestion des sols, des éléments nutritifs et du bétail. Dans ce

¹ Cette quantité représente une évaluation du potentiel pour le secteur; la valeur pourrait varier entre 3 Mt et 10 Mt selon la nature des pratiques adoptées.

programme, on cherche à évaluer l'incidence de pratiques particulières sur l'atténuation des GES et on examinera les résultats afin d'améliorer les pratiques existantes.

Dans un tel contexte, la présente étude vise à analyser, d'un point de vue économique mais aussi technique et environnemental, l'introduction de pratiques agroforestières avec l'objectif de capter du carbone. Plus précisément, il s'agit d'analyser dans quelle mesure la vente des crédits de réduction de GES attribués aux pratiques agroforestières constituerait un incitatif pour la mise en place de telles pratiques au sein de l'entreprise agricole. Par ailleurs, une autre caractéristique de cette analyse est qu'elle se situe dans un cadre géographique précis, soit celui du bassin versant. De manière spécifique, il s'agit du bassin versant de la rivière L'Ornière, situé à l'intérieur du bassin versant de la rivière Maskinongé. L'étude présente donc également une estimation du captage du carbone à l'échelle du bassin versant et des implications économiques qui en résulteraient.

Ainsi, dans la première partie de l'étude, les différentes mesures incitatives favorisant l'introduction de pratiques agroforestières permettant le captage du carbone sont passées en revue. Dans la deuxième partie, les pratiques agroforestières à étudier sont définies et le potentiel technique et environnemental de l'introduction de telles pratiques est évalué pour le bassin versant de la rivière L'Ornière. Cela servira par la suite à calculer le potentiel de captage du carbone à l'échelle du bassin versant. L'analyse bénéfices / coûts privée résultante de l'introduction des pratiques agroforestières est présentée dans la quatrième section. Enfin, cette analyse est complétée par l'évaluation économique du potentiel de captage du carbone de ces pratiques à l'échelle du bassin.

1. Les mesures contribuant à promouvoir des pratiques agroforestières participant à la séquestration du carbone

Il existe au Canada et ailleurs dans le monde une série de mesures qui, de façon directe ou indirecte, contribuent au développement de pratiques agroforestières permettant le captage du carbone.

1.1. Le Protocole de Kyoto

Le Protocole de Kyoto de 1997 propose un calendrier de réduction des émissions des GES d'origine anthropique, considérées comme la principale cause du réchauffement climatique. À travers ce Protocole, 39 pays industrialisés, dont le Canada, se sont engagés à réduire leurs niveaux d'émissions de CO₂ de 5,2 % annuellement par rapport aux émissions de 1990 pour la période 2008-2012.

Parallèlement, le Protocole de Kyoto prévoit une série de mécanismes destinés à aider les pays à atteindre les objectifs fixés. Ainsi, à travers le *Système d'échange de droits d'émissions*, les pays industrialisés ayant ratifié le Protocole de Kyoto et devant réduire leurs émissions de GES, peuvent acheter des permis d'émission d'autres pays ayant un objectif de réduction et n'ayant pas atteint leur plafond. Par ailleurs, les mécanismes de *Mise en œuvre conjointe* permettent à ces pays d'échanger entre eux des crédits résultant de la réalisation de projets de réduction des émissions. Enfin, avec les *Mécanismes pour un développement propre* les échanges se réalisent entre des pays industrialisés et des pays en développement, sur la base des projets réalisés sur le territoire des derniers.

Par ailleurs, à l'intérieur de chaque pays ayant un plafond d'émissions, plusieurs mécanismes peuvent être envisagés pour l'atteinte des objectifs fixés, comme les systèmes de permis échangeables. Cela implique le plafonnement des émissions des grands émetteurs industriels et la possibilité d'échanger des crédits de réduction des GES à l'intérieur d'un même secteur. Un système de compensations peut également être mis en place avec des secteurs dont les émissions ne sont pas plafonnées.

Avec la mise sur pieds d'un système de compensations, les producteurs agricoles pourraient mettre en place des projets de séquestration du carbone et vendre des crédits de réduction aux grands émetteurs industriels. Ces derniers achèteront les crédits provenant du secteur agricole lorsque les prix seront inférieurs au coût de réduction de leurs propres émissions.

Le Canada avait envisagé la mise en place d'un système de permis échangeables qui n'a pas encore vu le jour. En Europe, le système est désormais en place, de même que dans certains États des États-Unis

(Chicago et Californie, principalement) où des marchés de carbone existent en dehors du Protocole de Kyoto².

Enfin, des mécanismes tels que la mise en place de taxes, des normes régulant les émissions de GES ou des projets de sensibilisation qui conduiraient à une réduction volontaire des émissions, pourraient également être envisagés.

1.2. Quelques programmes à l'étranger

Aux États-Unis, le programme Environmental Quality Incentives Program (EQIP) permet aux agriculteurs situés dans certains bassins versants de recevoir des aides pour le développement de pratiques agricoles respectueuses de l'environnement. Ces aides vont de 75 % à 90 % des coûts admissibles dans le cas des producteurs venant de s'installer, à concurrence de 450 000 \$ pour toute la durée du programme. Il s'agit de mesures incitatives pour encourager les agriculteurs à mettre en place des pratiques agricoles de conservation qu'ils ne développeraieent pas autrement. Parmi les objectifs du programme, on trouve la réduction des émissions des GES, notamment de N₂O. Par ailleurs, le programme Agricultural Management Assistance (AMA), aide les agriculteurs qui, de façon volontaire, s'engagent à mettre en place des techniques de gestion avec, entre autres objectifs, de réduire les émissions de GES (à travers la plantation de haies brise-vent, par exemple). Le montant de l'aide ne doit pas excéder 50 000 \$ par année fiscale.

En France, les Contrats d'Agriculture Durable (CAD) consistent en un engagement volontaire d'une durée de 5 ans entre le producteur agricole et l'État français, à travers duquel le producteur s'engage à mettre en place des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement en échange d'une compensation économique. Les mesures comprises dans le cahier des charges à respecter sont définies au niveau régional à partir d'un catalogue national de mesures. Parmi ces mesures se trouvent certaines pratiques agroforestières contribuant au captage du carbone, telles que la plantation de haies brise-vent ou des systèmes riverains. Le montant par CAD est limité à 27 000 euros en moyenne par ferme et pour la durée du contrat.

Enfin, en Europe, l'accord de Luxembourg signé par les pays membres en juin 2003 incorpore, dans la Politique Agricole Commune (PAC), le principe de l'écoconditionnalité, qui conditionne la réception des paiements uniques européens perçus par les producteurs agricoles à l'observance des pratiques respectueuses de l'environnement définies au niveau national, dont certaines peuvent contribuer à la réduction des émissions de GES.

² Rappelons que les États-Unis n'ont pas ratifié le Protocole de Kyoto.

1.3. Les programmes canadiens

Parmi les programmes canadiens, le Cadre stratégique agricole (CSA) du gouvernement fédéral s'intéresse fortement aux aspects environnementaux de la production agricole et vise la promotion d'une agriculture respectueuse de l'environnement. Au Québec, le programme Prime-Vert est administré par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ); cofinancé par le CSA, ce programme vise à promouvoir et à diffuser les bonnes pratiques agricoles, dont celles contribuant à la réduction des émissions de GES, et à soutenir les exploitations agricoles pour les aider à se conformer aux lois et aux politiques environnementales. Le programme Prime-Vert présente principalement trois domaines d'action : la gestion des fumiers et des pesticides, la conservation des sols, de l'eau et de l'air, ainsi que l'amélioration et la diffusion des connaissances en matière d'agroenvironnement. Des aides techniques et financières sont prévues dans ce programme.

Parmi les bonnes pratiques donnant droit à la réception des aides, on trouve également des pratiques agroforestières pouvant contribuer, directement ou indirectement, à la réduction des émissions ou au captage des GES.

Il existe par exemple, dans le cadre du programme Prime-Vert, des mesures destinées à la réduction de la pollution diffuse en vue d'améliorer la qualité de l'eau et de l'air. Ainsi, des aides peuvent être allouées aux producteurs sur une base ferme par ferme pour la mise en place des pratiques pouvant participer au captage du carbone : la gestion de zones riveraines, l'aménagement des haies brise-vent ou la mise en place de cultures de couvre-sol d'hiver. Les aides octroyées couvrent jusqu'à 70 % des coûts admissibles, « jusqu'à concurrence de 30 000 \$ par exploitation agricole et pour la durée du programme ».

Il en est de même pour les projets collectifs de réduction de la pollution diffuse. Même si l'objectif premier des ces projets est d'améliorer la qualité de l'eau, certaines mesures subventionnées dans le cadre de ce volet vont avoir un impact également sur le captage des GES. Ainsi, une aide financière, jusqu'à concurrence de 20 % des coûts admissibles est accordée aux pratiques telles que la gestion des zones riveraines (implantation de bandes riveraines par l'établissement d'un couvert végétal d'arbustes et d'arbres) ou la plantation des haies brise-vent. Les exploitations admissibles sont celles participant au Programme de couverture végétale du Canada (PCVC), un autre programme émanant du Cadre stratégique agricole.

Le PCVC vise à promouvoir la mise en place de pratiques de gestion bénéfiques pour l'environnement, en échange d'une compensation économique. L'un des objectifs du programme est « la séquestration d'une

plus grande quantité de carbone dans le sol ». De plus, certaines pratiques destinées à améliorer la qualité de l'eau contribuent également au captage des GES.

Parmi les pratiques ciblées par le PCVC on trouve l'implantation de plantes fourragères, d'arbres ou d'arbustes dans la bande riveraine afin de constituer une zone tampon ainsi que la plantation de haies brise-vent. Dans le volet des Plans agri-environnementaux équivalents (ou planification de groupe) du PCVC – administré au Québec par le CDAQ –, le projet doit être soumis par au moins deux producteurs appartenant à un même bassin versant et les demandeurs doivent obligatoirement posséder un plan d'accompagnement agro-environnemental (PAA). L'aide octroyée dans le cadre du PCVC couvre jusqu'à 50 % des dépenses admissibles et jusqu'à un maximum de 20 000 \$ par ferme pour la plantation des bandes riveraines et de 10 000 \$ par ferme pour la plantation des haies brise-vent. Par ailleurs, depuis avril 2006, les exploitations participant au PCVC dans le cadre d'un projet commun « peuvent recevoir une aide financière supplémentaire du programme Prime-Vert et la somme de l'aide offerte par les deux programmes peut donc atteindre 70 % des dépenses encourues ». Il s'agit du programme pour les projets collectifs du Prime-Vert auquel on réfère précédemment.

De plus, le Programme d'atténuation des gaz à effet de serre en milieu agricole (PAGES) a été établi dans le cadre du Plan d'action 2000 sur les changements climatiques du gouvernement canadien. Il vise la sensibilisation et le transfert des connaissances sur les aspects économiques et techniques des pratiques agricoles contribuant à la réduction des GES.

Au Québec, les fonds attribués pour la mise en place du programme PAGES, sont gérés par le Centre pour le développement de l'agriculture au Québec (CDAQ). Ces fonds sont destinés à la réalisation d'activités ou d'essais à la ferme qui font la promotion des pratiques agricoles d'atténuation des émissions des gaz à effet de serre (GES), ainsi qu'à des activités de vulgarisation. En 2004, on comptait au Québec un total de 360 sites d'essais autour de différentes thématiques : semis direct, pratiques de conservation, doses et formes d'engrais azotés pour des exploitations consacrées à la culture du maïs, essais sur les périodes d'épandage des fumiers (également pour le maïs), gestion des fumiers et lisiers, méthodes de travail primaire du sol, projet sur les engrais verts, ainsi que des chantiers d'épandage.

Enfin, la Financière agricole du Québec (FAQ), née de la fusion en 2001 de la Régie des assurances agricoles du Québec (RAAQ) et de la Société de financement agricole (SFA), offre aux entreprises agricoles une gamme d'outils financiers afin d'assurer leur stabilité économique et financière. Certaines de ces aides sont conditionnées au respect des pratiques respectueuses de l'environnement suivant des stratégies dites d'écoconditionnalité. Or, hormis certaines normes obligatoires concernant par exemple le type de semences utilisées et la date de semis, l'écoconditionnalité se traduit souvent par une série de

recommandations concernant des pratiques respectueuses de l'environnement, dont le non-respect ne compromet pas la perception des aides.

1.4. Principaux constats

De la revue des mesures existantes, il ressort qu'actuellement au Canada aucun des paliers (fédéral ou provincial) n'offre d'aides destinées explicitement à l'application des pratiques agroforestières dont l'objectif premier est la captation du carbone. Les mesures auxquelles les producteurs peuvent avoir accès ont souvent comme but principal d'améliorer la qualité de l'eau ou du sol et la contribution de ces pratiques au captage du carbone est vue comme un bénéfice collatéral, voir secondaire. Les aides octroyées dans le programme Prime-Vert, par exemple, concernent uniquement les bassins versants dégradés sur le plan de la qualité de l'eau. Or, il est connu de tous que les enjeux liés à l'air dépassent largement les frontières du bassin versant et que des zones très éloignées peuvent être interreliées du point de vue des GES.

Il n'existe donc pas des programmes qui compensent les producteurs exclusivement pour la mise en place des pratiques agroforestières de captation du carbone. Toutefois, certains programmes financent des mesures qui, appliquées au sein de l'exploitation, peuvent avoir comme impact d'y contribuer. Cela est également vrai pour les programmes existants au niveau international. En effet, le captage du carbone fait partie d'une série des bénéfices environnementaux obtenus à travers des pratiques agricoles et agroforestières dont l'objectif premier est souvent l'amélioration de la qualité de l'eau des bassins versants concernés, comme c'est le cas des programmes américains.

Quant à la forme des programmes existants à l'étranger, il est important de souligner le caractère contractuel et volontaire des approches française et états-unienne, ainsi que le fait qu'elles soient bâties sur un ensemble de pratiques pouvant contribuer à l'atteinte de plusieurs objectifs environnementaux à la fois. Au Canada, les mesures sont souvent prises indépendamment les unes des autres sans une approche globale à l'échelle de l'entreprise agricole. L'approche globale est largement favorisée en France et aux États-Unis à travers, notamment, des engagements sur un ensemble de mesures applicables au sein de l'exploitation pour une durée de temps déterminée.

Par ailleurs, les programmes concernant plus spécifiquement les pratiques contribuant au captage du carbone, comme le programme PAGES du gouvernement canadien, restent confinés à l'étude et la promotion de ces pratiques à travers, notamment, la réalisation d'essais au niveau de l'exploitation, ainsi qu'à travers d'activités de vulgarisation. Ces activités sont d'autant plus importantes qu'il reste encore beaucoup de lacunes à combler dans la comptabilisation du captage des GES à travers les pratiques

agricoles et agroforestières. L'incertitude entourant la mesure des réductions complexifie l'appropriation des méthodes utilisées par les producteurs et augmente les coûts de transaction associés aux projets.

Du point de vue des producteurs agricoles susceptibles d'adopter des pratiques de séquestration, l'incitatif financier le plus intéressant en matière de réduction des GES risque d'être la mise en place d'un système de compensation qui permettrait aux producteurs agricoles de vendre des crédits de réduction des GES aux grands émetteurs industriels.

2. L'introduction dans le bassin versant de la rivière L'Ormière des pratiques agroforestières participant au captage du carbone

Le but principal de la présente étude consiste à analyser, d'un point de vue économique mais aussi technique et environnemental, l'introduction dans l'exploitation agricole de pratiques agroforestières avec un objectif unique de captage du carbone. Cette analyse s'appuie sur différents scénarios de base (fermes-types) représentatifs des conditions pédologiques, agricoles, etc., existantes à l'amont et à l'aval du bassin versant. Plus précisément, il s'agit d'analyser dans quelle mesure la vente des crédits de captage du carbone attribués aux pratiques agroforestières constituerait un incitatif pour la mise en place de telles pratiques au sein de l'entreprise agricole. L'étude est effectuée dans un cadre géographique précis, soit le bassin versant de la rivière L'Ormière, situé à l'intérieur du bassin versant de la rivière Maskinongé. En effet, la gestion par bassin versant offre un contexte favorable à une analyse globale des pratiques agroforestières à mettre en place et à l'utilisation d'une approche collective. La présente section présente le cheminement qui a conduit au choix des scénarios-types et des pratiques agroforestières à étudier.

La décision d'analyser les impacts économiques des pratiques agroforestières sur la base des scénarios types est d'une part liée à la méthode d'évaluation économique préconisée (méthode du budget partiel). D'autre part, elle est également justifiée par le fait que les impacts sur les coûts et les bénéfices privés de l'introduction des pratiques agroforestières, sont indissociables des caractéristiques de la ferme sur lesquelles elles s'appliquent.

2.1. Le choix des scénarios de base et des pratiques agroforestières à étudier

Le bassin versant de la rivière L'Ormière s'étend sur deux zones bien différenciées du point de vue géomorphologique, pédologique et agricole, séparées par la terrasse de Saint-Barthélemy. À l'amont, les sols sont argileux (argile Rideau) et la rivière se caractérise par des rives escarpées où la végétation est souvent absente, favorisant ainsi les phénomènes d'érosion hydrique. Cette partie du bassin héberge une agriculture caractérisée principalement par l'élevage, notamment des fermes laitières, ainsi que des cultures fourragères. À l'aval et jusqu'à son embouchure, près de la ville de Maskinongé, la rivière s'écoule sur des sols plus jeunes, loameux, et plus fertiles (alluvions des séries Chaloupe et Berthier) où les principales cultures sont le maïs-grain et le soya; sur cette section de la rivière, les rives sont peu escarpées. Ainsi, les pratiques proposées devront tenir compte des caractéristiques des zones identifiées.

Par ailleurs, parmi les pratiques agricoles et agroforestières contribuant au captage du carbone, on retrouve : 1) l'augmentation de cultures herbacées pérennes dans la rotation comme les prairies et pâturages; 2) la mise en place de cultures ligneuses comme les arbres de Noël, les saules à croissance

rapide ou les peupliers hybrides; 3) l'insertion de cultures de légumineuses dans la rotation, 4) la plantation de haies brise-vent et de systèmes riverains agroforestiers et; 5) la gestion raisonnée des effluents d'élevage ou des fertilisants.

Pour la présente étude, les pratiques agroforestières permettant la séquestration du carbone sont choisies en fonction des critères suivants :

- La faisabilité technique pour le bassin versant de la rivière L'Ornière et la prise en compte des conditions du milieu (pédologiques, agricoles, etc.) existantes;
- La reconnaissance de la capacité réelle du captage du carbone des pratiques dans la littérature scientifique et la facilité de mesure;
- L'existence des méthodes scientifiques permettant l'estimation du captage du carbone à travers ces pratiques;
- La facilité de mise en œuvre et de suivi des pratiques proposées;
- La possibilité de réaliser une analyse économique des coûts et bénéfices privés à l'échelle de l'entreprise agricole.

Ces considérations ont conduit à l'identification de deux scénarios de base qui tiendront compte des réalités existantes sur le terrain. Le premier scénario, conçu pour la partie amont du bassin versant, réfère à une exploitation laitière-type, telle que considérée par le Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ³). Il s'agit d'une ferme de 61 vaches et d'une superficie totale de 114 ha, dont 30 % de la surface mise en culture est consacrée aux grandes cultures et 70 % aux fourrages. Le deuxième scénario de référence, conçu pour la partie aval du bassin versant, correspond à une exploitation spécialisée dans les grandes cultures (maïs-grain et soya), selon la caractérisation proposée par la Financière agricole du Québec pour le calcul de l'Assurance stabilisation du revenu agricole (ASRA). La superficie de cette exploitation est de 286 ha.

Pour chaque scénario de base l'introduction de pratiques agroforestières contribuant au captage du carbone est évaluée. Ainsi, dans la partie amont du bassin versant et étant donné les caractéristiques du milieu (escarpement des rives, problèmes importants d'érosion hydrique, etc.), la mise en place de systèmes riverains agroforestiers (plantation d'arbres ou d'arbustes dans la bande riveraine afin de supporter la production de biens et services environnementaux) est étudiée. À l'aval, dans la plaine, où la culture de maïs-grain est prédominante, la plantation de haies brise-vent est proposée. Il est à noter, dans les deux

³ CRAAQ, 2006. Références économiques. Entreprise laitière. Analyse comparative provinciale 2004.

cas, qu'il s'agit de systèmes agroforestiers simples ne comportant pas, par exemple, de cultures sous couvert arboré ou de production connexes (petits fruits, noix, etc.).

Le tableau suivant montre les différentes pratiques proposées et associées à chacun des scénarios de base.

TABLEAU 1 : SCÉNARIOS DE RÉFÉRENCE ET PRATIQUES PROPOSÉES

Scénarios de référence	Pratiques agroforestières contribuant au captage du carbone
Scénario 1 : ferme laitière type	Système riverain agroforestier*
Scénario 2 : exploitation de grandes cultures (maïs-grain et soya)	Haies brise-vent

Source : ÉcoRessources Consultants

* Le système riverain agroforestier repose sur la plantation d'arbres ou d'arbustes dans la zone riveraine selon un design précis et visant à produire divers biens et services environnementaux.

2.1.1. Établissement de systèmes riverains pour le captage de carbone dans une ferme laitière-type à l'amont du bassin versant

Hormis les impacts sur l'amélioration de la qualité de l'eau, la lutte contre l'érosion ou le maintien de la biodiversité associés à la plantation d'arbres en bande riveraine, les systèmes riverains agroforestiers contribuent également à la fixation des molécules de CO₂ dans les tissus végétaux. En effet, la contribution des forêts au captage du carbone est largement reconnue par la littérature scientifique, ce qui justifie le choix de cette pratique dans cette étude.

Au Québec, la Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables (PPRLPI) définit la rive comme étant « une bande de terre qui borde les lacs et cours d'eau et qui s'étend vers l'intérieur des terres à partir de la ligne des hautes eaux ». La largeur de la rive à protéger se mesure horizontalement et elle correspond généralement à :

- un minimum de 10 mètres :
 - ⇒ lorsque la pente est inférieure à 30 %, ou ;
 - ⇒ lorsque la pente est supérieure à 30 % et présente un talus de moins de 5 mètres de hauteur.
- un minimum de 15 mètres :
 - ⇒ lorsque la pente est continue et supérieure à 30 %, ou ;

⇒ lorsque la pente est supérieure à 30 % et présente un talus de plus de 5 mètres de hauteur.

En zone agricole, les limites de la bande riveraine sont définies par règlement municipal et, à défaut, la rive correspond à une bande de végétation de trois mètres au minimum dont la largeur est mesurée à partir de la ligne des hautes eaux. De plus, en vertu du Règlement sur les exploitations agricoles (REA), certaines restrictions s'appliquent en matière de pratiques agricoles permises à l'intérieur de la bande riveraine, notamment l'épandage de matières fertilisantes, qui y est interdit. En termes de comptabilisation des gains et des pertes liés à la plantation d'arbres dans la bande riveraine, il est donc considéré que cette bande de protection d'une largeur de 3 mètres est présentement respectée et que les producteurs n'en obtiennent aucun revenu.

Par ailleurs, la plantation d'arbres dans la zone riveraine est ici destinée à favoriser le captage du carbone. Elle doit donc correspondre à la définition de l'article 3.3 du protocole de Kyoto. Selon cet article, on entend par forêt (unité minimale pour le captage du carbone) une terre d'une superficie minimale comprise entre 0,05 ha et 1,0 ha portant des arbres dont le houppier couvre plus de 10 % à 30 % de la surface (ou ayant une densité de peuplement équivalente) et qui peuvent atteindre à maturité une hauteur minimale de 2 m à 5 m. Selon les experts du MRNF consultés, la largeur recommandée d'une bande riveraine arborée à des fins de captage de CO₂ serait, au minimum, de 20 mètres.

Dans la pratique, la largeur du système riverain dépendra grandement des caractéristiques du milieu (pente, type de sol, pratiques culturales, etc.). Cependant, afin d'évaluer la faisabilité économique de l'implantation au sein de l'exploitation agricole d'un système riverain agroforestier, une largeur moyenne (ou largeur type) du système riverain est définie.

Ainsi, si on tient compte des dispositions de la PPRLPI antérieurement citée et considérant l'escarpement des rives du bassin versant de la rivière L'Ornière dans sa partie aval (> 30%), le système riverain proposé devrait avoir une largeur de 15 mètres au minimum. Or, il faut également tenir compte de la contribution de la bande riveraine au captage du carbone. Le système riverain type aura donc une largeur de 20 mètres.

La durée de vie de la plantation correspond à la durée de la rotation de l'espèce à croissance plus lente. Dans notre cas, nous proposons un système riverain composé de peupliers hybrides (*Populus*) et de frênes de Pennsylvanie (*Fraxinus pennsylvanica*). La durée de vie de la plantation sera déterminée par la longueur de la rotation de cette dernière essence, c'est-à-dire 25 ans au minimum. Cela assure, par ailleurs,

l'obtention des crédits de carbone à long terme⁴ dont les prix sont supérieurs à celui des crédits à court terme⁵. À cet égard, le Tableau 2 montre la valeur relative des crédits de carbone non-permanents (comme ceux associés aux projets de foresterie) selon la durée de vie du projet.

TABLEAU 2 : VALEUR RELATIVE DES CRÉDITS DE CARBONE NON-PERMANENTS PAR RAPPORT AUX CRÉDITS PERMANENTS

Taux d'escompte	Valeur relative des crédits de réduction carbone en fonction de la date d'expiration (%)				
	5 années	10 années	15 années	20 années	25 années
3	14	26	36	45	52
5	22	39	52	62	70
7	29	49	64	74	82
9	35	58	73	82	88

Source : Olschewski et Benitez, 2005

Ainsi, la valeur des crédits à court terme (5 ans) serait de 14 % de la valeur des crédits permanents si l'on considère un taux d'escompte de 3 % et jusqu'à environ un tiers (35 %) de la valeur des crédits permanents lorsque le taux d'escompte est de 9 %. Tandis que sur 25 ans, la valeur des crédits non-permanents varie de 52 % à 88 % de la valeur des crédits de réduction permanents, selon le taux d'escompte considéré.

2.1.2. Plantation des haies brise-vent pour le captage de carbone dans une ferme céréalière située à l'aval du bassin versant

À l'aval du bassin versant, dans les basses terres, l'exploitation-type est spécialisée dans les grandes cultures (maïs-grain et soya), selon la caractérisation proposée par la Financière agricole du Québec pour le calcul de l'Assurance stabilisation du revenu agricole (ASRA). Plus précisément, la ferme-type possède 202,6 ha de maïs-grain et 83,3 ha de soya.

⁴ Les crédits de réduction de GES obtenus à travers les projets forestiers ou agroforestiers sont considérés comme des crédits non-permanents, car le captage peut être réversible.

⁵ Selon Olschewski et Benitez (2005) le rapport entre les prix des crédits temporaires et des crédits permanents est calculé comme suit :

$$P_{\text{crédits temporaires}} = P_{\text{crédits permanents}} (1 - 1/(1+\text{taux d'escompte})^{\text{Temps}})$$

Les rendements utilisés par la Financière agricole pour le calcul des compensations sont les suivants :

- Maïs-grain : 7,2 t.m./ha
- Soya: 3,0 t.m./ha

Afin d'évaluer la faisabilité économique de la plantation de haies brise-vent dans l'exploitation, le système de haies brise-vent type doit être défini en fonction de plusieurs aspects. Premièrement, pour qu'une haie brise-vent puisse être considérée comme un « puits de carbone », elle doit correspondre à la définition de forêt établie par le protocole de Kyoto, tel que dit précédemment. Par ailleurs, même si les haies brise-vent à rang simple peuvent être efficaces, celles à multiples rangées assurent un meilleur habitat pour la faune sauvage et une quantité importante de neige peut être emprisonnée à l'intérieur, causant moins de retard au printemps pour les opérations au champ.

Ensuite, pour une protection efficace des champs (lutte contre l'érosion éolienne, dépôt de neige uniforme, meilleure efficacité d'utilisation de l'eau, et réduction des dommages aux cultures), le système brise-vent devra être composé par une série de haies séparées par une distance d'environ 15 fois la hauteur attendue des arbres. Si on considère une hauteur moyenne attendue de 20 mètres (comme c'est le cas de certaines espèces arboricoles qui pourraient convenir dans le cas du bassin versant de la rivière L'Ormière, dont le peuplier hybride ou le frêne rouge), la distance entre les haies serait donc de 300 mètres. Or, les données sur le découpage de parcelles existantes sur le bassin versant de la rivière L'Ormière ont conduit à la détermination d'une distance de 150 m entre les haies. La densité de la haie est estimée à 1 200 tiges/ha.

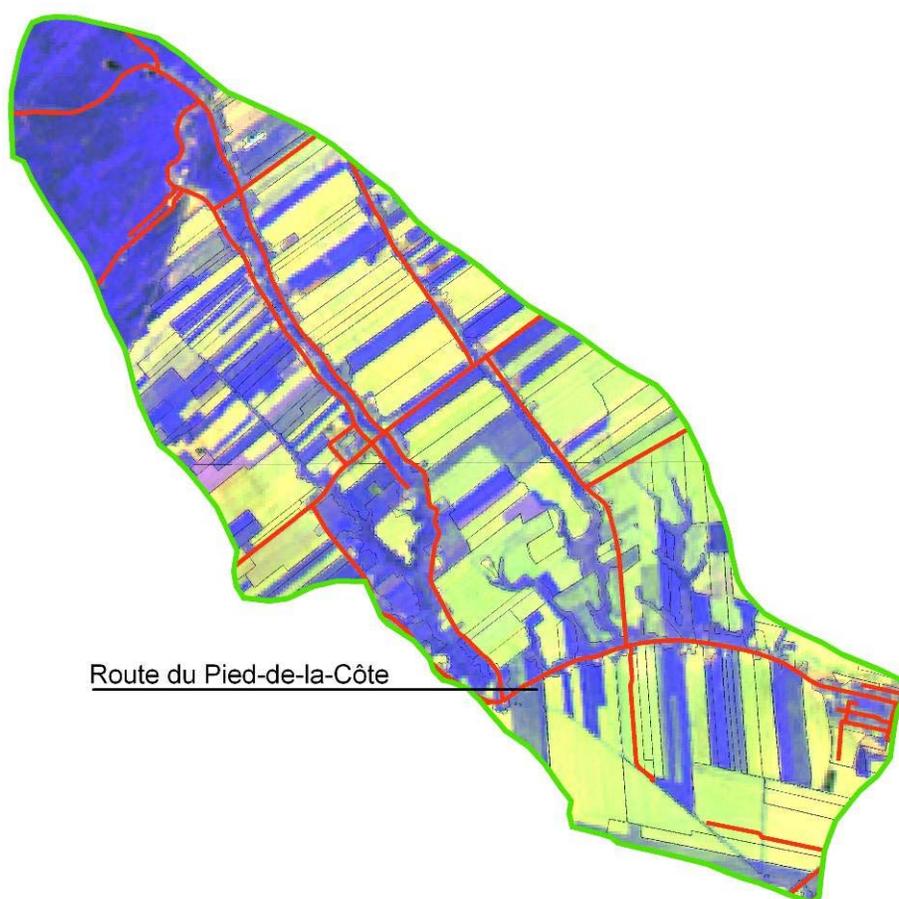
Enfin, le choix des lieux de plantation des haies brise-vent devra tenir compte, entre autres, de la direction des vents dominants et des caractéristiques des terres agricoles à l'aval du bassin versant, notamment de l'existence d'un système de drainage.

Ainsi, aux fins de calculs économiques, le choix technique retenu est un système de haies brise-vent composé de trois haies d'une largeur de 9 mètres chacune avec trois rangées d'arbres, et séparées l'une de l'autre d'une distance de 150 mètres. Étant donné qu'une forêt, en termes du protocole de Kyoto, doit couvrir au minimum une superficie 0,05 hectare, chaque haie devra avoir une longueur d'au minimum 55,5 mètres. Finalement, considérant que l'exploitation-type consacre 70 % des terres à la culture du maïs-grain et 30 % au soya, l'installation d'un total de 10 systèmes brise-vent est proposé, dont sept dans les parcelles consacrées au maïs-grain et les trois autres dans les parcelles destinées à la culture du soya.

3. Le potentiel technique et environnemental des pratiques agroforestières dans le bassin versant de la rivière L'Ornière

Une analyse spatiale a été réalisée dans le but d'identifier le potentiel agroforestier du bassin versant de la rivière L'Ornière. L'analyse a consisté en l'évaluation de la superficie de plantation générée par l'implantation des deux pratiques agroenvironnementales identifiées, soit les haies brise-vent et les systèmes riverains agroforestiers. La figure 1 présente l'ensemble du bassin versant de la rivière L'Ornière. Le bassin couvre une superficie de 30 km² et son territoire agricole se divise en deux secteurs, séparés par le rang Pied-de-la-Côte.

FIGURE 1 : BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE L'ORMIÈRE, IMAGE LANDSAT 7TM (COMPOSÉ 7-3-4)



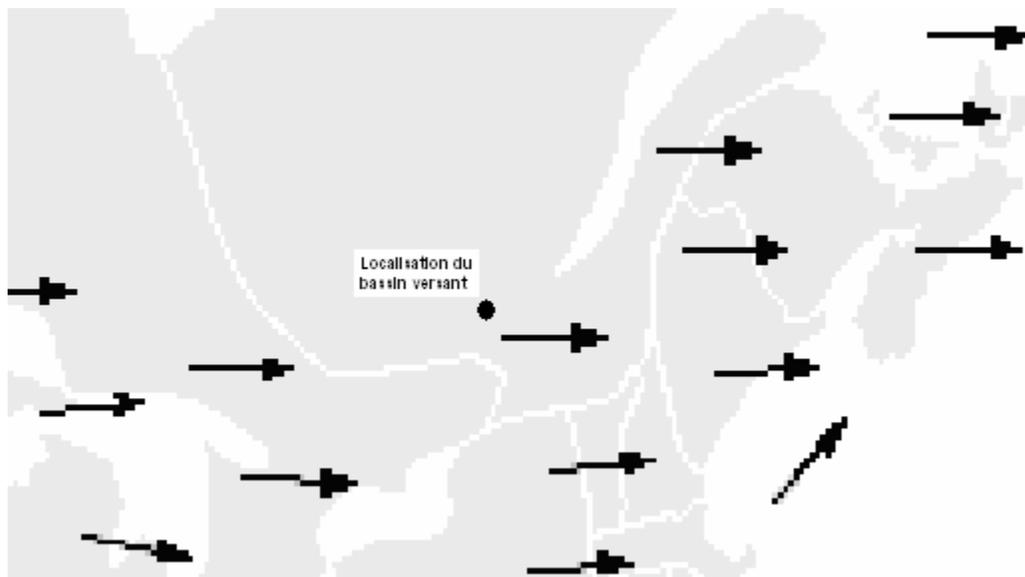
Source : Base de données des cultures généralisées (BDCG), Financière agricole, 2006

3.1. Méthodologie utilisée pour l'analyse spatiale

Afin de pouvoir déterminer le potentiel d'introduction des pratiques agroforestières ciblées selon les modèles de plantation identifiés, il a été nécessaire de définir les objets géographiques existants qui allaient déterminer les lieux d'implantation des pratiques agroforestières ciblées.

- Pour ce qui est des systèmes riverains, ce sont les cours d'eau naturels et verbalisés qui ont servi de base d'implantation.
- Dans le cas des haies brise-vent, la source d'information a été le parcellaire agricole fourni par la Financière Agricole du Québec, spécialement celui où on y cultive du maïs et du soya. Aux fins de l'étude, la direction générale des vents dominants a été considérée afin de sélectionner l'orientation des haies les plus perpendiculaires aux vents. Une situation réelle d'implantation pourrait nécessiter une étude plus précise pour déterminer l'orientation des vents à une échelle locale.

FIGURE 2 : CARTE DES VENTS DOMINANTS



Source : Environnement Canada

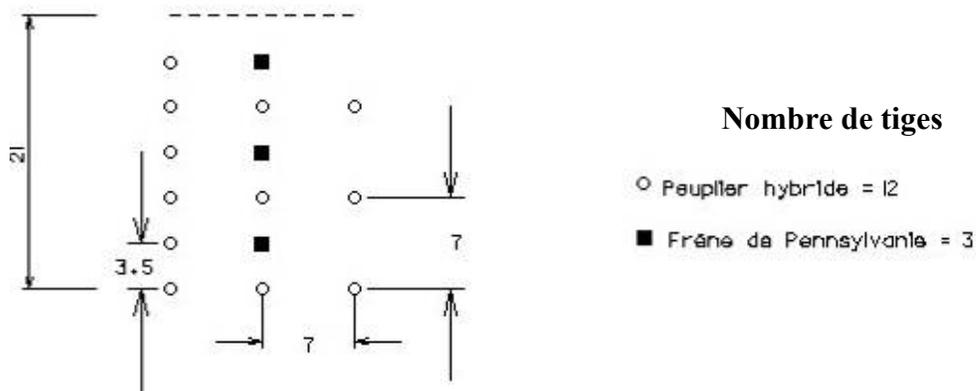
Une fois les objets d'implantation identifiés, les contraintes de plantation ont été inventoriées. Ces objets ont été déduits des superficies engendrées par les haies brise-vent et les systèmes riverains. La figure 3 montre les différentes contraintes telles que les boisés et les plantations existants, mais aussi les bâtiments et les routes.

FIGURE 3 : CONTRAINTES DE PLANTATION



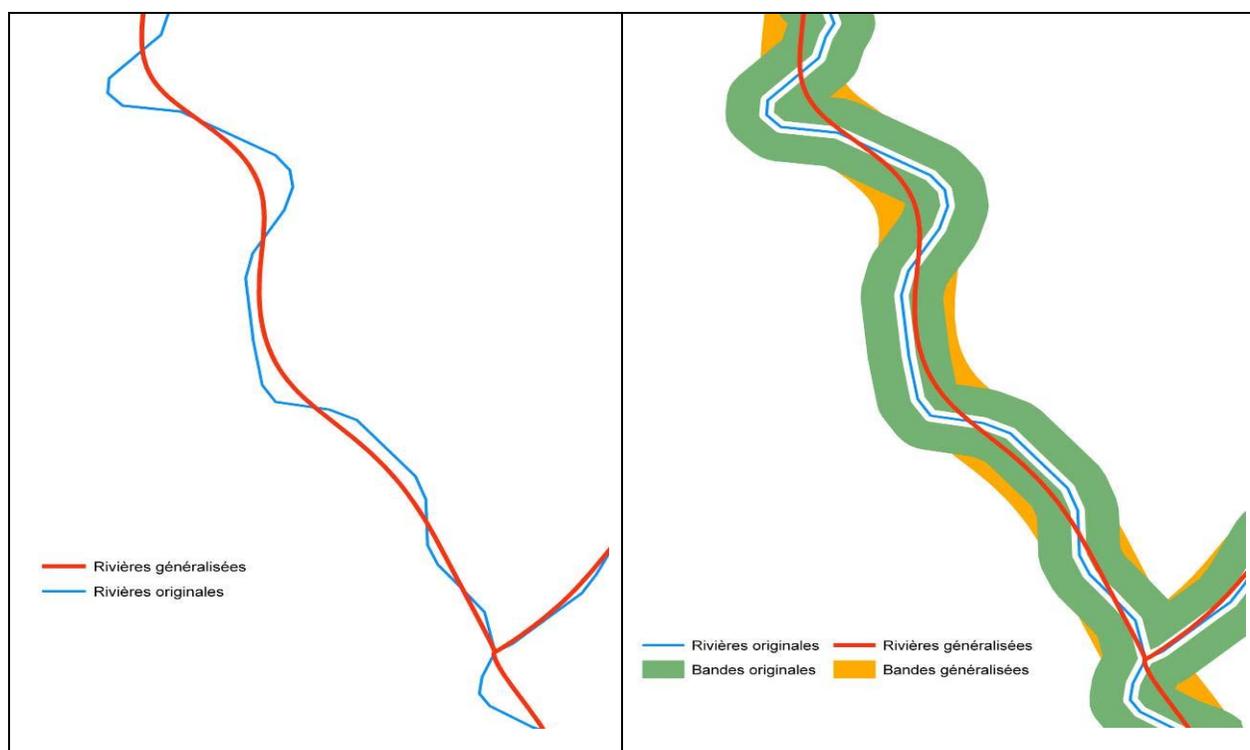
Source : Charland, P., 2007 pour Econova

La structure des plantations suit un modèle établi lors de travaux expérimentaux effectués sur la ferme forestière le Portageur enr. (2003), aussi située dans le bassin versant de la rivière L'Ornière, et tel que retenu pour la réalisation de l'analyse économique. Ainsi, deux essences ont été proposées pour la plantation des systèmes riverains et des haies brise-vent, soit le peuplier hybride et le frêne de Pennsylvanie. Les bandes qui composent le système riverain sont disposées de chaque côté du cours d'eau. Chaque bande est composée de trois rangées d'arbres avec une première rangée de peupliers pour en faciliter la récolte. De même, les haies brise-vents sont composées de trois rangées d'arbres, selon les modèles de plantations proposés.



Pour la création des superficies potentielles de plantation selon les différents types de pratiques agroforestières, des zones tampons ont été créées autour des objets linéaires représentant les haies et les cours d'eau. Cependant, la seule application d'une zone tampon autour des cours d'eau, si elle est réalisée sans prendre en compte de la sinuosité, peut donner une forme non optimale aux plantations sur le terrain. Les cours d'eau ont donc été généralisés de manière à rendre plus lisse la forme des systèmes riverains. Par ailleurs, comme illustrés à la figure 4, les deux différents jeux de bandes ont été fusionnés pour le calcul des superficies potentielles. Les bandes originales représentent 135 ha tandis que les bandes fusionnées totalisent une superficie de 144 ha, soit 6% de plus.

FIGURE 4 : GÉNÉRALISATION DES COURS D'EAU POUR LA CRÉATION DES SYSTÈMES RIVERAINS



Source : Charland, P., 2007 pour Econova

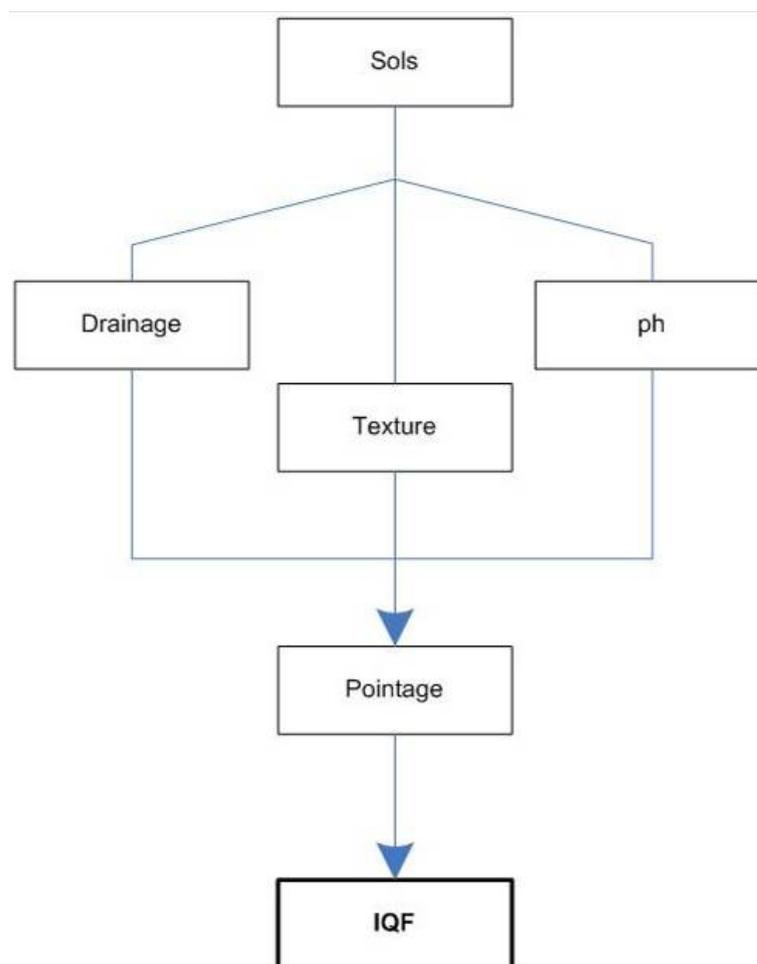
Par ailleurs, le potentiel des sols à accueillir les espèces préconisées a été évalué, plus précisément, l'indice de qualité de friche (IQF) pour le peuplier hybride (PEH) et le frêne de Pennsylvanie (FPen). La figure 5 montre le processus de calcul de l'IQF. Trois paramètres servent à établir l'indice de qualité de friche, soit le pH, la texture et la qualité de drainage des sols. Chacun des critères se voit attribuer une cote en fonction de la propension des espèces à se développer sur un sol ayant ces caractéristiques (tableaux 4, 5 et 6).

L'équation de l'IQF est la suivante :

$$\text{IQF_espèce} = (\text{Cote_pH_espèce} + \text{Cote_texture_espèce} + \text{Cote_drainage_espèce}) / 3$$

Enfin, par une analyse matricielle de superposition de couches, les trois paramètres ont été combinés pour le peuplier hybride et pour le frêne de Pennsylvanie. La figure 6 illustre l'indice de qualité de friche (IQF) calculé pour les espèces ciblées, soit le peuplier hybride et le frêne de Pennsylvanie. Les résultats obtenus montrent que la valeur de l'indice de qualité de friche pour le peuplier hybride est plutôt faible pour la pratique des haies brise-vent tandis que pour les systèmes riverains, l'indice est plutôt moyen. La valeur de l'indice de qualité de friche pour le frêne de Pennsylvanie est plutôt élevée pour la pratique des haies brise-vent, de même que pour les systèmes riverains.

Figure 5 : Diagramme de création de l'IQF



Source : Charland, P, 2007 pour Econova

TABLEAU 3 : CLASSES DE pH EN FONCTION DE LA PÉDOLOGIE DE L'IRDA

Espèce	Indicatif	Classe de pH					
		pH ≤ 4,8	4,8 > pH ≤ 5,5	5,5 > pH ≤ 6,0	6,0 > pH ≤ 6,8	6,8 > pH ≤ 7,5	pH > 7,5
Peuplier hybride	PEH	0,2	0,7	1	0,9	0,7	0,5
Frêne de Pennsylvanie	FPen	0	0,5	0,7	1	0,9	0,8
Classes données		Acide				Neutre	Alcalin
Peuplier hybride	PEH	0,88				0,7	0,5
Frêne de Pennsylvanie	FPen	0,76				0,9	0,8

Source : IRDA, d'après Rivest (2003)

TABLEAU 4 : CLASSES DE TEXTURE EN FONCTION DE LA PÉDOLOGIE DE L'IRDA

Espèce	Indicatif	Classe de texture				
		Sable fin à sable très fin	Sable loameux à loam sableux	Loam à loam sablo-argileux	Loam argileux à argile sableuse	Argile limoneuse à argile lourde
Peuplier hybride	PEH	0,3	1	1	0,5	0,2
Frêne de Pennsylvanie	FPen	0,2	0,7	1	1	0,7
Classes données		Sableuse	Loameuse grossière, squelettique-loameuse	Loameuse	Loameuse fine	Argileuse fine, Argileuse très-fine
Peuplier hybride	PEH	0,3	1	1	0,5	0,2
Frêne de Pennsylvanie	FPen	0,2	0,7	1	1	0,7

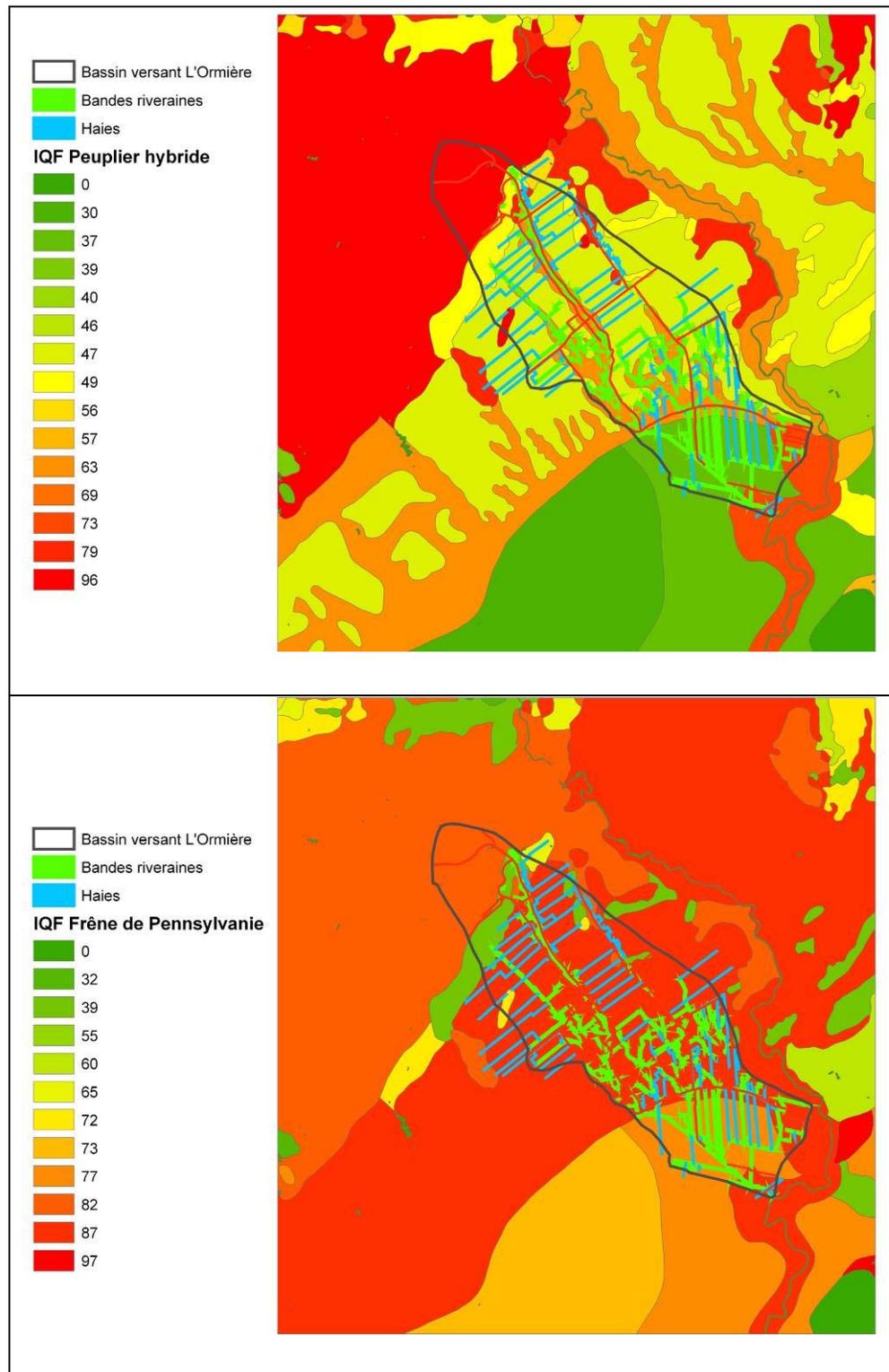
Source : IRDA, d'après Rivest (2003)

TABEAU 5 : CLASSES DE TEXTURE EN FONCTION DE LA PÉDOLOGIE DE L'IRDA

Espèce	Indicatif	Classe de drainage				
		Rapide (I)	Bon (II)	Modéré (III)	Imparfait (IV)	Mauvais (V)
Peuplier hybride	PEH	0,3	1	1	0,5	0,2
Frêne de Pennsylvanie	FPen	0,2	0,7	1	1	0,7
Classes données		Très rapidement drainé, Rapidement drainé	Bien drainé	Modérément bien drainé	Imparfaitement drainé	Très mal drainé, Mal drainé
Peuplier hybride	PEH	0,3	1	1	0,5	0,2
Frêne de Pennsylvanie	FPen	0,2	0,7	1	1	0,7

Source : IRDA, d'après Rivest (2003)

FIGURE 6: CARTE DE L'IQF POUR LE PEUPLIER HYBRIDE ET POUR LE FRÊNE DE PENNSYLVANIE

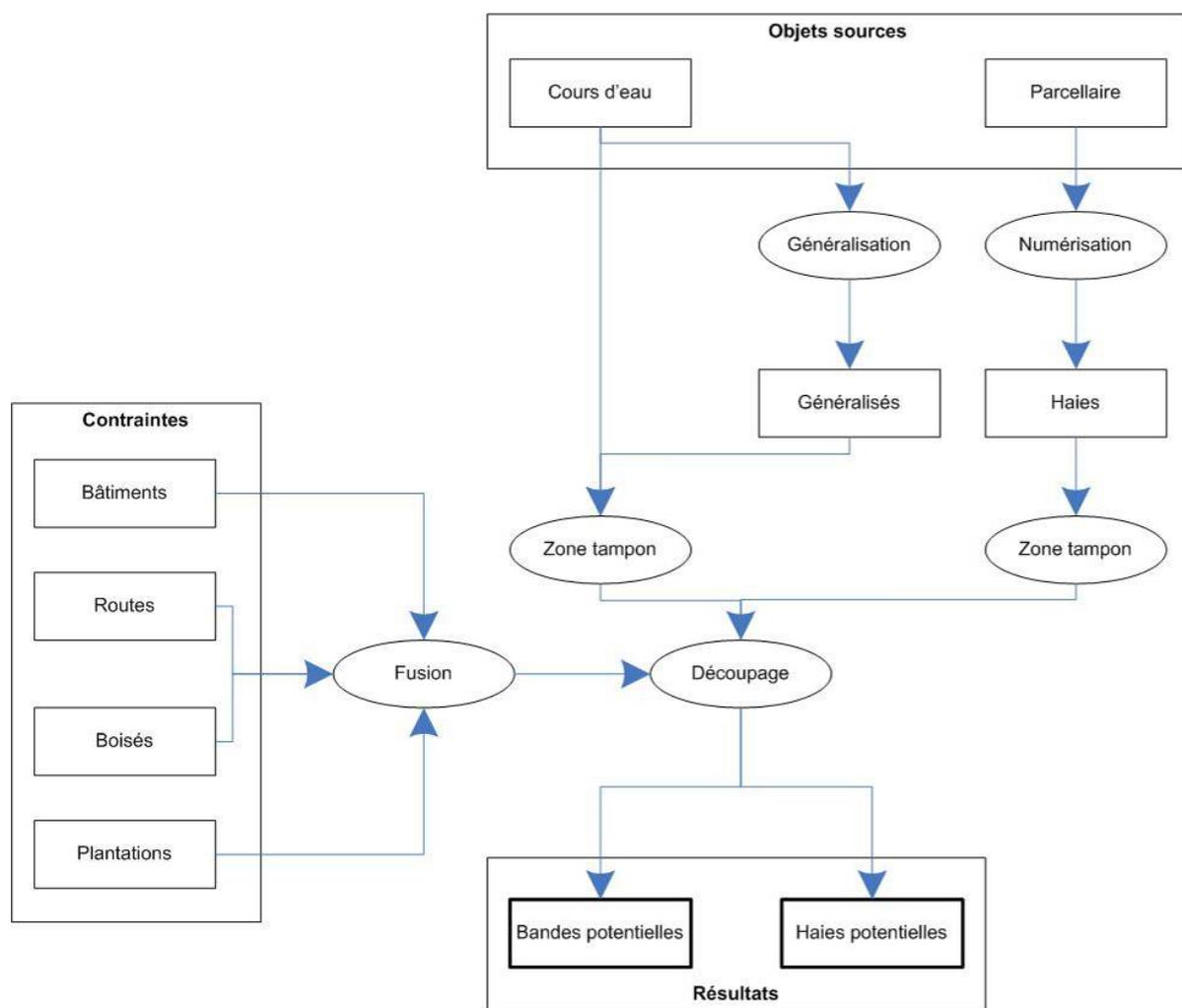


Source : Charland, P., pour Econova

3.2. Superficie potentielle de plantation de systèmes riverains et de haies brise-vent dans le bassin versant de la rivière L'Ormière

La figure 7 résume les opérations spatiales qui ont été nécessaires afin de déterminer la superficie potentielle des haies brise-vent et des systèmes riverains. Les pratiques agroforestières ont été créées à partir des objets sources. Par la suite, les contraintes ont été soustraites aux superficies de plantation afin de déterminer les superficies qui représentent un réel potentiel.

FIGURE 7: DIAGRAMME DE CALCUL DES POTENTIELS DE PLANTATION DE SYSTÈMES RIVERAINS ET DE HAIES BRISE-VENT

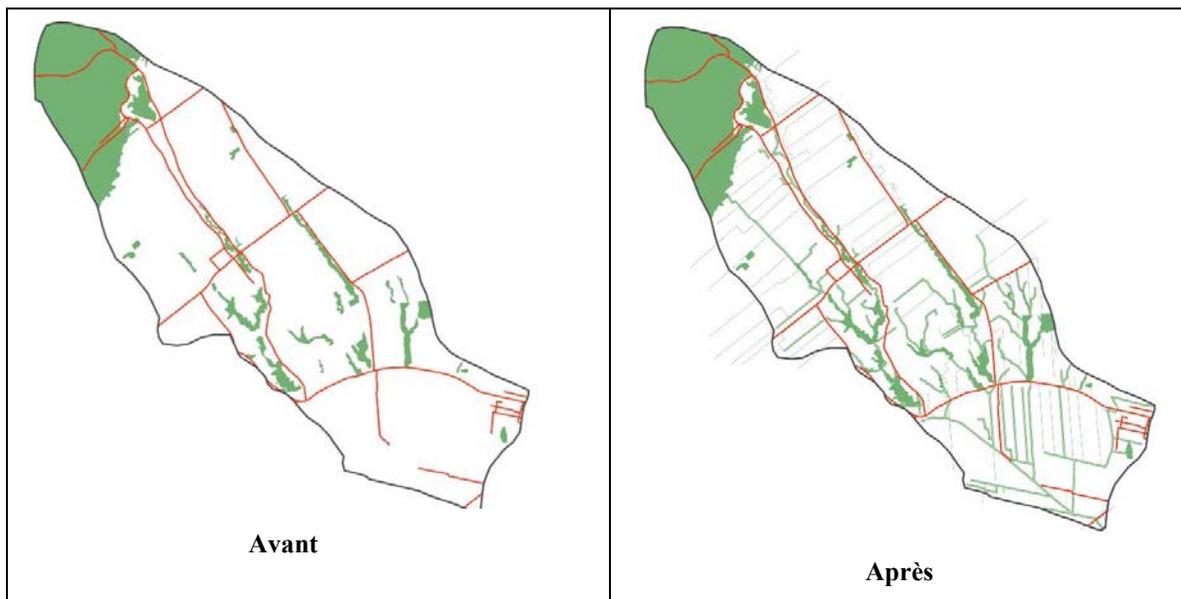


Source : Charland, P., 2007, pour Econova

À la suite de ces calculs, le potentiel de plantation pour les systèmes riverains est établi à 144 hectares, tandis que pour les haies, le potentiel est de 47,5 hectares. Le potentiel total de nouvelles plantations s'élève donc à 191,5 hectares. La végétation naturelle à l'intérieur du bassin versant représente une superficie de 479 hectares, auxquels s'ajoutent 79 hectares de plantations effectuées par la Louisiana Pacific Ltd., pour un total de 558 hectares. Conséquemment, les deux pratiques agroforestières combinées viennent augmenter de 34 % la superficie boisée dans le bassin versant de la rivière L'Ornière. Les sols offrent un indice de qualité de friche (IQF) de moyen à élevé pour le peuplier hybride et le frêne de Pennsylvanie, ce qui est satisfaisant du point de vue de l'implantation de ces essences.

Dans une perspective d'amélioration du calcul de potentiel des deux systèmes étudiés, il aurait été préférable d'utiliser l'imagerie aéroportée, telle que l'ortho-image tirée des photographies aériennes 1 : 40 000. Une telle technique aurait permis de préciser la localisation et l'étendue des plantations, par exemple, pour les parcelles situées en bordure de cours d'eau sinueux. L'usage d'un modèle numérique de terrain raffiné et à grande échelle aurait été aussi de mise afin de détecter les endroits comportant des risques d'érosion significatifs. La portée de la présente étude ne permettait pas d'acquérir les documents nécessaires à une analyse plus détaillée.

Figure 8: État de la végétation avant et après l'étude du potentiel



Source : Charland, P. pour Econova

4. L'évaluation économique de l'introduction de pratiques agroforestières pour le captage de carbone

Dans la présente section, les impacts sur les coûts privés de l'introduction dans l'exploitation agricole de pratiques agroforestières contribuant au captage du carbone sont évalués. Pour ce faire, la méthode du budget partiel est appliquée; cette méthode est utilisée par l'OCDE (2004) dans certaines de ses études, notamment sur le secteur laitier. La méthode consiste à évaluer les coûts en plus ou en moins, induits par l'introduction de nouvelles pratiques (changement de pratiques) au sein d'une exploitation agricole.

Seuls les éléments pris en compte dans la méthode du budget partiel sont utilisés dans l'analyse :

1. Les nouveaux coûts supportés (quantités et prix/unité) :

- Coûts de main-d'œuvre;
- Nouveaux équipements ou intrants.

2. Les coûts qui sont éliminés (quantités et prix/unité) :

- Semences, fertilisants, pesticides;
- Essence et énergie;
- Transport et assurance;
- Coûts de main-d'œuvre;
- Intrants alimentaires.

3. Les revenus perdus (quantités et prix/unité) :

- Rendements perdus;
- Terres en culture perdues;
- Paiements des programmes perdus.

4. Les revenus obtenus (quantités et prix/unité) :

- Rendements supplémentaires;
- Augmentation des superficies en culture;
- Volumes de nouveaux produits;
- Nouveaux paiements de programmes.

4.1. La plantation de systèmes riverains

Le premier système agroforestier dont les impacts économiques sont évalués est le système riverain agroforestier. Les scénarios de plantation sont décrits en détail à la section 2.1 Dans la partie amont du bassin versant, l'entreprise-type est une ferme laitière de 61 vaches avec une superficie de 114 ha, dont 30 % de la surface est consacrée aux grandes cultures et 70 % aux fourrages. Le système riverain agroforestier est composé de peupliers hybrides (*Populus*) et de frênes de Pennsylvanie (*Fraxinus pennsylvanica*). La largeur du système est de 20 mètres et sa durée de vie (25 ans) correspond à la rotation de l'espèce à croissance plus lente, soit le frêne de Pennsylvanie. La densité de la plantation est de 816 tiges, dont 2/3 de peupliers hybrides et 1/3 de frênes de Pennsylvanie.

4.1.1. Les pertes de revenus liés à la diminution de la superficie mise en culture

Le calcul des pertes provenant de la diminution de la superficie en culture a été basé sur une étude réalisée en 2004 par ÉcoRessources Consultants sur le seuil de référence pour la mise en œuvre d'un programme incitatif à la préservation et à l'implantation de bandes riveraines en milieu agricole (Nolet, 2004). Cette étude avait permis de déterminer que l'obligation de maintenir 1 m de bandes non cultivées le long des cours d'eau représente une perte de surface moyenne de 0,20 % par exploitation.

Or, la bande riveraine proposée dans la présente étude, indépendamment du type de système riverain agroforestier choisi, aura une largeur de 20 mètres. Considérant que le producteur devait déjà respecter une bande non cultivée le long des cours d'eau de 3 mètres, la perte de superficie en culture correspond donc à l'établissement d'un système de 17 mètres de largeur. Une perte de superficie en culture de 3,4 % est donc attendue, soit 2,4 ha en moins de superficie en fourrages et 1,3 ha en moins de maïs-grain.

En ce qui concerne les fourrages, il faut prendre en considération le fait qu'une partie de la production sera destinée à l'alimentation animale. Cependant, la qualité et la réputation du foin produit dans le bassin versant de la rivière L'Ormière font de lui un produit convoité par les éleveurs de chevaux. Ce constat conduit, après validation auprès des intervenants du milieu, à poser l'hypothèse que le producteur consacre 20 % des terres destinées aux fourrages à la production du foin pour le commerce qui sera exporté vers le marché des États-Unis. Les 80 % restants seront destinés à la production des fourrages pour l'alimentation du troupeau, notamment du maïs fourrager.

Afin de calculer les pertes de revenu liées à la diminution de la superficie en culture, l'hypothèse est posée que les revenus de la vente des cultures permettent tout juste de couvrir leur coût de production. Il est à souligner que le calcul du coût de production inclut la rémunération du capital et de la main-d'oeuvre. Le prix du foin pour l'exportation estimé à environ 150 \$/t selon les producteurs interviewés. Dans le cas du

maïs-grain, les données de Beauregard et Brunelle (2007) concernant le coût de production du maïs-grain en 2006 ont été utilisées. Par ailleurs, les données sur les coûts de production du foin pour le commerce et du maïs fourrager proviennent également des travaux réalisés par Beauregard et Brunelle (2007).

Les calculs tiennent compte, d'une part, des économies en matière de coûts d'opération (main-d'oeuvre, machinerie et intrants) pour les superficies concernées. D'autre part, la perte de revenus bruts associée à l'utilisation actuelle d'une partie des terres de l'exploitation en systèmes riverains a été évaluée. Selon la méthode du budget partiel, seulement les coûts et les gains supplémentaires associés à un changement de pratique seront considérés.

Ainsi, l'établissement du système riverain provoque une perte de 1,3 ha de maïs-grain et de 2,4 ha de fourrages, dont environ 1,9 ha de terres consacrées aux fourrages pour l'alimentation du troupeau et 0,5 ha de foin pour le commerce en moins.

Le taux d'actualisation utilisé tout au long de l'étude correspond au taux des obligations canadiennes à long terme, qui de 1991 à 2005 a été de 8,48 %, selon les données de la Banque du Canada⁶.

Le Tableau 6 présente la synthèse des coûts et des revenus en plus ou en moins résultant de la perte de superficie en culture qui découle de l'établissement de systèmes riverains. Les résultats montrent que la perte de surface en culture due à l'établissement de systèmes riverains de 20 m provoque une réduction du revenu net de l'exploitation d'environ 3 900 \$ par année pour une ferme laitière-type située à l'amont du bassin versant de la rivière L'Ornière. En supposant un taux d'inflation annuel de 2 %, cela équivaut à des pertes actualisées nettes de 48 000 \$ sur un horizon de 25 ans, qui correspond à la vie moyenne du système riverain.

⁶ Voir Émissions de référence d'obligations du gouvernement du Canada : http://www.bankofcanada.ca/stat/bench_CDN_f.pdf

TABLEAU 6 : CALCUL DÉTAILLÉ DE LA PERTE DE REVENU ASSOCIÉE À LA DIMINUTION DE LA SUPERFICIE EN CULTURE DUE À LA L'ÉTABLISSEMENT D'UN SYSTÈME RIVERAIN D'UNE LARGEUR DE 20 MÈTRES À L'AVAL DU BASSIN VERSANT

	Sans système riverain				Avec une système riverain de 20 mètres*			
	Maïs-grain	Foin pour le commerce	Foin alimentation troupeau	Ferme	Maïs-grain	Foin pour le commerce	Foin alimentation troupeau	Ferme
Superficie (ha)	37,8	14,04	56,16	108	36,50	13,56	54,24	104,30
Frais variables (\$)	36 585	6 792	35 762	79 139	35 327	6 560	34 539	76 426
Frais fixes (\$)	32 309	1 349	5 224		32 309	1 349	5 224	
Frais totaux (\$)	68 894	8 141	40 986	118 021	67 636	7 909	39 763	115 308
Prix de vente/ha (\$/ha)	1 428	1 050	2 000		1 428	1 050	2 000	
Prix stabilisé par hectare (\$/ha)	1 740	1 050			1 740	1 050		
Ventes totales (\$)	65 757	14 742	112 320	192 819	63 496	14 238	108 480	186 214
Revenu net (\$)	74 798				70 906			
Perte de revenus annuelle (\$)	3 892							
Valeur actualisée des pertes de revenus (horizon 25 ans) (\$)	47 958 \$							

Source : ÉcoRessources Consultants

* Note : représente une perte réelle de terre cultivée de 17 m

4.1.2. Les coûts reliés à la plantation et à l'entretien de systèmes

L'établissement des systèmes riverains nécessite un investissement initial et engendre des nouveaux coûts opérationnels qui sont évalués dans la présente section. Pour évaluer ces coûts, il est considéré que le producteur fait réaliser les nouvelles tâches « à forfait ».

Le détail technique des travaux nécessaires à la mise en place et au maintien du système riverain agroforestier n'est pas exposé car c'est l'estimation des coûts qui en découlent qui est recherché. L'étude technico-économique de la firme Le Portageur enr (2003) dans le bassin versant de la rivière L'Ormière a fourni les données de base pour le calcul. La valeur actuelle (VAN) des dépenses encourues repose sur une durée de vie moyenne des plantations de 25 ans. Les résultats obtenus sont présentés au Tableau 7.

TABLEAU 7 : COÛTS DE PLANTATION ET D'ENTRETIEN D'UN SYSTÈME RIVERAIN DE 20 M DE LARGE

	Valeur présente – VAN des coûts sur un horizon de 25 ans (\$/ha)	Valeur présente des coûts sur un horizon de 25 ans (pour 3,7 ha) (\$)
Coûts de plantation et d'entretien	11 406\$	42 203 \$

Source : Compilation ÉcoRessources Consultants à partir des données de Le Portageur enr. (2003)

Un coût de 2 \$ à 3 \$/plant a été utilisé, selon les références du MRNF consultées, ainsi qu'une densité moyenne de 816 tiges/ha. La valeur actuelle par hectare s'élève à environ 11 400 \$/ha, ce qui représente, pour une superficie de 3,7 ha, un coût actualisé de près de 42 000 \$ pour la ferme laitière située à l'amont du bassin versant.

4.1.3. Les revenus provenant de la vente du bois

Selon l'étude du Portageur enr (2003), les essences feuillues n'engendrent pas de revenus à court terme, car on doit respecter une période d'attente qui peut aller de 50 à 75 ans pour avoir une récolte de bois de qualité. En ce qui concerne le frêne de Pennsylvanie la récolte peut se faire à partir de la 25^{ème} année. L'introduction des peupliers hybrides dans la bande riveraine permet alors d'en obtenir des revenus à moyen terme, c'est-à-dire après 15 ans de vie de l'exploitation. Selon Nolet (2004), les terres agricoles représentent un milieu idéal pour la plantation des peupliers hybrides à croissance rapide, qui peuvent atteindre un diamètre de plus de 30 cm en moins de 15 ans.

Aux fins de calcul, tous les revenus du système riverain et les frais de la récolte du bois sont attribués à la 25^{ème} année d'opération. Le Tableau 8 présente les données utilisées pour les calculs des coûts de récolte et les revenus de la vente, ainsi que les résultats obtenus. Les données de Ménétrier (2006) et de Kennedy (2007)⁷ ont servi pour estimer le rendement marchand moyen des peupliers hybrides et des frênes de Pennsylvanie sur une durée de vie de 25 ans. Les coûts associés aux activités de récolte sont ceux proposés par Nolet (2004) et validés par la firme d'ingénieurs forestiers DelDegan Massé Associés. Le prix du bois est estimé à partir des informations du Syndicat des producteurs de bois de l'Estrie.

TABLEAU 8 : REVENU PROVENANT DE LA VENTE DU BOIS POUR LE SYSTÈME RIVERAIN

		Année 0 à année 24	Année 25	Total actualisé
Coût récolte (25 \$/m ³ récolte pour 3,7 ha de système riverain) (\$)	PEH	0	21 090	
	Fpen	0	6 937	
TOTAL COÛT Récolte (\$)		0	28 028	3 663
Vente (34 \$/m ³ récolté pour le PEH et 67,54 \$/ m ³ pour Fpen pour 3,7 ha de système riverain) (\$)	PEH	0	28 488	
	Fpen	0	18 742	
TOTAL VENTE (\$)		0	47 231	6 173
Revenu net de la vente du bois (\$)		0	19 203	
Revenu net actualisé de la vente du bois (\$)		2 510		

Source : ÉcoRessources Consultants

À la suite de ces calculs, des revenus nets de 19 000 \$ sont obtenus dans 25 ans, ce qui représente un revenu net actualisé d'environ 2 500 \$ provenant de la vente du bois.

4.1.4. Les aides provenant des programmes publics

Les programmes tels que Prime-Vert ou le Programme de couverture végétale du Canada (PCVC) compensent les agriculteurs pour la plantation d'arbres ou d'arbustes dans la bande riveraine, mais les conditions actuelles ne sont pas remplies pour l'attribution de ces aides aux producteurs dans le contexte de notre étude. En effet, pour avoir droit aux aides l'exploitation agricole doit être inscrite dans l'un des

⁷ Le rendement marchand estimé pour le frêne de Pennsylvanie est d'environ 105 m³/ha pour une densité de 250 tiges par hectare et sur un horizon de 25 ans (Kennedy, 2007), tandis que le rendement estimé pour le peuplier hybride est de 400 m³/ha pour une plantation avec une densité de 1 111 tiges/ha sur 25 ans (Ménétrier, 2006 et communication personnelle).

bassins versants ciblés (bassins versants dégradés) ce qui n'est pas le cas pour le bassin versant de la rivière L'Ornière, qui appartient au bassin versant de la rivière Maskinongé. En conséquence, aucune compensation provenant de ces programmes n'est attendue pour les producteurs du bassin versant de la rivière L'Ornière pour l'établissement des systèmes riverains.

Toutefois, dans le cas où le producteur ferait partie d'un projet collectif avec au moins un autre producteur, les aides perçues dans le cadre du PCVC couvriraient jusqu'à 50 % des dépenses admissibles (jusqu'à concurrence de 20 000 \$/ferme) et elles pourront être complétées par une aide financière supplémentaire dans le cadre du Programme Prime-Vert, correspondant à 20 % des coûts. Dans le cas présent, le producteur aurait droit à 20 000 \$ provenant du programme PCVC, majoré de 8 440 \$ (20 % des coûts totaux), ce qui correspond à la contribution du programme Prime-Vert. Globalement, cela représente un total de 28 440 \$ provenant des aides publiques.

Le Tableau 9 présente le résumé des revenus en plus et en moins de l'établissement d'un système riverain dans la ferme laitière-type située à l'amont du bassin versant de la rivière L'Ornière. Si on tient compte des aides provenant des programmes PCVC et Prime-Vert, c'est-à-dire si le producteur s'inscrit dans une démarche collective de plantation en bande riveraine, la perte de revenus résultante sur un horizon de 25 ans est estimée à 59 200 \$. Par contre, si on ne considère pas les aides publiques, la diminution des revenus s'élève à 87 600 \$.

TABLEAU 9 : SCÉNARIO 1 : ÉTABLISSEMENT D'UN SYSTÈME RIVERAIN AGROFORESTIER DANS UNE EXPLOITATION LAITIÈRE-TYPE

	Revenus actualisés en plus (\$)	Revenus actualisés en moins (\$)
Perte de superficie cultivée		47 958
Coûts reliés à la plantation et à l'entretien du système		42 203
Revenus provenant de la vente du bois	2 510	
Aides provenant des programmes publics (si projet collectif)	28 441	
Total	30 950	90 161
Perte nette de revenu (avec les aides publiques)		59 211
Perte nette de revenu (sans aides publiques)		87 651

Source : ÉcoRessources Consultants

4.2. La plantation de haies brise-vent

Le deuxième scénario de référence, conçu pour la partie aval du bassin versant, correspond à une exploitation spécialisée dans les grandes cultures (maïs-grain et soya), selon la caractérisation proposée par la Financière agricole du Québec pour le calcul de l'Assurance stabilisation du revenu agricole (ASRA). À l'aval, dans la plaine, où la culture de maïs-grain est prédominante, la plantation de haies brise-vent est proposée. Ainsi, aux fins de calculs économiques, un système de haies brise-vent composé de trois haies d'une largeur de 9 mètres est adopté, chacune des haies comprenant trois rangées d'arbres, séparées l'une de l'autre d'une distance de 150 mètres. Étant donné qu'une forêt, selon les termes du protocole de Kyoto, doit couvrir au minimum une superficie 0,05 hectare, chaque haie devra avoir une longueur d'au minimum 55,5 mètres. Finalement, considérant que l'exploitation-type consacre 70 % des terres à la culture du maïs-grain et 30 % au soya, un total de 10 systèmes brise-vent est prévu, dont sept dans les parcelles consacrées au maïs-grain et les trois autres dans les parcelles destinées à la culture du soya.

4.2.1. *Les pertes ou les gains liés à la diminution des superficies cultivées et à l'augmentation de la productivité*

Un système de haies brise-vent aura comme résultat de diminuer la superficie consacrée aux cultures. Toutefois, la littérature montre que des augmentations dans les rendements des cultures peuvent également être attendues.

La diminution de la superficie cultivée

La plantation des systèmes brise-vent dans l'exploitation-type aura comme conséquence première une diminution de la superficie mise en culture de 1,5 hectares (55,5 mètres de longueur, fois 9 mètres de longueur, fois 3 haies brise-vent, fois 10 systèmes brise-vent par ferme). Cela correspond à 1 ha de maïs-grain en moins et une demi hectare (0,5 ha) en moins de soya.

Aux fins de calcul, les données de Beauregard et Brunelle (2007) sur les coûts de production du maïs-grain et du soya pour l'année 2006 ont été utilisées. La diminution de revenu reliée à la perte des superficies en culture a été considérée, ainsi que les coûts en moins (coûts d'opération – machinerie, main-d'œuvre et intrants) qui résultent de la diminution de la superficie cultivée.

Le Tableau 10 présente la variation de revenus qui découlent de la plantation de 10 haies brise-vent dans l'exploitation céréalrière-type. Le résultat obtenu montre une diminution du revenu d'environ 961 \$ par an

pour la ferme céréalière-type. Si on suppose un taux d'inflation annuel de 2 %, cela équivaut à des pertes actualisées nettes de 11 800 \$ sur un horizon de 25 ans.

TABLEAU 10 : VARIATION ANNUELLE DU REVENU ASSOCIÉE À LA PERTE DE SUPERFICIE EN CULTURE DUE À LA PLANTATION D'UNE HAIE BRISE-VENT

	Sans haies brise-vent			Avec haies brise-vent		
	Maïs-grain	Soya	Ferme	Maïs-grain	Soya	Superficie perdue 1,5 ha
Superficie (ha)	202,6	83,3	285,9	201,6	82,8	284,4
Frais variables (\$)	196 086	49 608	245 694	195 119	49 310	244 428
Frais fixes (\$)	70 318	12 328	82 647	70 318	12 328	82 647
Frais totaux (\$)	266 405	61 936	328 341	265 437	61 638	327 075
Prix de vente/ha (\$/ha)	1 428	870		1 428	870	
Prix stabilisé par hectare / Revenu stabilisé –dans le cas du soya (\$/ha)	1 740	974		1 740	974	
Vente totale (\$)	352 445	81 153	433 598	350 705	80 665	431 371
Revenu net (\$)	105 257			104 296		
Perte de revenu (\$)	961					
Perte de revenu actualisée (\$) (horizon 25 ans)	11 840					

Source : ÉcoRessources Consultants

La hausse de la productivité

Par ailleurs, dans les champs protégés par le système brise-vent on s'attend à une augmentation des rendements de 6 % à 8 % pour le maïs-grain et de 40 % pour le soya⁸. D'une part, il est considéré qu'une haie protège une longueur de champ équivalent à environ 15 fois sa hauteur. D'autre part, une croissance linéaire des arbres est supposée jusqu'à l'atteinte d'une hauteur d'environ 20 mètres à maturité (15 ans

⁸ Des réviseurs scientifiques ont indiqué qu'une augmentation de rendement de 40 % pour le soya apparaissait peu probable et qu'une valeur se situant entre 9 et 12 % serait plus réaliste. Néanmoins, bien qu'une valeur de rendement plus faible aurait un impact sur les résultats numériques pour les scénarios de haies brise-vent, les conclusions générales du rapport resteraient globalement inchangées.

pour les peupliers hybrides, majoritaires dans la haie brise-vent) pour ensuite conserver au minimum la même hauteur tout le long de la vie de la haie, et ce, jusqu'à 25 ans. Les gains de productivité obtenus à chaque année grâce à l'introduction de la haie brise-vent ont ensuite été calculés et actualisés. Le système brise-vent est composé par trois haies brise-vent de trois rangées chacune, et d'une longueur de 55,5 mètres. Les parcelles consacrées à la culture du maïs-grain hébergeront 7 systèmes brise-vent ainsi constitués, tandis que les parcelles destinées au soya en recevront 3. Lorsque les haies brise-vent auront atteint la maturité, 35 hectares de maïs-grain, ainsi que 15 hectares de soya seront protégés par les haies brise-vent.

**TABLEAU 11 : SUPERFICIE PROTÉGÉE PAR LES HAIES BRISE-VENT ET REVENUS SUPPLÉMENTAIRES
OBTENUS SUR UNE BASE ANNUELLE**

	Année 0	Année 1	Année 2	...	Année 15	...	Année 25
Hectares protégés maïs-grain (ha)	0	2,3	4,6	...	35	...	35
Gain de productivité maïs-grain (7 %) (t supplémentaires par ferme)	0	1,2	2,3	...	17,6	...	17,6
Revenus supplémentaires maïs-grain (\$)	0	240	481	...	3 607	...	3 607
Hectares protégés soya (ha)	0	1	2	...	15	...	15
Gain de productivité soya (40 %) (t supplémentaires par ferme)	0	1,2	2,4	...	18	...	18
Revenus supplémentaires soya (\$)	0	390	781	...	5 857	...	5 857

Source : ÉcoRessources Consultants

Pour les calculs du gain de productivité, un rendement de 7,2 tonnes par hectare pour le maïs-grain et de 3 tonnes par hectare pour le soya a été considéré, soit les données de la Financière agricole pour l'année 2006. De même, selon Beaugard et Brunelle (2007) le prix stabilisé pour le maïs-grain était en 2006 de 204,66 \$ par tonne vendue et le prix de vente du soya correspondant au revenu de stabilisation pour la même année était de 325,74 \$/t vendue.

Le Tableau 12 montre la valeur actualisée des revenus supplémentaires provenant de la hausse de productivité provoquée par la plantation des haies brise-vent. Ainsi, lorsque l'on considère l'augmentation de la productivité qui résulte de la plantation de haies brise-vent, le revenu supplémentaire actualisé est de 50 800 \$ pour la ferme céréalière-type sur un horizon de 25 ans.

TABLEAU 12 : REVENUS ACTUALISÉS PROVENANT DE LA HAUSSE DE PRODUCTIVITÉ OBTENUE GRÂCE À LA PLANTATION DES HAIES BRISE-VENT

	Valeur présente –VAN des revenus sur un horizon de 25 ans (\$)
Augmentation de la productivité suite à la plantation des haies brise-vent (maïs-grain)	19 361
Augmentation de la productivité suite à la plantation des haies brise-vent (soya)	31 445
TOTAL	50 807

Source : ÉcoRessources Consultants

4.2.2. Les coûts reliés à l'installation et au maintien des haies brise-vent

Dans cette section les coûts liés aux investissements initiaux nécessaires pour la plantation du système brise-vent sont évalués, ainsi que ceux des nouveaux coûts opérationnels et de maintien des haies. Pour ce faire, il est considéré que le producteur fait faire ces nouveaux travaux « à forfait ».

Comme dans le cas de l'implantation des systèmes riverains, les données de la firme Le Portageur enr (2003) ont été utilisés pour les coûts par hectare de plantation et d'entretien.

Les résultats présentés au Tableau 13 indiquent que la valeur actuelle des dépenses nécessaires pour la plantation et l'entretien d'une haie brise-vent s'élève à environ 18 400 \$ par ferme et sur un horizon de 25 ans.

TABLEAU 13 : COÛTS DE PLANTATION ET D'ENTRETIEN D'UNE HAIE BRISE-VENT

	Valeur présente – VAN des coûts sur un horizon de 25 ans (\$/ha)	Valeur présente des coûts sur un horizon de 25 ans (pour 1,5 ha) (\$)
Coûts de plantation et entretien	12 291	18 437

Source : ÉcoRessources Consultants

Les revenus provenant de la vente du bois

La haie brise-vent type est composée aux 2/3 de peupliers hybrides et au 1/3 de frênes de Pennsylvanie. La densité moyenne est de 1 200 tiges à l'hectare pour permettre une bonne qualité de protection des champs face aux vents dominants. Aux fins de calculs, il est supposé que le système de haies brise-vent, qui occupe une superficie de 1,5 ha, génère tous ses revenus à l'année 25; les coûts de la récolte du bois sont également comptabilisés uniquement cette même année.

Le Tableau 14 présente les données utilisées pour les calculs des coûts de récolte et les revenus de la vente, ainsi que les résultats obtenus. La productivité variera fortement selon les clones utilisés, la fertilité du site, la situation géographique, le type de brise-vent et la concurrence entre les espèces (qui est plus importante ici à cause de la densité de plantation plus élevée), et de l'importance des vents (Ménétrier, communication personnelle). Comme dans le cas du système riverain, les données de Ménétrier (2006) et de Kennedy (2007)⁹ ont été utilisées pour estimer le rendement marchand moyen des peupliers hybrides et des frênes de Pennsylvanie sur une durée de vie de 25 ans. Tel que l'indique le tableau, on obtient un revenu net actualisé d'environ 1 500 \$ provenant de la vente du bois.

TABLEAU 14 : REVENU NET ACTUALISÉ PROVENANT DE LA VENTE DU BOIS POUR LA HAIE BRISE-VENT

		Année 0 à 24 (\$)	Année 25 (\$)	Total actualisé (\$)
Coût récolte (25 \$/m ³ récolte pour 1,5 ha de haies brise-vent)	PEH	0	12 600	
	FPen	0	4 163	
TOTAL COÛT Récolte		0	16 763	2 191
Vente (34 \$/m ³ récolté pour le PEH et 67,54 \$/ m ³ pour FPen pour 1,5 ha de haies brise-vent)	PEH	0	17 020	
	FPen	0	11 245	
TOTAL VENTE		0	28 265	3 694
Revenu net de la vente du bois		0	11 503	
Revenu net actualisé de la vente du bois	1 503			

Source : ÉcoRessources Consultants

⁹ Le rendement marchand estimé pour le frêne de Pennsylvanie est d'environ 105 m³/ha pour une densité de 250 tiges par hectare et sur un horizon de 25 ans (Kennedy, 2007), tandis que le rendement estimé pour le peuplier hybride est de 400 m³/ha pour une plantation avec une densité de 1 111 tiges/ha sur 25 ans (Ménétrier, 2006 et communication personnelle)

Les pertes ou les revenus provenant des programmes publics

Par ailleurs, dans le contexte actuel des programmes, le producteur qui ferait parti d'un projet collectif avec au moins un autre producteur dont l'exploitation se trouve également dans le bassin versant de la rivière Maskinongé, pourra recevoir des aides du PCVC qui couvriront jusqu'à 50 % des dépenses admissibles (à concurrence de 10 000 \$/ferme); ces aides pourront être complétées par une aide financière supplémentaire dans le cadre du programme Prime-Vert, correspondant à 20 % des coûts admissibles. La somme des deux programmes couvrirait ainsi 70 % des dépenses encourues, soit environ 13 687 \$.

Le Tableau 15 présente le résumé des coûts en plus et en moins de la plantation des haies brise-vent dans la ferme céréalière-type située à l'aval du bassin versant de la rivière L'Ormière. Si on tient compte des aides provenant des programmes publics, octroyées uniquement lorsque le producteur s'inscrit dans un projet collectif, on observe une augmentation de revenus de 35 700 \$ environ. Si, par contre, on ne tient pas compte des aides publiques, l'augmentation de revenus serait d'environ 22 000 \$ sur un horizon de 25 ans.

**TABLEAU 15 : SCÉNARIO 2 – PLANTATION DES HAIES BRISE-VENT DANS UNE EXPLOITATION
CÉRÉALIÈRE-TYPE**

	Revenus actualisés en plus (\$)	Revenus actualisés en moins (\$)
Perte de superficie cultivée		11 840
Revenus supplémentaires dus à la hausse de productivité	50 807	
Coûts reliés à la plantation et à l'entretien des haies brise-vent		18 437
Revenus provenant de la vente du bois	1 500	
Aides provenant des programmes publics (si projet collectif)	13 687	
Total	65 998	30 277
Augmentation des revenus (avec les aides publiques)	35 720	
Augmentation des revenus (sans aides publiques)	22 033	

Source : ÉcoRessources Consultants

4.3. Synthèse de l'analyse économique

Le tableau 16 montre les résultats obtenus en termes de gains ou des pertes obtenus par l'introduction des pratiques agroforestières contribuant au captage du carbone, selon les différents scénarios proposés.

TABLEAU 16 : GAINS OU PERTES PRIVÉS DE L'INTRODUCTION DES PRATIQUES AGROFORESTIÈRES CONTRIBUTANT AU CAPTAGE DU CARBONE

		Revenus actualisés en plus (\$)	Revenus actualisés en moins (\$)
Scénario 1 : Implantation de systèmes riverains dans une ferme laitière-type située à l'amont du bassin versant de la rivière L'Ornière	Perte de superficie cultivée		47 958
	Coûts reliés à la plantation et à l'entretien de la bande riveraine		42 203
	Revenus provenant de la vente du bois	2 510	
	Aides provenant des programmes publics (si projet collectif)	28 441	
	Total	30 950	90 161
	Perte de revenu (si projet collectif)		59 211
	Perte de revenu (si non projet collectif)		87 651
Scénario 2 : Plantation des haies brise-vent dans une exploitation céréalière-type située à l'aval du bassin versant de la rivière L'Ornière	Perte de superficie cultivée		11 840
	Revenus supplémentaires dus à la hausse de productivité	50 807	
	Coûts reliés à la plantation et à l'entretien des haies brise-vent		18 437
	Revenus provenant de la vente du bois	1 503	
	Aides provenant des programmes publics (si projet collectif)	13 687	
	Total	65 998	30 277
	Augmentation des revenus (si projet collectif)	35 720	
Augmentation des revenus (si non projet collectif)	22 033		

Source : Compilation ÉcoRessources Consultants

Selon les données du MAPAQ (2006), on compte dans le bassin versant de la rivière L'Ormière 10 fermes laitières et 11 fermes céréalières. Ainsi, sur l'ensemble du bassin, la plantation des systèmes riverains occasionnerait des pertes de 592 110 \$ si tous les producteurs faisaient partie d'un projet collectif et de 876 510 \$ dans le cas contraire. Les gains reliés à la plantation des haies brise-vent à l'échelle du bassin versant seraient d'environ 357 200 \$ si l'ensemble de producteurs avait droit aux aides publiques et de 220 330 \$ dans le cas où aucun des producteurs ne participait à des projets collectifs.

À la lumière de l'analyse réalisée et sur la base des hypothèses de l'étude, on constate que d'un point de vue strictement privé, pour les producteurs agricoles, les systèmes riverains ne sont pas rentables alors que les haies brise-vent le sont. Ce constat s'explique principalement par le fait que les sources significatives de revenus supplémentaires associés à la plantation de haies brise-vent proviennent non pas de la vente de matière ligneuse mais de l'augmentation de rendement des superficies cultivées.

Ce constat ne change pas avec le choix du scénario de plantation, par exemple, en récoltant après 10 ans plutôt qu'après 25 ans. En effet, un regard attentif sur les résultats permet de constater que même en triplant les revenus associés à la vente de matière ligneuse, les conclusions générales ne seraient pas modifiées. Par ailleurs, si le scénario choisi devait affecter la fonction brise-vent de la haie, les rendements à l'hectare pourraient en être affectés et la rentabilité du système pourrait décroître lourdement malgré l'augmentation des ventes de matière ligneuse.

L'introduction de produits forestiers non ligneux au sein des systèmes agroforestiers est une avenue qui est en développement pour générer des revenus additionnels de ces systèmes (Smith et Cameron, 2007; Chamberlain, 2007). Il existe des cultures (par exemple, d'essences arbustives, de plantes médicinales et de champignons) qui permettraient l'obtention de produits forestiers à valeur ajoutée, ce qui pourrait aider à redresser le bilan économique des systèmes riverains et améliorer celui des haies brise-vent. De plus, certains systèmes riverains, lorsqu'ils sont établis perpendiculairement à la direction des vents dominants, peuvent également avoir une « fonction de haie brise-vent », ce qui n'a pas été pris en compte dans l'analyse.

Enfin, la mise en place d'une approche collective au sein du bassin versant pourrait avoir des impacts positifs d'un point de vue économique. D'une part, à l'intérieur d'un bassin versant non dégradé, par exemple, seuls les projets collectifs donnent accès aux aides publiques couvrant jusqu'à 70 % des coûts admissibles. D'autre part, les projets collectifs permettraient de diminuer les coûts reliés à la plantation et de récolte (économies d'échelle), de regrouper l'offre de produits forestiers récoltés et d'en négocier un meilleur prix. Enfin, les projets collectifs permettraient également de regrouper l'offre de crédits carbone, d'avoir une plus grande force de proposition et de négociation face aux courtiers et d'en réduire ainsi les

coûts de transaction (particulièrement élevés pour les projets agricoles et agroforestiers), dont on parlera plus loin.

Les calculs économiques réalisés dans la présente section ne tiennent pas compte du captage du carbone des pratiques agroforestières et des bénéfices que cela pourrait rapporter si on pouvait avoir accès à une rétribution en contrepartie, par exemple, des crédits carbone ou des aides publiques destinées à encourager la mise en place de pratiques agroforestières de captage du carbone. Dans la section suivante, la contribution des pratiques au captage du carbone ainsi que sa valeur monétaire seront analysés, ce qui conduira à un nouveau rapport des coûts / bénéfices pour le producteur.

5. Le captage du carbone à travers des pratiques agroforestières : évaluation économique

Dans cette partie de l'étude, le but est d'évaluer le captage du carbone obtenu à travers l'introduction des pratiques agroforestières mentionnées plus tôt, c'est-à-dire, l'établissement de systèmes riverains et de haies brise-vent. La monétarisation du captage du carbone permettra de dresser un nouveau rapport coûts / bénéfices privés et d'analyser les conséquences pour le producteur agricole, en termes économiques, de l'introduction des pratiques agroforestières permettant la séquestration du carbone.

5.1. Estimation du captage du carbone à travers des pratiques agroforestières

Dans la présente section le potentiel de captage du carbone de deux systèmes agroforestiers-type est évalué, soit un système riverain ainsi qu'une haie brise-vent, composés d'essences de feuillus et de peupliers hybrides.

Il s'agit d'une estimation théorique basée sur des méthodes de calcul existantes et, notamment, sur les travaux de recherche effectués par Gaboury et ses collaborateurs à l'Université de Québec à Chicoutimi, ainsi que par Ouellet et ses collaborateurs, du MRNF, à La Tuque.

La formule utilisée pour le calcul du captage de CO₂ par hectare de plantation est la suivante :

ESTIMATION DU CAPTAGE DU CARBONE D'UN SYSTÈME FORESTIER

$$\text{CO}_2 \text{ (kg/ha)} = [(\text{Biomasse totale (m}^3\text{/ha)} * \text{Densité anhydre du bois (kg sec/m}^3\text{)}) * \text{Carbone/Matière sèche (kg/kg)}] * \text{CO}_2\text{/Carbone (kg/kg)} + \text{C contenu dans la litière et le bois mort (kg/ha)}$$

Les hypothèses de calcul sur la captation du carbone des systèmes agroforestiers sont les suivantes.

- Le rendement marchand supposé de la plantation est de 300 m³/ha pour le système riverain et de 400 m³/ha pour la haie brise-vent (Ménétrier, 2006 et Kennedy, 2007);
- La biomasse totale comprend la biomasse aérienne, qui a été estimée en multipliant 1,64 par la biomasse marchande, et la biomasse racinaire, qui elle est estimée en multipliant la biomasse aérienne par 0,222;
- Les densités anhydres (kg sec/m³) des essences envisagées sont les suivantes :

- Frêne rouge : 0,539 kg sec/m³;
 - Peuplier hybride : 0,424 kg sec/m³;
- Le contenu en carbone de la masse anhydre est de 50 %;
 - Le contenu en carbone de la litière accumulée et le bois mort est de 15 % du carbone accumulé dans la biomasse totale;
 - Un kg de carbone équivaut à 3,67 kg CO₂;
 - Enfin, il est supposé que les émissions de CO₂ liées au projet sont négligeables.

Ainsi, sur la base de ces hypothèses, pour le système riverain, une capacité de séquestration moyenne de 587 tonnes de CO₂ par hectare captées est obtenue sur une durée de vie de 25 ans, soit une moyenne d'environ 23 t CO₂/ha-an. Pour l'ensemble de l'exploitation, ceci représente une séquestration annuelle de CO₂ estimée à 86 t CO₂/an pour 3,7 ha de bande riveraine. En ce qui concerne la haie brise-vent, les résultats sont relativement plus importants, dû à une plus grande densité de plantation. La haie brise-vent capterait donc environ 782 t/ha sur 25 ans, soit 31 t CO₂/ha-an. Pour l'exploitation-type, ceci signifie 47 t CO₂/an pour un total de 1,5 ha de haie brise-vent.

5.2. La participation des producteurs au système de compensation et la valeur des crédits de réduction du carbone à travers des pratiques agroforestières

Le système de compensation est un mécanisme qui permet aux grands émetteurs industriels dont le niveau des émissions des GES dépasse le plafond établi, d'acheter des crédits de réduction des GES d'autres secteurs dont les émissions des GES ne sont pas plafonnées.

Dans le cas de l'implantation de systèmes riverains, où l'on observe des pertes nettes au niveau de l'exploitation même en tenant compte des aides publiques, il y a lieu, d'une part, de se demander quel serait le prix nécessaire d'une tonne de CO₂ éliminée à travers des pratiques agroforestières qui permettrait de compenser les pertes encourues de l'introduction de ces pratiques au sein d'une exploitation. D'autre part, la question qui se pose est de savoir si la rétribution obtenue pour la réduction des GES à travers ces pratiques agroforestières est suffisante pour encourager les producteurs agricoles à les mettre en place.

Par ailleurs, lors de l'établissement des prix des crédits attribuables à des projets agroforestiers, il faut tenir compte de la nature temporelle (non permanente) du captage du carbone obtenu à travers ces projets.

En effet, le processus d'absorption du carbone par les forêts ou les sols est sujet à une éventuelle réversibilité et certaines actions, intentionnelles ou pas (feu, récolte, traitement du bois récolté), peuvent occasionner une libération totale ou partielle des molécules de CO₂ stockées dans les tissus végétaux. La valeur d'une tonne de CO₂ captée de façon temporaire à travers, par exemple, des projets agroforestiers sera ainsi inférieure à la valeur d'une tonne de CO₂ éliminée de façon permanente. De plus, la valeur des crédits de réduction à long terme est plus importante que la valeur des crédits de réduction à court terme¹⁰.

Afin d'estimer la valeur monétaire du captage du carbone, on doit donc tenir compte, d'une part, du caractère temporaire de la réduction obtenue à travers les projets agroforestiers. D'autre part, on doit tenir compte, comme mentionné plus tôt, du prix payé sur le marché pour les crédits de réduction des GES permanents. Dans le présent mandat, les analyses sont basées sur l'hypothèse d'un prix à 15 \$¹¹ pour des réductions permanentes.

Selon Olschewski et Benítez (2005), le facteur d'équivalence entre les prix des crédits temporaires et permanents de réduction des GES est calculé comme suit :

$$\text{Prix Crédit réduction temporaire} = \text{Prix Crédit réduction permanente} * (1 - (1+r)^{-T})$$

Dans cette équation, «r» est le taux d'escompte et «T» la durée de vie du projet.

Si l'on considère un taux d'escompte de 8,48 % soit le taux moyen des obligations canadiennes à long terme de 1991 à 2005, la valeur d'une réduction temporaire des GES sur une durée de 25 ans correspond à environ 87 % de la valeur d'une réduction permanente. Des communications personnelles auprès d'institutions acheteuses de crédits nous ont toutefois permis de constater que dans les faits, ces dernières acceptent de payer entre 10% et 30% de la valeur des crédits permanents, selon leur qualité. Si on considère que le prix de la réduction permanente d'une tonne du carbone est 15 \$ et qu'on suppose, pour les fins de l'analyse, une pénalité de 50% de la valeur des crédits étant donné leur caractère temporaire, on obtient une valeur de 7,50\$/t.

Il faut par ailleurs faire une distinction entre le prix de marché et la valeur du crédit pour le producteur agricole. En effet, un projet de séquestration du carbone doit passer plusieurs phases avant de générer des crédits qui seront vendus sur le marché. Il faut préparer le projet, le faire valider, le réaliser, mesurer les réductions d'émissions, et faire certifier les crédits avant de les offrir sur le marché. En agriculture, il faut

¹⁰ Voir Tableau 2 : Valeur relative des crédits de carbone non-permanents par rapport aux crédits permanents

¹¹ Le cadre réglementaire du gouvernement fédéral publié le 6 avril 2007 permet aux entreprises de respecter leur cible notamment en investissant dans un fonds d'investissement technologique à un coût de 15\$/tonne.

par ailleurs agréger une multitude de petits projets pour amener les crédits sur le marché. Chacune de ces étapes implique des coûts que l'on appelle les coûts de transaction. Ainsi, la firme Marbek (2004) a établi que les coûts de transaction pour les projets agricoles peuvent atteindre 18,56\$/tonne alors qu'ils sont aussi bas que 0,05\$/tonne pour des réductions provenant des lieux d'enfouissement sanitaires. Aux fins de la présente analyse, il est supposé qu'ils s'établissent à 2,50\$/tonne et qu'en conséquence, le producteur agricole recevra environ 5\$/tonne pour les crédits issus de la séquestration.

Dans cette optique, les résultats obtenus de l'analyse des coûts et bénéfices privés montrent que lorsque l'on plante des systèmes riverains agroforestiers dans l'exploitation laitière-type située à l'amont du bassin versant de la rivière L'Ormière, des pertes de revenu net par ferme de l'ordre de 87 600 \$ sont obtenues sur un horizon de 25 ans. Sur une base annuelle, c'est 87 tonnes de CO₂ qui sera capté par entreprise pour les systèmes riverains, ce qui, au prix de 5 \$/t, représente des revenus de 435 \$ par entreprise pour les crédits de carbone. Sachant que la réduction de CO₂ estimée pour le système riverain est de 2 170 tonnes sur 25 ans et par ferme, afin d'annuler les pertes attendues des systèmes riverains, le prix auquel les grands émetteurs industriels devraient acheter chaque tonne éliminée grâce à la plantation des systèmes riverains serait de 40 \$/t. Il est à noter que ce prix est huit fois plus élevé que le montant maximum par tonne de CO₂ mentionné plus tôt. Si, par contre, le producteur fait partie d'un projet collectif de plantation des systèmes riverains avec au moins un autre producteur dont l'exploitation se trouve à l'intérieur du même bassin versant, il aurait droit à des aides publiques et les pertes encourues seraient alors de 59 200 \$ par ferme. Cela représente un prix de 27 \$/t CO₂ captée, qui est plus de cinq fois le prix estimé (5 \$/t CO₂).

Dans le cas de la plantation de haies brise-vent sur la ferme céréalière-type située à l'aval du bassin versant de la rivière L'Ormière, une augmentation de revenus de 22 000 \$ avait été obtenue, sans comptabiliser les aides publiques et de 35 700 \$ lorsque le producteur faisait partie d'un projet collectif. Dans ce cas, les gains obtenus pour la vente des crédits de réduction des GES ne seraient pas destinés à couvrir des coûts, mais représenteraient des gains nets pour le producteur. Sachant que, d'après nos calculs, la plantation d'une haie brise vent comme celle étudiée permettrait de capter environ 47 tonnes de CO₂ par an et par ferme, cela représente, pour un prix maximum de 5 \$/t, des revenus supplémentaires pour le producteur d'au maximum 235 \$/an et par ferme.

Ces résultats ont été obtenus à l'échelle de l'entreprise agricole. La section suivante présente le potentiel de séquestration du carbone à l'échelle du bassin versant.

5.3. Évaluation économique du potentiel de captage du carbone à l'échelle du bassin versant

Selon l'analyse spatiale du potentiel agroforestier du bassin versant de la rivière L'Ornière, le potentiel d'implantation des systèmes riverains à l'intérieur du bassin versant de la rivière l'Ornière est de 144 hectares, tandis que pour les haies, le potentiel est de 47,5 hectares. Par ailleurs, la plantation d'un hectare de systèmes riverains selon les hypothèses de l'étude permettrait de capter un total de 587 tonnes de CO₂-équivalent, tandis que le potentiel de captage d'un hectare de haie brise-vent est estimé à 782 tonnes de CO₂-équivalent, sur un horizon de 25 ans.

À l'échelle du bassin versant, le captage représente un potentiel de réduction de GES de 121 673 tonnes de CO₂-équivalent, ce qui équivaut à 608 365 \$ en revenus provenant de la vente de crédits carbone sur un horizon de 25 ans. De ce montant, une somme de 425 855 \$ (18 114 \$ par an et pour l'ensemble du bassin versant) est associée aux systèmes riverains et 182 510 \$ aux haies brise-vent (7 300 \$ par an et pour l'ensemble du bassin versant). Il s'agit ici d'un gain théorique potentiel, obtenu uniquement lorsque l'on utilise à des fins de pratiques agroforestières la totalité de la superficie pouvant être destinée à la plantation de systèmes riverains et de haies brise-vent.

6. Conclusion

L'objectif principal était ici de vérifier si la séquestration du carbone représentait un incitatif suffisant pour orienter les producteurs agricoles vers l'implantation de pratiques agroforestières au sein de l'exploitation agricole. Dans les conditions de marché actuelles et sur la base des hypothèses posées dans cette étude, la réponse à cette question est négative.

En effet, à la lumière des résultats obtenus, on constate que le potentiel de séquestration de CO₂ des systèmes riverains et des haies brise-vent est trop faible pour constituer un incitatif significatif à leur implantation. En effet, le seul objectif de capter le carbone ne justifie pas l'implantation de haies brise-vent ou de systèmes riverains par les producteurs. Selon les hypothèses utilisées, l'intérêt des producteurs agricoles pour la mise en œuvre de pratiques agroforestières sera donc peu influencé par le seul argument économique associé à la vente de crédits de carbone.

Les résultats de la présente étude permettent toutefois de conclure que l'introduction de pratiques agroforestières comporte des rapports coûts bénéfiques très différents selon les pratiques introduites. Ainsi, la plantation de systèmes riverains agroforestiers semble entraîner des pertes nettes pour le producteur agricole, tandis que la plantation des haies brise-vent engendre des gains pour les producteurs grâce à la hausse de productivité des cultures qui en résulte.

Force est donc de constater que l'intérêt des pratiques agroforestières ne résidera pas que dans la séquestration du carbone, mais aussi et surtout dans la production d'autres biens et services environnementaux (réduction de la pollution diffuse, lutte contre l'érosion, maintien et/ou hausse de la diversité biologique, amélioration du paysage, etc.), qui n'ont pas été pris en compte dans cette étude. En effet, seule l'augmentation des rendements agricoles (pour les haies) et la production de matière ligneuse ont été ici considérées.

À cet égard, il importe de mentionner que plusieurs facteurs peuvent encourager l'adoption des pratiques agroforestières dont l'intérêt du point de vue environnemental a été largement démontré : l'amélioration du rendement économique du point de vue privé, à travers notamment l'introduction dans les plantations d'essences fournissant des produits forestiers (ligneux et non ligneux) à valeur ajoutée; la prise en compte et la valorisation d'autres biens et services environnementaux; le choix d'implanter prioritairement des haies brise-vent, qui permettent à elles seules l'obtention des revenus supplémentaires; l'adaptation de certains systèmes riverains pour supporter simultanément des fonctions de brise-vent.

Enfin, le développement d'une approche collective permettrait de réaliser des économies d'échelle concernant les coûts de plantation et de récolte du bois, d'avoir une meilleure force de négociation lors de la vente des produits forestiers et de diminuer les coûts de transaction associés à la vente de crédits carbone. Outre les éventuels bénéfices économiques émanant de la mise en place de projets collectifs, d'autres bénéfices peuvent en découler; comme le partage d'expertises et le tissage des liens entre les producteurs d'un même bassin versant, ou la création d'un territoire plus large que celui de l'entreprise agricole où des bénéfices environnementaux pourraient être obtenus (captage de carbone mais aussi lutte contre l'érosion, diminution de la pollution diffuse, hausse ou maintien de la biodiversité, rehaussement de la valeur du paysage, etc.).

Cette étude a démontré que le marché du carbone ne représente pas un incitatif suffisant pour amener les producteurs agricoles à implanter des systèmes riverains et des haies brise-vent. Toutefois, les producteurs peuvent agir de plusieurs façons pour séquestrer du carbone. Même si une pratique en particulier ne justifie pas la participation des producteurs à ce marché, il est possible qu'un ensemble élargi de pratiques génère suffisamment de crédits pour représenter un apport non négligeable au revenu des producteurs. Une étude englobant un éventail plus large de pratiques pourrait permettre de creuser cette question. Enfin, les producteurs agricoles seront toujours confrontés au fait qu'ils génèrent individuellement de faibles quantités de crédits de réduction. Ce faisant, leurs coûts de transaction sont très élevés en regard des revenus potentiels. Ceci limite encore davantage l'intérêt de ce marché pour les producteurs. Dans un tel contexte, diverses formes d'approche collectives mériteraient d'être envisagées pour agréger les crédits des producteurs et leur redistribuer les revenus de la vente de crédits de carbone.

Bibliographie

- Beauregard, G. et A. Brunelle, 2007. *Budget foin mil-luzerne sans plante abri 2004 l'hectare, pour le commerce (grosses balles rectangulaires)*. 6p.
- Beauregard, G. et A. Brunelle, 2007. *Budget maïs fourrager 2004 l'hectare en silo couloir*. 2 p.
- Beauregard, G. et A. Brunelle, 2007. *Budget maïs-grain 2006 l'hectare*. 2 p.
- Beauregard, G. et A. Brunelle, 2007. *Budget soya 2006 l'hectare*. 2 p.
- Bérubé, C., 2005. Le programme d'atténuation des gaz à effet de serre en milieu agricole (PAGES) Gestion des sols et des éléments nutritifs. 1 p.
- Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique, 2006. Ministère français de l'Écologie et du Développement Durable. *Rapport d'Inventaire National. Organisation et méthodes d'inventaire nationaux des émissions atmosphériques en France*. 3^{ème} édition. 866 p.
- Chamberlain, J., 2007. Farming the Forest: Using Non-Timber Products as Alternative Income Sources. Dans : *Actes du congrès – 10^e Congrès nord-américain d'agroforesterie, Québec, Québec, 10-13 juin 2007*, AFTA, pp. 307-311.
- Cogliastro, A., L. D'Orangeville, A.J. Lalanne et S. Daigle. 2006. *Conditions de croissance et réponses des feuillus selon différentes stratégies de régénération par la plantation. Rapport de projet au Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier- Volet II*, Montérégie. Institut de recherche en biologie végétale, Montréal. 110 pages.
- Coleman, M.D., Isebrands, J. G. et D.N. Tolsted, 2004. Comparing Soil Carbon of Short Rotation Poplar Plantations with Agricultural Crops and Woodlots in North Central United States. Dans : *Environmental Management*, vol. 33, Supplément 1. pp. S299-S308.
- Colloque régional sur la production de foin de commerce, 2005. *Le foin de commerce : une belle opportunité*. 74 p.
- Convention-cadre sur les changements climatiques, (UNFCCC/CCNUCC), 2006. *Approved afforestation and reforestation baseline methodology AR-AM0004. Reforestation or afforestation of land currently under agricultural use*. 115 p.
- Convention-cadre sur les changements climatiques, (UNFCCC/CCNUCC), 2006. *Rapport de la vingt-quatrième session de l'organe subsidiaire de conseil scientifique et technologique, tenue à Bonn du 18 au 26 mai 2006*. 44 p.
- ECONOVA, 2003. *Modèle d'indice de qualité de friche pour la plantation de six espèces de feuillus CNRC-PARI 518690. Développement d'un système d'information pour la gestion des friches en Mauricie*.
- ECONOVA et MDDEP, 2006. *Cahier d'aménagement, Partie 1, Modèle de gestion écosystémique par bassin versant*. - Direction des politiques en milieu terrestre, ministère de l'Environnement, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Québec.
- Gaboury, S. et J. Blanchet, 2005. *Bilan ACFAS. Éco Conseil*. Chaire de recherche et d'intervention. Université de Québec à Chicoutimi.
- Gouvernement du Québec, 2005. *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables*. Gazette officielle du Québec, 1^{er} juin 2005, 137^e année, no 22, 12 p.
- Gouvernement du Québec, 2006. *Prime-Vert*. Publication no 06-0035 (2006-05). 32 p.

- Institut National de la Recherche Agronomique, 2003. *Contribution à la lutte contre l'effet de serre. Stocker du carbone dans les sols agricoles de France?* Étude réalisée à la demande du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable. 4 p.
- Kennedy, H.E. *Faxinus pennsylvannica Marsh. Geen Ash. Oleaceae – Olive family.* http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/silvics_manual/Volume_2/fraxinus/pennsylvannica.htm
- L'institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie (IEPF - éditeur), 2006. *CdP-12 et CdP/RdP-2 sur les changements climatiques. Guide du négociateur.* 79 p.
- La Financière Agricole du Québec, 2005. *Plan d'action à l'égard du développement durable et de l'écoconditionnalité.* 6 p.
- La Financière agricole du Québec, 2006. *Maïs-grain. Coût de production. Janvier à décembre 2004.* 3 p.
- La Financière agricole du Québec, 2006. *Programme d'assurance stabilisation des revenus agricoles. Historique du produit. Maïs-grain.* 4 p.
- La Financière agricole du Québec, 2006. *Programme d'assurance stabilisation des revenus agricoles. Historique du produit. Soya.* 3 p.
- La Financière agricole du Québec, 2006. *Programme d'assurance stabilisation des revenus agricoles. Céréales, maïs-grain et oléagineux.* 2 p.
- La Financière agricole du Québec, 2006. *Soya. Coût de production. Janvier à décembre 2004.* 3 p.
- La Financière agricole du Québec, 2006. *Tableau résumé d'informations administrative et économique d'assurance stabilisation. Productions végétales. Maïs grain.* 1p.
- Laliberté, F. et al., 2000. *Dispositif de plantation mixte à Notre-Dame-de-Lourdes. Rapport de suivi opérationnel après une année de croissance.* Conseillers forestiers de la région de Québec. 30 p.
- Le Portageur Enr., 2004. *Production intégrée de feuillus nobles en forêt privée mauricienne.* Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier 2003-2004 (Volet II). Rapport final, Projet n° 41 23 68 Ferme forestière
- Loustrau, D. 2004. *Rapport final du projet CARBOFOR. Séquestration de Carbone dans les grands écosystèmes forestiers en France. Quantification, spatialisation, vulnérabilité et impacts de différents scénarios climatiques et sylvicoles.* 138 p.
- Marbek Consultants, 2004. *Administration and Transaction Cost Estimates for a Greenhouse Gas Offset System,* Submitted to: Strategic Policy Branch Agriculture and Agri -Food Canada, January 2004
- Masera, R.O. et al., 2003. Modeling carbon sequestration in afforestation, agroforestry and forest management projects: the CO2FIX V.2 approach. Dans : *Ecological Modelling*, 164 (2003) 177–199.
- Ménétrier, J., 2006. *Le peuplier hybride au Québec : une révolution, une évolution!* Ministère des Ressources naturelles et de la faune. Direction de la recherche forestière. Présentation au colloque « La ligniculture : une solution d'avenir ». Magog 23-24 mars 2006. 68 p.
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, 2006. *Rivière L'Ormière. Données agricoles du bassin versant.* Québec. 12 p.
- Nabuurs, G.J. et M.J. Schelhaas, 2002. Carbon profiles of typical forest types across Europe assessed with CO2FIX. Dans : *Ecological Indicators* 1 (2002) 213–223. 11 p.
- Nations Unies, 1998. *Protocole de Kyoto à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques.* FCCC/INFORMAL/83 GE.05-61647 (F) 070605 090605. 24 p.

- Nolet, J., 2004. *Étude du seuil de référence pour la mise en œuvre d'un programme incitatif à la préservation et à l'implantation de bandes riveraines en milieu agricole. Rapport final*. ÉcoRessources Consultants. 83 p. et annexes.
- Olschewskia, R. et P. C. Benítez, 2005. Secondary forests as temporary carbon sinks? The economic impact of accounting methods on reforestation projects in the tropics. Dans : *Ecological Economics* 55 (2005) 380– 394.
- Organisation de Coopération et de Développement Economiques (OCDE), 2001. *Agence internationale de l'énergie, Projets de foresterie : permanence, comptabilisation des crédits et durée de vie*. COM/ENV/EPOC/IEA/SLT(2001)11. 37 p.
- Organisation de Coopération et de Développement Economiques (OCDE), 2004. *Agriculture, échanges et environnement. Le secteur laitier*. 255 p.
- Organisation de Coopération et de Développement Economiques (OCDE), 2006. *Cost-Benefit Analysis and the Environment. Recent developments*. 318 p.
- Rivest, D. et T. Guillemette, 2003. *Modèles de plantation. Feuillus nobles et peupliers hybrides*. Réalisé dans le cadre du projet « Production intégrée des feuillus nobles en forêt privée mauricienne ». Le Portageur enr., 38 p.
- Rivest, D., 2003. *Modèle d'indice de qualité de friche pour la plantation de six espèces de feuillus*, ECONOVA, décembre 2003
- Robitaille, P., 2005. *État de l'écosystème aquatique du bassin versant de la rivière Maskinongé (région de Lanaudière et de la Mauricie) : fait saillants 2001-2003*. Québec, Ministère du Développement durable de l'Environnement et des Parcs. Direction du suivi de l'état de l'environnement. ENV/2005/0110, QE, 157/ 7 p.
- Rochette, P. *Pratiques de Conservation des Sols et Émissions de N₂O*. Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures Sainte-Foy, Québec. Agriculture et Agroalimentaire Canada. Présentation PowePoint. 22 p.
- Smith, R.F. et S.I. Cameron, 2007. Intégration de produits forestiers non ligneux au sein de systèmes agroforestiers dans l'Est du Canada. Dans : *Actes du congrès – 10^e Congrès nord-américain d'agroforesterie, Québec, Québec, 10-13 juin 2007*, AFTA, pp. 285-286.
- Table de concertation de l'agriculture et de l'agroalimentaire sur le changement climatique, 2000. *Réduire les émissions de gaz à effet de serre issues de l'agriculture canadienne*. Rapport sur les options. 80 p.
- Tremblay, S. et R. Ouimet, 2004. *Modèle de prédiction du stock de carbone organique emmagasiné dans la couverture morte des sols forestiers minéraux du Québec*. 10 p.
- USDA, 2004. *Economics of sequestering carbon in the U.S. agricultural sector*. Technical bulletin, United States. Dept. of Agriculture, no. 1909. 69 p.
- Vézina, A, 2005. *Les haies brise-vent et la protection des bâtiments d'élevage. Notes de cours*. ITA campus de La Pocatière. <http://www.italp.qc.ca/brisevent/archive.htm>
- Von Mirbach, M., 2000. *La comptabilité du bilan du carbone au niveau de l'unité d'aménagement forestier : aperçu des enjeux et des methods*. 27 p.

Annexe

Personnes consultées

Élisabeth Bussières (Del Degan, Massé et Associés)

Marc Deblois (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec)

Michel Campagna (Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec)

Nancy Lease (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec)

Pierre Dupuis (Del Degan, Massé et Associés)

Simon Gabury (Université du Québec à Chicoutimi)

Jean Ménétrier (Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec)

Steeve Pépin (Université Laval)



Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Agriculture and
Agri-Food Canada

ÉCO) RESSOURCES
CONSULTANTS

