

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

COÛTS ET BÉNÉFICES, PRIVÉS ET SOCIAUX, DES BANDES RIVERAINES BOISÉES
EN MILIEU AGRICOLE

MÉMOIRE
PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN ÉCONOMIQUE

PAR
CAROLINE SIMARD

MARS 2009

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

J'aimerais tout d'abord remercier le corps professoral du département des sciences économiques de l'UQAM pour la qualité de la formation offerte et surtout pour leur grande disponibilité vis-à-vis des étudiants. C'est en nous communiquant leur passion que nous, étudiants, trouvons la motivation de continuer. Je tiens également à mentionner la grande compétence du personnel administratif du département, qui nous procure l'assurance d'un soutien indéfectible.

À mes confrères et consoeurs d'étude, je vous remercie pour cet esprit d'ouverture et de collaboration dont vous avez tous fait preuve. Les échanges et les discussions ont grandement contribué à mes réflexions et ont su rendre la vie universitaire stimulante et agréable.

J'exprime un merci particulier à Daniel Gagnon, qui m'a le premier introduit à la problématique des bandes riveraines, et à Germain Belzile, sans qui cette maîtrise n'aurait pu être possible. J'aimerais aussi souligner l'apport des équipes d'ÉcoRessources et du CEPAF. Un merci plus particulier à Jean Nolet, Louis-Samuel Jacques, Maria Olar, André Vézina, Frédéric Lebel et Nathan de Baets, qui m'ont fourni un matériel inestimable en données, que seule l'expérience pratique du terrain rendait accessible.

À mon compagnon, Antoine, présent à toutes heures, je dis simplement Merci!

Finalement, un mot spécial pour mon directeur, M. Pierre Lasserre, qui par ses encouragements constants et sa grande patience à mon égard, a su rendre le travail de recherche toujours plus stimulant. En présentant les choses sous un regard sans cesse renouvelé, le désir de poursuivre m'a été insufflé.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX	vi
LISTE DES FIGURES	viii
RÉSUMÉ.....	ix
INTRODUCTION	1
0.1 Hypothèses de recherche	4
0.2 Causes possibles de l'absence de bandes boisées	4
CHAPITRE I	
EXTERNALITÉ DE PRODUCTION ET BIEN ÊTRE SOCIAL	6
1.1 Application du modèle de croissance avec pollution aux bandes riveraines.....	7
CHAPITRE II	
MÉTHODOLOGIE	8
2.1 Analyse avantages - coûts	8
2.1.1 Méthode incrémentale.....	8
2.1.2 Analyses privée et sociale	9
2. Identification des avantages et des coûts.....	10
2.3 Unités de calcul	12
2.4 Actualisation	12
2.5 Choix de la ferme type	12
2.6 Choix des systèmes agroforestiers	16
2.6.1 Système agroforestier à production de peupliers (UQAM)	17
2.6.2 Système agroforestier à production de saules (CEPAF)	17
2.6.3 Système agroforestier à production élevée de BSE (Missouri).....	18
CHAPITRE III	
ANALYSE PRIVÉE	21
3.1 Quantification des bénéfices privés.....	22
3.1.1 Bénéfices (nets) de récolte du bois.....	22
3.1.2 Bénéfices liés à l'augmentation de rendement.....	24

3.1.3	Bénéfices de crédits de carbone	26
3.1.4	Bénéfices liés à la réduction des pertes de sol (lié à la stabilisation des sols) et à la réduction des dommages dus aux inondations	26
3.2	Quantification des coûts privés	28
3.2.1	Coûts d'implantation.....	28
3.2.2	Coûts fixes	31
3.2.3	Coûts d'entretien de la bande boisée.....	34
3.2.4	Coûts liés à la perte de surface cultivable	36
3.3	Quantification des subventions	37
3.3.1	Bénéfices liés à la subvention Prime-Vert	37
3.3.2	Coûts liés à la réduction de l'ASRA	38
3.4	Résultats	39
3.5	Analyse de sensibilité.....	41
3.6	Discussion et interprétation.....	42
CHAPITRE IV		
ANALYSE SOCIALE.....		
4.1	Présentation des avantages et des coûts sociaux	46
4.2	Description qualitative	47
4.2.1	Bénéfices liés à l'amélioration du paysage	47
4.2.2	Bénéfices liés à la réduction des odeurs.....	48
4.2.3	Bénéfices liés à la séquestration du carbone.....	49
4.2.4	Bénéfices liés à la facilitation de la cohabitation	49
4.2.5	Bénéfices liés à l'amélioration de la qualité de l'eau.....	50
4.2.6	Bénéfices liés à la réduction de la pollution par les pesticides	50
4.2.7	Bénéfices liés à réduction du risque de prolifération des algues bleues	51
4.2.8	Bénéfices liés à l'augmentation de la biodiversité dans les champs et dans le cours d'eau	51
4.3	Quantification.....	53
4.3.1	Bénéfices liés à l'amélioration de la qualité de l'eau.....	54
4.3.2	Bénéfices liés à réduction du risque de prolifération des algues bleues	57
4.3.3	Bénéfices liés à l'augmentation de la biodiversité dans les champs et dans le cours d'eau	60

4.3.4 Bénéfices liés à la réduction de l'ASRA.....	61
4.3.5 Transferts liés à la subvention Prime-Vert.....	62
4.4 Résultats	62
4.5 Analyse de sensibilité.....	64
4.6 Discussion des résultats.....	65
CONCLUSION	67
ANNEXE A PARAMÈTRES ET QUESTIONNAIRE DE CALCULATEUR DU CEPAF	71
ANNEXE B DÉTAIL DU CALCUL DES AMÉLIORATIONS EN RENDEMENT.....	73
ANNEXE C LISTE DE PRIX DES VÉGÉTAUX SELON L'ESPÈCE	74
ANNEXE D GRILLE TEMPORELLES DE CHAQUE SCÉNARIO D'AMÉNAGEMENT AGROFORESTIER	75
ANNEXE E TABLEAU SUR LA FRÉQUENCE DES REPORTS D'ALGUES BLEUES ENTRE 2004 ET 2007	80
BIBLIOGRAPHIE	83

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 : Biens et services environnementaux attendus de l'agroforesterie	10
Tableau 2.2 : Avantages et coûts, privés et sociaux, attendus des bandes riveraines boisées en milieu agricole	11
Tableau 2.3 : Liste des espèces de végétaux utilisés et regroupés selon la catégorie.....	17
Tableau 2.4 : Synthèse des paramètres des systèmes agroforestiers	20
Tableau 3.1 : Calcul des bénéfices de récolte du bois pour chaque niveau de scénario.....	23
Tableau 3.2 : Croissance et hauteur selon la catégorie d'espèces	25
Tableau 3.3 : Calcul des améliorations en rendement	26
Tableau 3.4 : Synthèse des paramètres liés à l'implantation et à l'entretien	28
Tableau 3.5 : Coûts d'implantation liés au matériel.....	30
Tableau 3.6 : Coûts d'implantation liés à la main d'oeuvre	31
Tableau 3.7 : Coûts fixes d'implantation	32
Tableau 3.8 : Coûts d'implantation selon le système agroforestier	33
Tableau 3.9 : Coûts fixes et variables composant les coûts d'entretien	35
Tableau 3.10 : Calcul des coûts d'entretien selon l'activité et le système agroforestier	36
Tableau 3.11 : Pertes de superficie cultivable selon le système agroforestier.....	37
Tableau 3.12 : Subventions Prime-Vert accordées pour l'implantation selon le modèle agroforestier	38
Tableau 3.13 : Synthèse des coûts et revenus non-actualisés (pour une seule réalisation de l'activité).....	38
Tableau 3.14 : Résultats de l'analyse privée selon le scénario et le système agroforestier.....	40
Tableau 3.15 : Seuils de rentabilité de la marge de profit sur la récolte de bois	42
Tableau 3.16 : Classement des systèmes selon l'indicateur	43
Tableau 4.1 : Abondance et diversité de la faune selon le type de bande riveraine	52
Tableau 4.2 : Échelle des niveaux de qualité de l'eau.....	55
Tableau 4.3 : Comparaison des valeurs annuelles estimées des dispositions à payer	55

Tableau 4.4 : Valeur de l'amélioration de la qualité de l'eau estimée par la disposition à payer des ménages canadiens selon le niveau d'amélioration.....	56
Tableau 4.5 : Valeur de l'amélioration de la qualité de l'eau selon le modèle agroforestier.....	57
Tableau 4.6 : Efficacité de captation du phosphore des systèmes agroforestiers	59
Tableau 4.7 : Réduction de la subvention gouvernementale ASRA liée aux bandes riveraines	61
Tableau 4.8 : Transferts liés à l'augmentation des subvention Prime-Vert selon le modèle agroforestier	62
Tableau 4.9 : Résultats de l'analyse avantage-coût sociale.....	63
Tableau 4.10 : Calcul des seuils de significativité des valeurs contingentes de l'amélioration de la qualité de l'eau	64

LISTE DES FIGURES

Figure 0.1 : Définition de la bande riveraine selon la PPRLPI	2
Figure 0.2 : Largeurs minimales et maximales de la bande riveraines selon le bénéfice encouru.....	3
Figure 2.1 : Schéma d’implantation – Système agroforestier à production de saules (CEPAF).....	18
Figure 2.2 : Schéma d’implantation – Système agroforestier à production élevée de BSE (Missouri).....	20
Figure 3.1 : Structure temporelle des coûts et revenus privés associés aux systèmes agroforestiers	21
Figure 4.1 : Carte du bassin versant de la baie Missisquoi.....	46
Figure 4.2 : Impacts des systèmes riverains quatre ans après l’implantation	48
Figure 4.3 : Représentations graphiques des résultats des analyses privée et sociale	65

RÉSUMÉ

Ce mémoire mesure les avantages et les coûts liés à l'introduction de bandes riveraines boisées, dans le milieu agricole québécois, comme moyen de filtrer la pollution de l'eau par des charges excédentaires en phosphore. Par la méthode de l'analyse avantages coûts, la rentabilité de trois systèmes agroforestiers a d'abord été évaluée d'un point de vue privé. Cette première partie nous a permis de déterminer que les bandes riveraines boisées ne sont pas rentables pour le producteur agricole surtout en raison de coûts d'entretien élevés. Par la suite, le coût privé a été comparé aux coûts et bénéfices sociaux attendus de l'agroforesterie. Les résultats de cette seconde analyse ont montré que les bénéfices sociaux liés à l'agroforesterie en milieu agricole surpassent les coûts. La conclusion principale de ce travail est qu'en introduisant la société dans l'analyse des avantages et des coûts, il a été mis en lumière que les bandes riveraines boisées constituent un moyen efficace de lutte contre la pollution diffuse d'origine agricole et ce, même si elles représentent un coût pour les producteurs agricoles.

Mots clés : Analyse avantages coûts, biens et services environnementaux, agroforesterie, bandes riveraines, culture de maïs, amélioration de la qualité de l'eau, cyanobactéries, Baie Missisquoi, coûts privés, bénéfices sociaux.

INTRODUCTION

Plusieurs facteurs indiquent que le Québec est présentement dans une période de remise en question de ses normes en matière de protection des zones riveraines en milieu agricole. Les nouvelles attentes de la population se sont manifestées lors des audiences publiques sur l'avenir de la production porcine en 2003¹, lors de la CAAAQ² en 2006 et plus récemment par la mobilisation autour de la question de la prolifération des algues bleues. Le gouvernement a annoncé son intention de réviser le programme Prime-Vert et la Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables (PPRLPI).

Une telle remise en question survient à un moment où les problèmes de pollution diffuse se font davantage ressentir sur l'ensemble de la population. Des erreurs dans la conception du réseau de drainage, combinées au fait que la réglementation actuelle est souvent peu appliquée, ont conduit à des problèmes de pollution diffuse en milieu agricole, mais aussi à une dégradation des terres en culture. D'abord, l'érosion des bords de fossés et de la surface des champs a causé un apport excessif d'alluvions (constituées de particules de matières organiques ou minérales fines) et a ainsi entraîné une turbidité élevée de l'eau. La pollution par les engrais et le manque de végétation le long des rives a favorisé l'élévation de la température de l'eau, nuit aux populations aquatiques et a engendré la prolifération d'algues dont certaines peuvent synthétiser des toxines (cyanobactéries).

Plusieurs experts s'entendent sur le fait que la solution réside dans une meilleure protection des zones riveraines. Parmi les solutions proposées, l'implantation de bandes boisées en bordure des cours (bandes riveraines boisées) apparaît comme l'une des plus prometteuses car en plus des avantages écologiques, les bandes boisées sont susceptibles de

¹ Les recommandations 49 à 54 du rapport du BAPE sur l'inscription de la production porcine dans le développement durable portent directement sur la question des bandes riveraines.

² Commission sur l'avenir de l'agriculture et de l'agroalimentaire québécois

fournir un revenu lorsqu'on procède à la récolte des tiges, compensant ainsi une partie des coûts.

Selon la littérature technique (Chesapeake Bay Program, 1999), les bandes riveraines peuvent remplir les fonctions suivantes : stabilisation de la berge, réduction de la température de l'eau, filtration des nutriments, contrôle des crues ou conservation des habitats fauniques. Ces fonctions sont des services rendus par l'agroforesterie mais ils ne sont toutefois pas transigés sur le marché. L'agriculteur qui décide d'employer l'agroforesterie n'est pas rémunéré pour les services qu'il rend à la société. On peut désigner ce type de biens ou de services comme une externalité. Dans la littérature toutefois, on désigne maintenant ce type particulier d'externalité comme un bien ou service environnemental (BSE).³ Les services environnementaux rendus par les bandes riveraines dépendront de leur largeur.

Au Québec, justement parce qu'on reconnaît la présence de services rendus par l'agriculture allant au-delà de la production alimentaire, le gouvernement a mis en place différentes politiques pour favoriser l'aménagement des bandes riveraines. Selon la Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables (PPRLPI), les bandes riveraines doivent avoir une largeur d'au moins trois mètres. Ces bandes peuvent être constituées d'herbacées, d'arbustes ou d'arbres établis naturellement ou plantés.

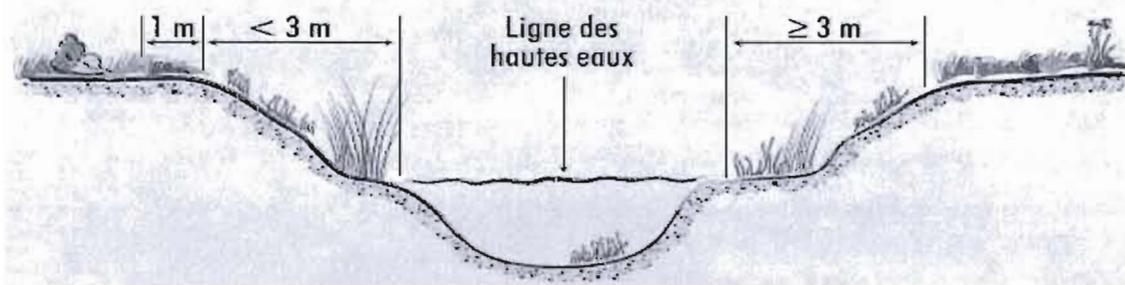


Figure 0.1 - Définition de la bande riveraine selon la PPRLPI

³ Selon Agriculture Canada (2006), les BSE représentent « les avantages que les populations humaines retirent, directement ou indirectement, d'un fonctionnement sain des écosystèmes en évolution, qui englobent l'air, l'eau, le sol et la biodiversité. » Au sens restreint, on a ici considéré le concept de BSE comme désignant uniquement les services non captés par les marchés, désignés comme externalités par les économistes.

Les principales fonctions qu'une bande étroite peut exercer sont la stabilisation de la berge et, dans une moindre mesure, la réduction du transport des contaminants vers le cours d'eau. Pour qu'un système riverain agroforestier puisse assumer de multiples fonctions, celui-ci devra être établi sur une largeur qui va au-delà du minimum normatif (jusqu'à 65 mètres). La figure 0.2 illustre que les bénéfices attendus sont très différents selon la largeur de la bande.

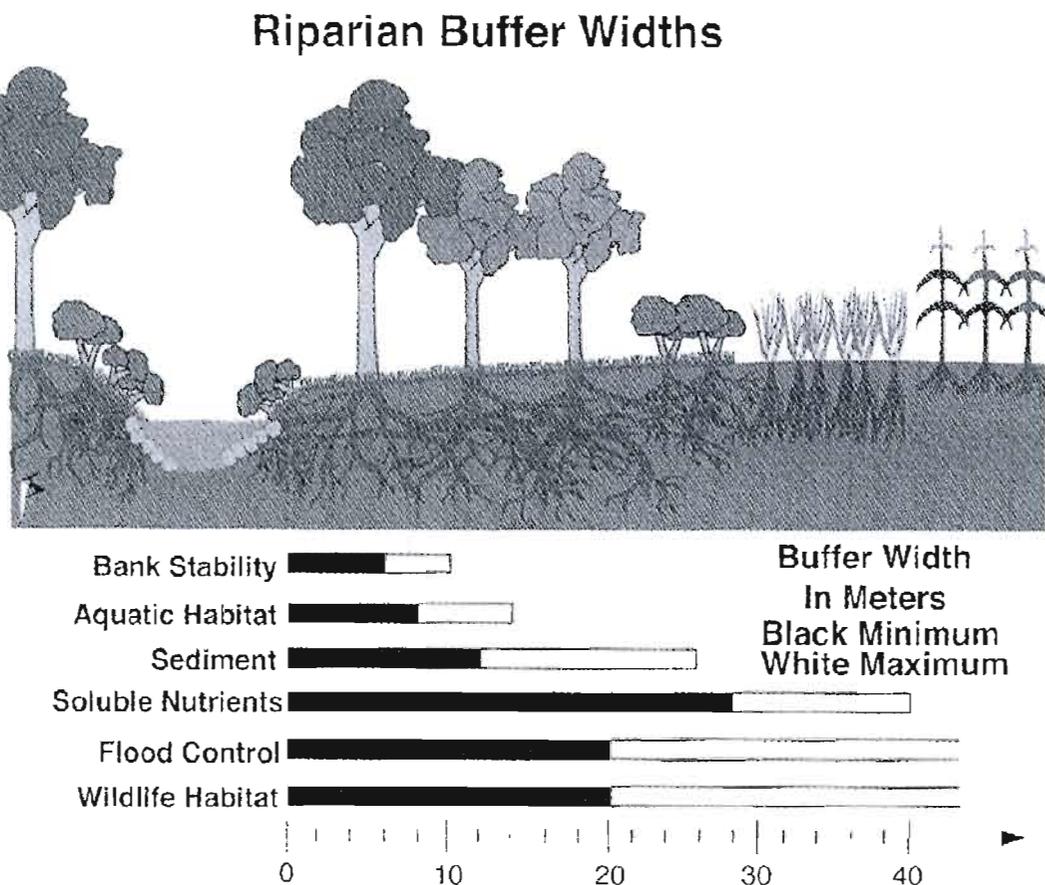


Figure 0.2 Largeurs minimales et maximales de la bande riveraine selon le bénéfice encouru⁵

⁵ Schultz et al. (2000)

On sait toutefois qu'au Québec, les prescriptions relatives aux bandes riveraines, si minimale soient-elles, sont souvent peu ou mal appliquées (MENV2003 et BIO150). Pourtant, des études du MENV indiquent que la culture de peupliers hybrides en bande riveraine apparaît comme rentable pour le producteur.⁶ Toutefois, le MENV indique qu'elle peut difficilement rivaliser avec les cultures de maïs et de soya, qui se voient garanti un revenu annuel net positif dans le cadre du programme ASRA.

0.1 Hypothèses de recherche

L'hypothèse de ce travail vise à vérifier si l'absence de bandes riveraines boisées dans le paysage agricole québécois s'explique par le fait que même si les avantages sociaux compensent en effet les coûts sociaux, du point de vue du producteur agricole, les avantages privés ne compensent pas les coûts privés. Ce cas correspond à la troisième cause décrite plus bas.

0.2 Causes possibles de l'absence de bandes boisées

L'absence de bandes boisées ne signifie pas nécessairement que les coûts liés à l'établissement de bandes boisées en bordure des rivières en milieu agricole surpassent les bénéfices qui y sont associés. Plusieurs causes, notamment du côté privé, pourraient être à l'origine d'une telle absence.

- 1- Information incomplète sur les bénéfices privés
- 2- Perceptions de certains bénéfices
- 3- Coût concentrés (privés) et bénéfices diffus (sociaux)

La première cause avancée, l'information incomplète, pourrait être corrigée par la diffusion de l'information manquante par le gouvernement. Toutefois, l'intervention gouvernementale devient pertinente si et seulement si les bénéfices sociaux sont supérieurs aux coûts du programme de diffusion de l'information. Aussi, il importe de relever la nature fort probablement de court terme de cette cause.

⁶ Ministère de l'environnement (2003b)

Il se peut aussi que, bien que des bénéfices privés liés à l'implantation des bandes riveraines existent, et que les producteurs aient accès à une information complète et parfaite sur ceux-ci, des facteurs tels que la résistance psychologique, font que les producteurs choisissent de percevoir les bénéfices différemment de ce qu'ils sont réellement. Les travaux de Nathan DeBaets, chercheur au Centre d'expertise sur les produits agroforestiers, relèvent que les agriculteurs, même une fois informés de bénéfices privés de l'agroforesterie, sont réticents à adopter de telles pratiques, considérant que le rôle d'un agriculteur est davantage de défricher la terre plutôt que de la reboiser.⁷

« Recent work on agricultural technology adoption has focused on information flows and social learning (Conley and Udry, 2003; Foster and Rosenzweig, 1995; Munshi, 2003; Bandiera and Rasul, 2003). They show that farmers learn how to cultivate a new crop from past choices of others in their social network. However, as Conley and Udry (2003) emphasize, even if information flows were unimportant, individuals may still behave like their peers as a result of interdependent preferences and technologies, or because they are subject to related unobservable shocks.⁸ »

Cette seconde cause comporte plusieurs similarités avec la première et la solution économique appropriée pourrait également relever d'un programme gouvernemental mais les moyens seront différents dans ce cas-ci.

Finalement, l'essentiel du problème pourrait aussi résider dans le fait qu'il s'agit d'un problème classique de coûts concentrés et de bénéfices diffus, comme on en voit beaucoup dans le secteur de l'environnement.

« In practice, there is little agreed data on the economic cost of agricultural externalities. This is partly because the costs are highly dispersed and affect many sectors of economies. It is also necessary to know about the value of nature's goods and services, and what happens when these largely unmarketed goods are lost. Some suggest that the current system of economic calculations grossly underestimates the current and future value of natural capital (Abramovitz, 1997; Costanza et al. 1997; 1999, Daily, 1997; Ecological Economics 1999, vol. 25, issue 1)⁸. »

CHAPITRE 1

⁷ Communication personnelle, Nathan De Baets, 16 mai 2008, L'Islet

⁸ Pretty et al. (2001)

CHAPITRE I

EXTERNALITÉ DE PRODUCTION ET BIEN-ÊTRE SOCIAL (ADAPTATION DE VARIAN)

Pour formaliser le problème économique en présence, nous nous sommes basés sur le modèle classique d'externalités de production pour l'analyse privée et sur le modèle de croissance avec pollution développé par Weitzman (2003)⁹.

Dans Varian (2003), on précise qu'il y a externalité de production lorsque la production d'une firme a un impact sur un bien public non-transigé (la qualité de l'eau entre autres choses) et fait donc subir un coût social à l'ensemble de la société, dont la firme elle-même. Le problème de la firme est donné par le problème de maximisation du profit de l'équation 1.1, où la firme choisit la quantité produite x_p en tenant des coûts qu'elle encoure pour cette production donné par la fonction de coûts privés $c(x_p)$ et de la portion individuelle du coût social qu'elle subit $c_i^s(x_p)$.

$$\text{Max } \pi = p_p \cdot x_p - c(x_p) \quad (1.1)$$

Le bien-être de la société (W) est donné par l'agrégation des *bien-être* individuels (w_i) des N individus composant la société. Le bien-être de chaque agent i dépend non seulement de sa propre utilité (u_i) mais est aussi affecté à la baisse par le coût social de la production de la firme (c_i^s).

$$w_i = u_i - c_i^s \quad (1.2)$$

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (1.3)$$

$$C^s = \sum_{i=1}^N c_i^s \quad (1.4)$$

$$c_i^s \neq c_j^s$$

Le producteur privé, même s'il est affecté lui aussi par le coût social de sa production, n'internalise qu'une très petite partie du coût social total. Une telle situation conduira

⁹ Weitzman (2003), p. 56

généralement à une allocation sous optimale des ressources en cas de libre marché. Le premier théorème de bien-être ne tient plus.

En conclusion, on constate que ce modèle prédit que le producteur privé, une fois tous les impacts pris en compte, n'instaurera pas forcément de lui-même une bande riveraine boisée, même s'il s'agit d'un système agroforestier performant comme celui formé d'arbres à croissance rapide.

C'est le résultat classique du modèle. Dans le modèle d'externalités classique, on voit comment le bien-être de la société est maximisé si l'on parvient à internaliser l'externalité, i.e. à « fusionner » la société et le producteur.

Le modèle de Weitzman fournit un éclairage supplémentaire dans la façon d'y arriver.

1.1 Application du modèle de croissance avec pollution aux bandes riveraines

On considère deux technologies de production, l'une propre (culture de maïs avec bandes riveraines aménagées avec des rangées d'arbres) et l'autre polluante (culture de maïs avec bande riveraine minimale de 3 mètres sans aménagement). La technologie polluante est celle qui prévaut actuellement et elle conduit à la production d'un seul bien : le maïs. Le prix de ce bien (maïs) est variable à la hausse seulement, en raison du programme ASRA qui fixe un seuil minimum. Le prix de l'autre bien (bois) est incertain et variable. La technologie propre est la situation à l'étude et elle conduit à la production de 2 biens : le bois et le maïs. Avec la technologie propre, on suppose toutefois qu'on produira moins de maïs qu'avec la technologie polluante.

Il est à noter que la technologie propre est plus coûteuse pour le producteur que la technologie polluante. Toutefois, la technologie polluante entraîne des externalités négatives pour la société. Il s'agit d'externalités non-rivales (publiques) et multilatérales. Il est à noter que la pollution est ici considérée comme un flux, et non un stock.

CHAPITRE II

MÉTHODOLOGIE

2.1 Analyse avantages-coûts

Nous avons privilégié comme méthode d'évaluation une analyse avantages-coûts plutôt qu'une analyse coût-efficacité. Il s'agit ici de la technique permettant de répondre le mieux à la question de ce travail. En effet, la question est de savoir si l'implantation de bandes riveraines boisées comme méthode de réduction de la pollution diffuse au phosphore est économiquement rentable dans le contexte québécois. Nous aurions eu recours à l'analyse coût-efficacité si on avait été dans un cas où le gouvernement avait spécifié un niveau de nitrates phosphates à atteindre et si on avait voulu comparer plusieurs méthodes de réduction de la pollution. Ici, par l'analyse avantage-coûts, on veut analyser si les bienfaits de la réduction des nitrates et phosphates dans l'eau par l'introduction de bandes riveraines compensent les coûts qui y sont associés.

2.1.1 Méthode incrémentale

L'utilisation d'une méthode incrémentale a été privilégiée pour cette analyse avantages-coûts car elle poursuit l'objectif de mesurer l'avantage économique net d'implanter le projet de bandes riveraines boisées. L'utilisation d'une méthode incrémentale implique que nous portons uniquement attention aux avantages et aux coûts qui changent, et ce, dans le but de déterminer si une telle implantation serait économiquement rentable. En d'autres termes, ce travail fait la comparaison des avantages et des coûts entre le scénario où le producteur laisse une bande de 3 mètres de chaque côté du cours d'eau avec un scénario où nous avons une bande boisée de largeur variant entre 5 et 25 mètres et où par conséquent le producteur agricole subit une perte en surface cultivable (largeur entre 2 et 23 mètres).

L'introduction de systèmes agroforestiers en milieu agricole aura plusieurs impacts sur les pratiques des producteurs. Les implications financières de ces changements de pratique seront mesurées à partir de la technique du budget partiel. Suivant cette méthodologie, quatre éléments de base doivent être pris en considération:

- Les coûts nouveaux:
- Les coûts en moins:
- Les revenus perdus:
- Les revenus en plus:

2.1.2 Analyses privée et sociale

Dans cette analyse avantages-coûts, il y a deux niveaux d'analyse. Premièrement, on procède à l'étude des avantages et des coûts privés de façon à déterminer si le producteur devrait entreprendre de lui-même l'implantation de bandes riveraines. Si le résultat de cette première analyse nous indique que les avantages privés dépassent les coûts privés, ceci signifie, relativement à notre hypothèse de recherche, que l'absence de bandes riveraines boisées en milieu agricole s'explique plutôt par l'une ou les deux premières causes avancées, à savoir une information incomplète sur les avantages ou une mauvaise perception de ceux-ci.

Dans le cas où les résultats de la première analyse (privée) nous indiqueraient plutôt que les coûts privés surpassent les avantages privés, nous passerons au second niveau, soit l'analyse des avantages et des coûts pour la société. Il est en effet possible que même si d'un point de vue privé, l'implantation de bandes riveraines boisées en milieu agricole ne soit pas rentable économiquement, les avantages (BSE) offerts à la société soient quantitativement supérieurs aux coûts occasionnés.

2.2 Identification des avantages et des coûts

Le classement ci-dessous démontre que les systèmes agroforestiers en général fournissent de façon directe ou indirecte de très nombreux biens et services environnementaux (BSE) dont les retombées économiques sont parfois difficiles à évaluer.

Tableau 2.1 Biens et services environnementaux attendus de l'agroforesterie¹⁰

Composante	BSE
Sol	Conservation/Restauration de la structure physique des sols
	Conservation/Restauration de la structure biochimique des sols
	Conservation/Restauration de la biodiversité des sols
Eau	Conservation/Restauration de la qualité physique de l'eau
	Conservation/Restauration de la qualité biochimique de l'eau
	Conservation/Restauration de l'équilibre du régime hydrique
	Conservation/Restauration de la biodiversité des milieux humides et aquatiques
	Contrôle des rejets domestiques et industriels
Air	Conservation/Restauration de la qualité de l'air
	Réduction des odeurs et poussières
	Régulation des propriétés chimiques de l'air
	Régulation du climat
	Diminution des GES
	Séquestration du carbone
	Création de micro-climats favorables
Contrôle du bruit	
Biodiversité	Création d'habitats
	Contrôle des maladies et des invasions par les espèces exotiques
	Pollinisation améliorée des récoltes et de la végétation naturelle
	Conservation/Restauration des populations et des espèces vulnérables et menacées
Social	Conservation/Restauration de milieux propices aux activités récréatives
	Protection du paysage
	Respect et conservation des spécificités culturelles

Dans le cas spécifique des systèmes riverains agroforestiers aménagés en champs cultivés, voici un tableau sommaire des avantages et des coûts attendus. Tel que mentionné précédemment, la principale difficulté de cette analyse avantages-coûts sera de quantifier les avantages et les coûts non-transigés.

¹⁰ Arsenault et al. (2007), p. 4

Tableau 2.2 Avantages et coûts, privés et sociaux, attendus des bandes riveraines boisées en milieu agricole¹¹

Avantages / Coûts	
Bénéfices privés	Bénéfices (nets) de récolte du bois
	Bénéfices liés à l'augmentation de rendement
	Bénéfices de crédits de carbone
	Bénéfices liés à la réduction des pertes de sol (lié à la stabilisation des sols)
	Bénéfices liés à la réduction des dommages dus aux inondations
Coûts privés	Coûts d'implantation
	Coûts d'entretien de la bande boisée (risque d'engorgement de la rivière)
	Coûts liés à la perte de surface cultivable
Subventions et taxes	Bénéfices liés à la subvention Prime-Vert
	Coûts liés à la réduction de l'ASRA
Bénéfices et coûts hors marchés	Bénéfices publics liés à l'amélioration du paysage
	Bénéfices publics liés à la réduction des odeurs
	Bénéfices publics et privés liés à la facilitation de la cohabitation
	Bénéfices publics liés à la réduction de la pollution par les pesticides
	Bénéfices publics et privés liés à la réduction de l'épuisement des sols
	Bénéfices publics liés au renouvellement des nappes phréatiques
	Bénéfices publics liés à l'amélioration de la qualité de l'eau
	Bénéfices publics liés à la réduction du risque de prolifération des algues bleues
	Bénéfices publics liés à l'augmentation de la biodiversité
	Bénéfices publics liés à l'augmentation de la biodiversité dans les champs et dans le cours d'eau
	Coûts privés liés aux changements de pratiques

¹¹ Adapté de Dosskey et al. (1997)

2.3 Unités de calcul

La question du choix de l'unité de calcul se pose et doit être envisagée de façon à faciliter la prise de décision. Puisque nous procédons à deux analyses : privée et sociale, il y aura donc deux décideurs à considérer : le producteur agricole et le décideur public représenté par l'état.

Les simulations ont été réalisées pour trois scénarios d'aménagement agroforestier, de différentes largeurs et implantés en bordure de rivière sur 1000 mètres (un kilomètre). L'unité de calcul est le \$ par kilomètre de rivière protégée pendant 40 ans.

2.4 Actualisation

Le taux d'intérêt annuel considéré est de 4%, une valeur que l'on peut considérer comme moyenne pour une analyse financière du point de vue de l'état. Ce taux est un taux réel, c'est-à-dire dégonflé de l'inflation. Au taux d'inflation actuel (2,5%), le taux nominal correspond à 6,5%.¹²

2.5 Choix de la ferme type

La ferme à l'étude est une ferme où l'on produit du maïs-grain en alternance avec du soya (rotation du type maïs – maïs – soya). Il existe pour un grand nombre de productions agricoles, des modèles de ferme type pouvant nous servir à estimer les coûts et les bénéfices associés à l'implantation de pratiques agroforestières. L'utilisation d'un modèle de ferme est pratique courante dans l'évaluation des coûts d'une réglementation. Par exemple, le Environmental Protection Agency (EPA) utilise un modèle appelé « CAFO's model » comme base de réalisation des analyses bénéfices coûts des réglementations environnementales. Dans le cadre du présent projet, nous avons eu recours aux budgets de culture à l'hectare pour une

¹² Côté, Jean-François (2004)

ferme-type de maïs grain et de soya (voir page suivante)¹³. L'utilisation des données de budget de culture a été privilégiée à des données provenant directement d'une ferme parce notre analyse vise à refléter la prise de décision privée, souvent supporté par des agro-conseillers utilisant de tels budgets. Les tableaux des deux pages suivantes donnent respectivement les budgets de culture à l'hectare pour une ferme-type de maïs-grain et pour une ferme-type de soya.

Pour l'évaluation, nous posons une ferme fictive, de 2500m X 1000m (250 hectares) en superficie cultivable. Cette ferme fictive est adaptée des travaux de Nolet 2004, qui s'inspirent de la ferme céréalière modèle de la Financière agricole du Québec.¹⁴ La ferme est traversée, en son extrémité, par une rivière qui a 1000 mètres de long. Elle est orientée de façon à être perpendiculaire aux vents dominants. Les cultures du champ sont donc protégées du vent par la bande.

Nous avons posé que le site d'implantation se situera à une distance de 40 kilomètres de la pépinière et des ouvriers. Lorsque les bandes boisées sont implantées en bordure de chemins de ferme ou de bâtiments, des économies en coûts de chauffage ou de déneigement peuvent être observées (en raison de la protection qu'offrent les arbres contre le vent). Dans le souci de développer un scénario conservateur, il n'y a toutefois ni bâtiment, ni chemin de ferme sur la ferme fictive.

¹³ Le prix des grains provient des prévisions de compensation de la Financière agricole du Québec pour l'année d'assurance 2007-2008 alors que les coûts des opérations culturales proviennent des coûts totaux et variables du CRAAQ, agdex 740/825, septembre 2006.

¹⁴ Nolet (2004), p. 63

BUDGET MAÏS-GRAIN 2007 L' HECTARE

NOM DE LA FERME: (régie conventionnelle)

2007-11-28

Réalisé par D. Ruel, agronome, MAPAQ et G. Beaugard, agr., consultant

<u>ITEM</u>	<u>QTÉ</u>	<u>PRIX</u>	<u>UNITÉ</u>	<u>COÛTS TOTAUX</u>	<u>DÉBOURS</u>	<u>LE VÔTRE</u>
A- PRODUITS						
Grain 86 % m.s. (kg)	8800	152,00 \$	1000	1 337,60 \$	1 337,60 \$	1 337,60 \$
Comp. ASRA estimée. 2007-08	7900	32,20 \$	1000	254,37 \$	254,37 \$	254,37 \$
Total		184,20 \$		1 591,97 \$	1 591,97 \$	1 591,97 \$
B- DÉBOURS						
<u>1- APPROVISIONNEMENTS:</u>						
Semen. mod. génétiquement	80000	155,00 \$	80000	155,00 \$	155,00 \$	155,00 \$
Fertilisants (160-50-75)						
0-0-60	125	422,00 \$	1000	52,75 \$	52,75 \$	52,75 \$
22-22-0 au nitrate	225	509,50 \$	1000	114,64 \$	114,64 \$	114,64 \$
32-0-0 (gal US)	68,5	340,00 \$	200	116,45 \$	116,45 \$	116,45 \$
Pierre à chaux	0,5	30,00 \$	1	15,00 \$	15,00 \$	15,00 \$
Pesticides pré-levée **						
FRONTIER (l)	1,25	44,80 \$	1	56,00 \$	56,00 \$	56,00 \$
MARKSMAN (l)	4,5	119,49 \$	10	53,77 \$	53,77 \$	53,77 \$
Total **Si les vivaces ont été détruites l'année précédente				563,61 \$	563,61 \$	563,61 \$
<u>2- OPÉRATIONS CULTURALES</u>						
				<u>À FORFAIT</u>	<u>Coûts variables</u>	
Labour (loam)				71,08 \$	25,02 \$	25,02 \$
Hersage lourd (loam)				16,83 \$	5,94 \$	5,94 \$
Cultivateur (loam)				13,38 \$	4,41 \$	4,41 \$
Épandage engrais 2 fois (tracteur seul)				7,62 \$	1,46 \$	1,46 \$
Semoir 8 rangs				39,28 \$	8,92 \$	8,92 \$
Pulvérisation 1 fois				11,77 \$	2,37 \$	2,37 \$
Sarclage 8 rangs 1 fois				20,24 \$	3,93 \$	3,93 \$
Batteuse 8 rangs				74,50 \$	24,40 \$	24,40 \$
Wagon à grain 20 m ³				28,01 \$	8,30 \$	8,30 \$
Transport champ-séchoir à forfait		6,00 \$	la tonne	52,80 \$	8,30 \$	8,30 \$
Total				335,51 \$	93,05 \$	93,05 \$
<u>3- ENTREPOSAGE- MARKETING</u>						
Séchage (28 à 14 %)	8800	26,01 \$	1000	272,80 \$	228,87 \$	228,87 \$
Entrep.-aér. 505 t	8800	1,30 \$	1000	55,09 \$	11,44 \$	11,44 \$
Transport hors ferme à forfait	8800	9,50 \$	1000	83,60 \$	83,60 \$	83,60 \$
Plan conjoint	8800	1,30 \$	1000	11,44 \$	11,44 \$	11,44 \$
Total				422,93 \$	335,35 \$	335,35 \$
<u>4- AUTRES FRAIS</u>						
Assur-récolte 85 %	8800	174,00 \$	3,28%	42,69 \$	42,69 \$	42,69 \$
Contribution ASRA estimée 2007-08				102,06 \$	102,06 \$	102,06 \$
Main-d'œuvre salariée	5	14,00 \$	1	- \$	70,00 \$	70,00 \$
Location de la terre				240,00 \$	- \$	- \$
Entretien de la terre + taxes foncières				54,34 \$	74,00 \$	74,00 \$
Intérêts marge crédit	1280,76	7,5%	9	72,04 \$	72,04 \$	72,04 \$
Total			mois	511,13 \$	360,79 \$	360,79 \$
TOTAL DÉBOURS				1 833,18 \$	1 352,80 \$	1 352,80 \$
C- MARGE PRODUITS SUR DÉBOURS (A - B)				- 241,21 \$	239,17 \$	239,17 \$
D- DÉBOURS \$ /tonne						153,73 \$

BUDGET SOYA 2007 L' HECTARE

NOM DE LA FERME: ROUNDUP READY

2007-11-30

Adapté par:

Réalisé part D. Ruel, agronome MAPAQ et G. Beauregard, agr., consultant

<u>ITEM</u>	<u>QTÉ</u>	<u>PRIX</u>	<u>UNITÉ</u>	<u>COÛTS TOTAUX</u>	<u>DÉBOURS</u>	<u>LE VÔTRE</u>
A- PRODUITS						
Grain 88 % m.s. (kg)	3000	340,00 \$	1000	1 020,00 \$	1 020,00 \$	1 020,00 \$
Comp. ASRA prév. 2007-08	2700	- \$	1000	- \$	- \$	- \$
Paille non pressée 84,5 % (kg)	1470	34,00 \$	1000	49,98 \$	49,98 \$	49,98 \$
Total		340,00 \$		1 069,98 \$	1 069,98 \$	1 069,98 \$
B- DÉBOURS						
<u>1- APPROVISIONNEMENTS:</u>						
Semence RR	110	42,50 \$	22,7	205,95 \$	205,95 \$	205,95 \$
Inoculant (enveloppe)	125	111,00 \$	681	17,93 \$	17,93 \$	17,93 \$
Fertilisants (30-50-40)						
15-25-20	200	520,23 \$	1000	104,05 \$	104,05 \$	104,05 \$
Pierre à chaux	0,2	30,00 \$	1	6,00 \$	6,00 \$	6,00 \$
Pesticides en post-levée hâtive						
ROUNDUP WEATHERMAX (I)	1,67	15,00 \$	1	25,05 \$	25,05 \$	25,05 \$
				358,98 \$	358,98 \$	358,97 \$
<u>2- OPÉRATIONS CULTURALES</u>				<u>À FORFAIT</u>	<u>Coûts variables</u>	
Labour (loam)				71,08 \$	25,02 \$	25,02 \$
Hersage lourd 1 fois				16,83 \$	5,94 \$	5,94 \$
Épandage engrais 1 fois (tracteur seulement)				3,81 \$	0,73 \$	0,73 \$
Hersage léger (cultivateur) 1 fois				13,38 \$	4,41 \$	4,41 \$
Rouleau 1 fois				22,59 \$	7,42 \$	7,42 \$
Semoir à céréales				27,93 \$	5,99 \$	5,99 \$
Ramasseuse de pierres				74,24 \$	14,77 \$	14,77 \$
Transport de la pierre				29,23 \$	4,70 \$	4,70 \$
Pulvérisation 1 fois				11,77 \$	2,37 \$	2,37 \$
Batteuse 7,6 m				96,29 \$	25,00 \$	25,00 \$
Transport au champ: wagon à grain benne 20 m ³				15,39 \$	4,67 \$	4,67 \$
Transport du champ au silo		6,00 \$	/ tonne	18,00 \$	4,67 \$	4,67 \$
Total				400,54 \$	105,69 \$	105,69 \$
<u>3- ENTREPOSAGE- MARKETING</u>						
Séchage à la ferme	3000	1,27 \$	1000	3,81 \$	3,81 \$	3,81 \$
Entreposage 277 t	3000	1,53 \$	1000	21,84 \$	4,59 \$	4,59 \$
Transport au point de vente	3000	9,50 \$	1000	28,50 \$	28,50 \$	28,50 \$
Plan conjoint	3000	1,40 \$	1000	4,20 \$	4,20 \$	4,20 \$
Total				58,35 \$	41,10 \$	41,10 \$
<u>4- AUTRES FRAIS</u>						
Assur-récolte 85 %	3000	317,00 \$	2,18%	17,62 \$	17,62 \$	17,62 \$
Contribution ASRA préél. 2007-08				20,48 \$	20,48 \$	20,48 \$
Main-d'œuvre salariée	4,2	14,00 \$	1	- \$	58,80 \$	58,80 \$
Location de la terre				240,00 \$	- \$	- \$
Entretien de la terre + taxes foncières				53,60 \$	74,00 \$	74,00 \$
Intérêts marge crédit	676,66	7,75%	9	39,33 \$	39,33 \$	39,33 \$
Total			mois	371,03 \$	210,23 \$	210,23 \$
TOTAL DÉBOURS				1 188,90 \$	716,00 \$	716,00 \$
C- MARGE PRODUITS SUR DÉBOURS (A - B)				- 118,92 \$	353,98 \$	353,98 \$
D- DÉBOURS \$/tonne						238,67 \$

2.6 Choix des systèmes agroforestiers

La rentabilité privée de trois systèmes agroforestiers a été évaluée pour cette étude. Pour chaque système agroforestier, nous avons postulé une implantation sur les deux côtés d'une rivière de 1000 mètres de long.

Les deux premiers systèmes sont élaborés de façon à permettre une certaine captation des nutriments tout en minimisant les coûts privés et en maximisant la production de matière ligneuse. Dans le choix des espèces, des essences à croissance rapide ont été privilégiées. Les deux systèmes diffèrent toutefois en largeur. Le premier système, développé par les chercheurs Daniel Gagnon et Benoît Truax, de l'Institut de sciences de l'environnement (ISE) de l'UQAM, implique une largeur de 5 mètres¹⁵ alors que le second modèle, développé par le CEPAF propose une largeur minimale de 10 mètres.¹⁶ Il existe une controverse en ce qui concerne la largeur minimale que doit avoir une bande riveraine pour pouvoir filtrer efficacement la pollution diffuse. Les travaux de recherche dans le domaine se poursuivent encore et pour cette raison, nous avons préféré conserver les deux scénarios. Le dernier scénario fait quant à lui fi des critères économiques pour viser une production élevée de biens et services environnementaux (BSE).

Les espèces choisies pour les différents systèmes agroforestiers ont été regroupées en quatre grandes catégories. Le choix d'une espèce spécifique à l'intérieur d'une même catégorie dépendra de l'appariement entre les conditions du site d'implantation et les préférences écologiques des végétaux. Le Tableau 2.3 de la page suivante dresse la liste des catégories d'espèces.

¹⁵ Communication personnelle avec Daniel Gagnon, professeur en biologie végétale à l'Institut des sciences de l'environnement à l'UQAM, mars 2007

¹⁶ Vézina et al. (2007c), p. 1

Tableau 2.3 Liste des espèces de végétaux utilisées regroupées par catégories

Catégories	Espèces	
	Nom commun	Nom latin
Feuillus nobles (FEN)	Chêne rouge	<i>Quercus rubra</i>
	Chêne à gros fruits	<i>Quercus macrocarpa</i>
	Frêne d'Amérique	<i>Fraxinus americana</i>
	Frêne de Pennsylvanie	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>
	Érable à sucre	<i>Acer saccharum</i>
Peupliers hybrides (PEH)	Peuplier hybride	<i>Populus hybrid</i>
Saules hybrides (SAH)	Saule hybride	<i>Salix hybrid</i>
Arbustes (ARBU)	Viorne trilobée	<i>Viburnum trilobum</i>
	Sureau blanc	<i>Sambucus canadensis</i>
	Aronia noir	<i>Aronia melanocarpa</i>

2.6.1 Système agroforestier à production de peupliers (UQAM)

Ce système agroforestier, encore au stade de l'expérimentation, a été conçu de façon à minimiser l'espace occupé par la bande boisée. Avec une largeur de cinq mètres, la bande boisée n'occasionne qu'une perte de superficie cultivable de deux mètres, entrant ainsi moins en compétition avec les cultures adjacentes. Le choix du peuplier hybride (PEH) se justifie par son grand besoin en phosphore. Il s'agit d'une parfaite adéquation entre les préférences écologiques de l'espèce et les caractéristiques du milieu. Afin de maximiser la captation des nutriments dans les tiges, on procède à une récolte complète des tiges de PEH à tous les vingt ans. Pour les feuillus nobles, la récolte se fera aux quarante ans. Une première rangée de feuillus nobles est plantée à 0,5 mètre du bord de la rivière. Trois rangées de peupliers hybrides sont plantés, chacune séparée d'un mètre. Il faut laisser 1,5 mètre supplémentaire de distance entre la dernière rangée et les cultures du champ.

2.6.2 Système agroforestier à production de saules (CEPAF)

Le Centre d'expertise sur les produits agroforestiers préconise quant à lui une bande végétalisée de dix mètres incluant une production de saules comme modèle à production maximale de matière ligneuse. Ce système, en plus de remplir les fonctions écologiques normales d'un écosystème riverain, possède également une fonction économique susceptible

d'accroître l'intérêt des agriculteurs pour les systèmes riverains larges. Les saules, qui sont implantés dans la rangée adjacente au champ, produisent des quantités importantes de biomasse pouvant être utilisée dans la fabrication de panneaux de particules ou de bioéthanol. En outre, les tiges de saules peuvent être récoltées de façon mécanisée, ce qui augmente l'efficacité de l'entretien du système riverain et l'attrait de cette production pour les producteurs agricoles. Le saule sera récolté à tous les trois ans alors que les feuillus nobles seront récoltés aux quarante ans.

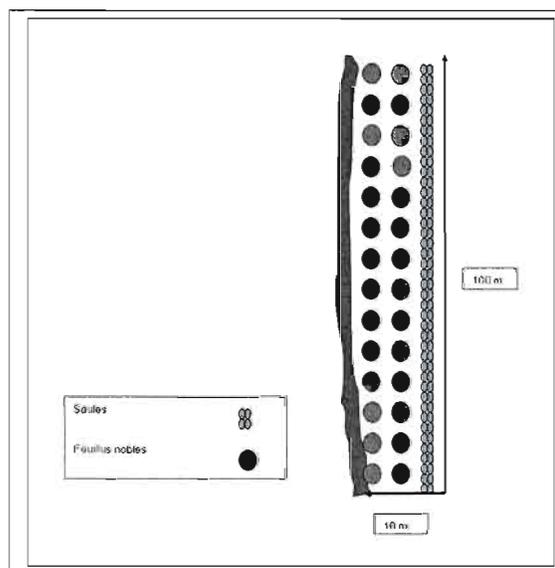


Figure 2.1 - Schéma d'implantation
Modèle à production de saules (CEPAF)¹⁷

2.6.3 Système agroforestier à production élevée de BSE (Missouri)

Le modèle agroforestier « Missouri » est considéré comme un des systèmes de protection des berges les plus efficaces. Ce statut lui est conféré d'abord en raison de sa diversité en strates et en espèces (Schultz et coll., 2000) mais surtout par sa largeur relativement importante. Le système, d'une largeur totale d'environ 25 mètres, est composé de trois zones distinctes qui remplissent des fonctions écologiques spécifiques. « La combinaison d'arbres, d'arbustes et d'herbacées protège les sols contre le ruissellement, stabilise les berges, réduit la pollution diffuse et fournit un habitat intéressant pour plusieurs

¹⁷ Vézina et al. (2007c), p. 14

espèces animales et végétales.»¹⁸ Il possède donc le potentiel de produire un nombre intéressant de biens et services environnementaux. Ce système riverain agroforestier est proposé comme modèle dans bon nombre de publications (Schultz et coll., 2000) par l'Université du Missouri (d'où son appellation), base de l'Agroforestry Centre.

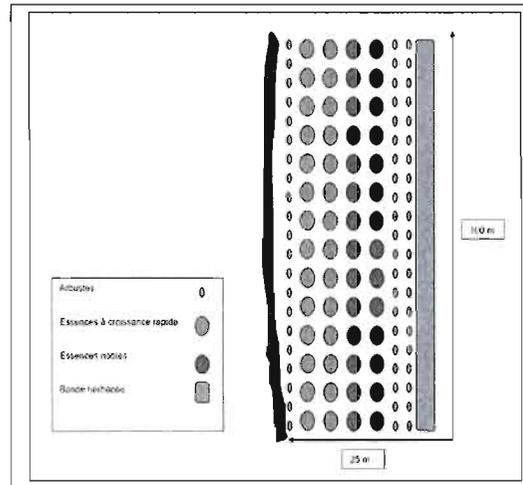


Figure 2.2 – Schéma d'implantation
Système agroforestier à production élevée de BSE (Missouri)¹⁹

¹⁸ Vézina et al. (2007c), p.1

¹⁹ Vézina et al. (2007c), p. 13

Tableau 2.4 – Synthèse des paramètres des systèmes agroforestiers

	Système UQAM (peupliers)	Système CEPAF (saules)	Système Missouri
Rangée 1	FEN	FEN	ARBU
Espacement (m)	1	3	2
Rangée 2	PEH	FEN	PEH
Espacement (m)	1	3	3
Rangée 3	PEH	SAH*	PEH
Espacement (m)	1	0,375	3
Rangée 4	PEH	n.a.	FEN
Espacement (m)	1	n.a.	3
Rangée 5	n.a.	n.a.	FEN
Espacement (m)	n.a.	n.a.	3
Rangée 6	n.a.	n.a.	ARBU
Espacement (m)	n.a.	n.a.	2
Rangée 7	n.a.	n.a.	ARBU
Espacement (m)	n.a.	n.a.	2
Distance entre la rivière et la 1 ^{ère} rangée (m)	0,5	2,5	2,5
Espacement entre les rangées (m)	1	3	3
Distance entre la dernière rangée et le champ	1,5	1,5	3,5
Largeur (m)	5	10	25
Longueur (m)	2 000	2 000	2 000
Superficie (ha)	1,0	2,0	5,0
Superficie (ha) avec loi	0,4	1,4	4,4
Nombre de tiges plantées	FNO 2 000 PEH *6 000	FNO 1 333 SAH *5 333	ARBU 3 000 FNO 1 333 PEH *1 333
Hauteur de la haie à maturité (m)	25	15	25
Croissance annuelle (m/an)	1,5	0,5	1,5

CHAPITRE III ANALYSE PRIVÉE

Pour réaliser l'analyse avantages-coûts privée, nous avons eu recours à un modèle développé par le Centre d'expertise sur les produits agroforestiers (CEPAF). Ce modèle détermine la marge actualisée entre, d'une part, les revenus en bois et en amélioration des rendements qu'engendre au fil des ans le système agroforestier et, d'autre part, ses coûts d'implantation et d'entretien et les pertes liées à la réduction de l'espace cultivable. Les paramètres, de même que les variables, à spécifier pour ce modèle sont fournis en annexe A.

Les coûts et les revenus surviennent à différents moments du projet. Ci-dessous, la figure 3.1 donne la structure temporelle de la réalisation chaque coût et bénéfices. Certaines activités ne surviennent qu'une fois alors que d'autres (encadrés) se répèteront sur un certain nombre d'années et à une fréquence prédéfinie.

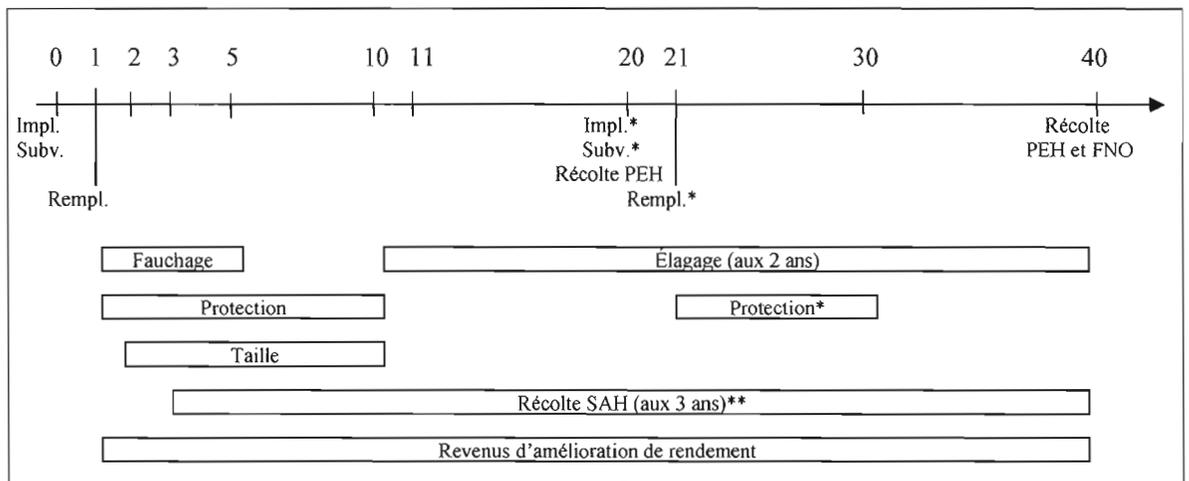


Figure 3.1 - Structure temporelle des coûts et revenus privés des systèmes agroforestiers

* Seulement pour les scénarios avec bois de PEH de qualité élevée (systèmes UQAM et Missouri)

** Seulement pour le système agroforestier CEPAF

On remarque que les coûts d'implantation peuvent survenir deux fois (à l'année 0 et à l'année 20) si on replante les tiges de peupliers hybrides dans le but d'obtenir une qualité maximale de bois. Le revenu de subvention Prime-Vert se réalise simultanément avec les coûts d'implantation. C'est le schéma temporel des coûts d'entretien qui est plus complexe. L'entretien comporte des activités de remplacement, de fauchage, d'installation de protection contre les rongeurs, de taille et d'élagage. Ces activités d'entretien ne sont pas appliquées à toutes les espèces et sont plus amplement décrites à la section 3.2.2. Les revenus de récolte surviendront à des moments différents selon l'espèce récoltée. Les saules hybrides, présents seulement dans le système CEPAF, fourniront un revenu de récolte de l'année 3 à l'année 40, à chaque 3 ans, alors que les peupliers hybrides (PEH) seront récoltés après 20 ans et 40 ans. Finalement, les revenus liés à l'augmentation de rendement des cultures débutent à l'année 1 et se répètent ensuite chaque année jusqu'à la fin du projet, à 40 ans.

Les sections suivantes nous fournissent le détail du calcul de chaque élément (revenu de récolte ou coût de l'élagage par exemple) constituant les revenus et les coûts énumérés ci-dessus. Chaque élément a d'abord été calculé sur une base annuelle et non-actualisée. Chaque élément sera ensuite regroupé selon la structure temporelle décrite à la figure 3.1 et actualisé pour le calcul la valeur actuelle nette associée à chaque scénario d'aménagement agroforestier.

3.1 Quantification des bénéfices privés

3.1.1 Bénéfices (nets) de récolte du bois

Les volumes de bois récoltables ont été calculés à partir de tables de cubage²⁰ et de mesures effectuées dans des haies brise-vent de la Mauricie. Les prix du bois sont ceux du marché en juin 2006 dans cette région.²¹ Ils varient en fonction de la qualité du bois récolté et selon sa destination (voir Tableau 3.1). Il importe de noter que le prix des feuillus nobles

²⁰ Honer, T.G. et al. (1983)

²¹ Les prix correspondent aux prix de bois affichés par les acheteurs en juin 2006 (Patrick Lupien, communication personnelle).

utilisés pour le déroulage est une prévision optimiste puisque celui-ci peut varier de \$130.00/m³ à \$193.00/m³ selon l'essence et la qualité.

Tableau 3.1 Calcul des bénéfices de récolte du bois pour chaque niveau de scénario²²

	Système UQAM (peupliers)		Système CEPAF (saules)		Système Missouri		
	FNO	PEH	FNO	SAH	ARBU	FNO	PEH
Nombre de tiges plantées	2 000	*6 000	1 333	*5 333	3 000	1 333	*1 333
Nombre d'arbres requis pour 1 m ³ (ou pour 1 tonne M.S. dans le cas du SAH)	1,05	1,39	1,05	889	n.a.	1,05	1,39
Volume de bois (m ³ ou tonne M.S. pour SAH)	1 904,76	4 316,55	1269,52	5,99	n.a.	1 269,52	958,99
Prix (\$/m ³ ou \$/t M.S.)	193,00\$ ²³	42,00\$ ²⁴ 70,00\$ ²⁵	193,00\$	85,00\$ ²⁶	n.a.	193,00\$	42,00\$ 70,00\$
Revenus bruts en bois (\$ non-actualisés)	367 619,05 \$	181 294,96 \$ 302 158,27 \$	245 018,10 \$	509,90 \$	n.a.	245 018,10 \$	40 277,70 \$ 67 129,50 \$
Revenus nets en bois (\$ non-actualisés)	128 666,67 \$	63 453,24 \$ 105 755,40 \$	85 756,33 \$	178,47 \$	n.a.	85 756,33 \$	14 097,19 \$ 23 495,32 \$

* Le saule et le peuplier hybrides sont récoltés plus d'une fois sur la durée du projet (40 ans)

Les revenus nets ont été calculés en multipliant les volumes de bois par le prix de celui-ci et par un facteur de 0,35 pour tenir compte des frais d'exploitation. Des revenus en bois sont obtenus après trois ans et vingt ans avec les modèles intégrant respectivement le saule hybride et le peuplier hybride et au bout de quarante ans avec ceux intégrant les feuillus nobles. On a posé la récolte pour toutes les catégories d'espèces. On a posé un entretien maximal afin d'obtenir la qualité maximale de bois pour chaque catégorie. Il importe de mentionner que pour les saules et les peupliers hybrides, une fois coupée, la tige repousse d'elle-même car il s'agit de cultivars (clones). Il n'est donc pas nécessaire de procéder à une seconde plantation. Cependant, si l'on souhaite obtenir la qualité de bois maximale pour le peuplier hybride, il vaut mieux replanter.²⁷

²² Tiré du chiffrier du CEPAF, obtenu d'une communication personnelle avec Michel Labrecque

²³ Prix pour du bois de feuillu noble vendu comme bois de déroulage.

²⁴ Prix pour du bois de peuplier vendu comme biomasse.

²⁵ Prix pour du bois de peuplier vendu comme bois de déroulage.

²⁶ Prix pour du bois de saule hybride vendu comme pâte à papier ou biomasse.

²⁷ Communication personnelle, André Bouchard, IRBV, 3 août 2008

3.1.1.1 Marge de profit sur la récolte des végétaux

Dans le modèle, on suggère d'utiliser une marge de profit de 35%¹¹ sur la vente de bois en précisant que la récolte sera faite à forfait. En posant que l'agriculteur procédera lui-même à la récolte (lors de la saison morte par exemple), on peut faire une analyse de sensibilité sur la marge de profit de 35% et déterminer ainsi le seuil de rentabilité. Cette analyse est effectuée à la section 3.5 à la page 49.

3.1.2 Bénéfices liés à l'augmentation de rendement

Une bande boisée orientée perpendiculairement aux vents dominants peut entraîner des augmentations de rendement pour les cultures adjacentes. Ces augmentations ont été fixées à 10 % sur 10 fois la hauteur de la bande, en se basant sur les travaux de Baldwin et Johnston (1984),²⁸ obtenus avec la culture du maïs et du soya en Ontario. Ce pourcentage tient compte de l'interaction entre les plantes et les cultures qui ont un effet négatif sur le rendement. Les effets bénéfiques d'une haie varient significativement d'une année à l'autre en fonction de nombreux facteurs tels que : la culture; le régime hydrique; la vitesse des vents; la température; etc.

La hauteur de la haie ne sera pas la même selon les espèces du système agroforestier. Les modèles UQAM et Missouri, qui comportent des peupliers hybrides, pourront atteindre la hauteur de 25 mètres à la 17^e année. Pour les années précédentes, nous avons utilisé les données de croissance du CEPAF qui sont de 1,5 mètre/année. La bande du modèle CEPAF pourra quant à elle atteindre la taille maximale de 15 mètres à l'année 30, avec une croissance de 0,5 mètre/année pour les années précédentes.

²⁸ On peut citer aussi les travaux : Nolet et Jacques (2007) et Kort, J. (1988).

Tableau 3.2 – Croissance et hauteur selon la catégorie d'espèces²⁹

	Hauteur de la haie à maturité	Croissance annuelle
PEH	25 m	1,5 m/an
FEN	15 m	0,5 m/an
SAH	6 m	0,5 m/an
ARBU	3 m	0,5 m/an

L'augmentation des revenus de 10% a été calculée à partir des budgets de culture de 2007 de Guy Beaugard et André Brunelle, agronomes au MAPAQ de Nicolet (fournis aux pages 23 et 24) La rotation considérée est : maïs-grain – maïs-grain – soya. Les revenus d'exploitation associés à ces deux cultures sont respectivement de 1 591,97\$/ha et 1070,00\$/ha. Ces revenus correspondent à des rendements de 8800 kg de maïs par hectare et 3000 kg de soya par hectare. Les revenus incluent les compensations ASRA prévues pour l'année 2007-2008. Le prix des grains provient des prévisions de compensation de la Financière agricole du Québec pour l'année d'assurance 2007-2008 alors que les coûts des opérations culturales proviennent des coûts totaux et variables du CRAAQ.³⁰

Les augmentations de rendement (AR_i) ont donc été calculées, pour chaque année, des années 1 à 40, en multipliant dix fois la hauteur de la haie (H_i) par une augmentation de 10% des revenus de l'année en cours (R_i). Les équations 1 à 4 illustrent le modèle décrit. La variable n représente le nombre d'années écoulées depuis le début du projet alors que le paramètre C_s indique la croissance annuelle de la bande selon le modèle évalué. Les augmentations de rendement de chaque année sont présentées à l'annexe 2 et sont synthétisées dans le Tableau 3.3 de la page suivante.

$$AR_i = 10H_i * 0,1R_i \quad \text{où } i \text{ est l'année en cours } \quad \forall i \in \{1 : 40\} \quad (3.1.1)$$

$$H_i = C_s * n \quad \text{où } s \text{ indique le modèle (UQAM, Missouri et CEPAF)} \quad (3.1.2)$$

$$\text{où } n \in [0 : 40]$$

$$\bar{H}_i = 25 \quad \text{si } C_s = C_{\text{UQAM - Missouri}} = 1,5$$

$$\bar{H}_i = 15 \quad \text{si } C_s = C_{\text{CEPAF}} = 0,5$$

$$\begin{aligned} R_i &= 1070,00 && \text{si } i \text{ est un multiple de 3 ;} \\ R_i &= 1591,97 && \text{sinon} \end{aligned} \quad (3.1.3)$$

²⁹ CEPAF (2008)

³⁰ Agdex 740/825, septembre 2006

Tableau 3.3 – Calcul des améliorations en rendement

	Systèmes UQAM et Missouri (peupliers)	Système CEPAF (saules)
Hauteur de la haie à maturité (\bar{H}_t)	25 m	15 m
Croissance annuelle (C_s)	1,5 m/an	0,5 m/an
Gains en rendement (AR_t)	de 23,88\$ à 398,00\$	de 7,96\$ à 238,80\$

3.1.3 Bénéfices de crédits de carbone

En raison des positions du Canada par rapport au Protocole de Kyoto, il n'y a pas encore de véritable marché pour les crédits de carbone au Canada. Il est possible pour un producteur canadien de vendre des crédits de carbone sur le « *Chicago Climate Exchange* » (CCX) mais il s'agit là de ventes effectuées par spéculation. Le CCX est un parquet boursier pour émissions volontaires où les entreprises qui produisent des gaz à effets de serre (GES) peuvent prendre une longueur d'avance sur leurs réductions d'émissions, cherchent ainsi à réduire leurs risques à long terme.³¹ Des instances, telles que le Conseil canadien du porc,³² le MAPAQ³³ et Financement agricole Canada, recommandent d'ailleurs aux producteurs d'être particulièrement prudents avec les propositions des courtiers du carbone.

Dans le souci de développer un scénario conservateur, et aussi parce que les données sur la captation du carbone par chacun des trois systèmes agroforestiers à l'étude n'étaient pas disponibles au moment de rédiger cette étude, les revenus liés aux crédits de carbone n'ont pas été inclus, et ce, même s'il est possible que des bénéfices soient encourus sur les quarante ans du projet. Ce faisant, la décision privée actuelle sera modélisée plus fidèlement.

3.1.4 Bénéfices liés à la réduction des pertes de sol (lié à la stabilisation des sols) et à la réduction des dommages dus aux inondations

Ces deux catégories de bénéfices n'ont pu être incluses dans l'analyse coûts-bénéfices privés car ces types d'impacts n'ont pas encore pu être quantifiés pour les systèmes agroforestiers à l'étude. La recherche sur l'agroforesterie est assez récente au Québec. La

³¹ Bulletin sur les crédits de carbone, Conseil canadien du porc, juillet 2006

³² MacLEOD, C. (2006)

³³ LEASE, N. (2006)

présente étude tente de comprendre les mécanismes de la décision privée sur l'implantation de modèles agroforestiers. On pourrait supposer que l'absence de données quantitatives sur ces bénéfices pourrait en partie expliquer le faible intérêt des producteurs agricoles pour l'implantation de bandes riveraines boisées en champ cultivé.

Il faut toutefois mentionner qu'il serait erroné d'attribuer une valeur nulle à ces bénéfices. En effet, « la présence des arbres est reconnue pour avoir une action positive dans la lutte contre l'érosion éolienne et hydrique (MAPAQ, 2002)»³⁴, contribuant ainsi à préserver la fertilité des sols. Les études de Teklehaimanot (1991) ont montré que même en bandes riveraines, des arbres matures peuvent diminuer la vitesse du vent au sol et ainsi augmenter la rugosité générale de l'espace agricole.

En conséquence, les particules les plus fines du sol, qui sont aussi associées à sa fertilité (débris de matière organique, particules d'argile et limons), ne sont plus emportées. [...] les arbres jouent contre l'érosion hydrique en diminuant l'impact au sol de la pluie et en favorisant sa pénétration et son drainage. Lorsque le sol est nu, les sols riches en particules fines risquent en effet d'être rapidement saturés en eau. Celle-ci s'écoule alors en surface, entraînant avec elle les particules fines du sol³⁵.

Les aménagements [bandes riveraines] qui contrôlent l'érosion hydrique agissent comme une barrière physique qui ralentit la vitesse d'écoulement du ruissellement et réduit ainsi son pouvoir érosif.³⁵

De tels impacts se traduisent nécessairement par des gains privés pour les producteurs agricoles. Il est toutefois extrêmement difficile de les chiffrer et notre revue de littérature ne nous a pas permis de relever des études quantifiant ces bénéfices.

³⁴ Anel (2003), p. 64

³⁵ Martel et al. (2006), p. 38

3.2 Quantification des coûts privés

3.2.1 Coûts d'implantation

Le Tableau 3.4 résume les paramètres permettant d'établir les coûts d'implantation et d'entretien. Les deux prochaines sections énonceront la façon dont ces paramètres sont utilisés par le modèle pour calculer les coûts d'implantation et d'entretien fournis au tableau 3.14.³⁶ Pour ce faire, il a d'abord fallu dégager les coûts fixes et les coûts variables utilisés par le chiffrier électronique du CEPAF. Certains coûts variables sont exprimés par mètre, alors que d'autres sont plutôt par tige.

Tableau 3.4 – Synthèse des paramètres liés à l'implantation et à l'entretien

Paramètres liés à l'implantation		Valeur
Prix d'un rouleau de paillis de plastique de 1,2 ou 1,5 m de large		175,00 \$
Prix d'une collerette		0,15 \$
Prix unitaire des broches servant à fixer les collerettes		0,10 \$
Taux horaire pour la main d'œuvre lors de l'établissement et l'entretien de la haie (\$/h)		20,00 \$
Frais de déplacement (\$/km)		0,40 \$
Taux horaire pour les travaux mécaniques de préparation du sol (\$/h)		60,00 \$
Frais de déplacement avec la machinerie (\$/km)		0,70 \$
Prix d'une spirale de protection contre les rongeurs		1,00 \$
Prix d'une gaine de protection contre les chevreuils (installation comprise)		6,00 \$
Largeur du paillis de plastique utilisé		4
Coûts des végétaux (\$)	Peupliers hybrides (PEH)	2,25 \$
	Feuillus nobles (FNO)	2,55 \$
	Arbustes (ARB)	3,25 \$
	Saules hybrides (SAH)	2,25 \$
Plans et devis (montant forfaitaire)		250\$ par ferme
Inscrire la distance entre le site d'établissement et le point de départ des ouvriers		40 km par ferme
Pourcentage des coûts d'établissement sera remboursé par des subventions		90%
Établissement ou non avec des arbres de fort calibre		Non
Paramètres liés à l'entretien		Valeurs
Taux horaire pour la main d'œuvre lors de l'établissement et l'entretien de la haie (\$/h)		20,00 \$
Frais de déplacement (\$/km)		0,40 \$
Part des frais d'implantation prévus pour le remplacement des arbres mort la 1 ^{re} année		10%
Taux horaire (machinerie et main d'œuvre) pour le fauchage et l'inspection phytosanitaire (\$/h)		45,00 \$

³⁶ Rappelons que les coûts et les revenus sont d'abord présentés sous forme non-actualisée et pour une seule réalisation, pour être ensuite regroupés et actualisés selon l'horizon temporel de la figure 3.1.

Nombre de fauchages par année	2
Frais de déplacement avec la machinerie (\$/km)	0,70 \$
Remplacement des arbres morts la première année	Oui
Fauchage et inspection phytosanitaire (2 fois par an, 1 à 5 ans)	Oui
Taille de formation (tous les ans, de 2 à 10 ans)	Oui
Élagage (tous les 2 ans, de 10 à 30 ans)	Oui
Protection contre les ravageurs	Contre les chevreuils et les rongeurs

Les coûts d'implantation des trois modèles prennent en compte la planification, la préparation du sol, la pose du paillis de plastique (1,2 m de largeur), la plantation des végétaux et la subvention pour l'implantation (90 %) octroyée par le programme Prime-Vert (8).³⁷ Les coûts d'entretien comprennent les coûts de remplacement l'année suivant la plantation, le fauchage, la protection contre les ravageurs et les chevreuils, la taille de formation et l'élagage (9).³⁸

3.2.1.1 Achat des tiges et du matériel

L'un des premiers éléments à quantifier pour l'implantation se rapporte aux coûts des arbres et arbustes eux-même. Pour établir le coût d'achat des tiges, un prix a été attribué à chaque catégorie d'arbres ou d'arbustes (CON, PEH, FNO, SAH). Ces prix ont été déterminés en calculant la moyenne des prix des végétaux de chaque catégorie se retrouvant dans la liste du devis d'implantation de haies brise-vent du CEPAP (fournie en annexe 3). Ces prix sont pour des arbres ayant une hauteur de 30 à 60 cm et pour des arbustes d'une hauteur de 30 cm. Les prix incluent les frais reliés au transport et à l'entreposage.

Le matériel nécessaire à l'implantation des bandes riveraine boisée est assez limité et vise essentiellement à contrôler la végétation compétitrice. On a besoin d'un paillis de plastique et une collerette, fixée par 3 broches de métal.³⁹ La collerette et les broches de métal sont utilisées dans l'implantation de toutes les catégories d'arbres, sauf le saule hybride.

³⁷ Les coûts d'implantation ont été réalisés à l'aide des données contenues dans la feuille de calcul électronique développée par le Centre d'expertise sur les produits agroforestiers (CEPAF).

³⁸ Les coûts d'entretien ont été fournis par le service d'entretien des arbres du CEPAP.

³⁹ Les plants à racines nues, occupent un volume de sol plus important que les boutures et les plants en récipients. Parce que le trou qu'on a percé dans le paillis est grand et qu'il y a danger pour que les mauvaises herbes fassent concurrence aux jeunes plants, on doit boucher cette ouverture avec un carré

Chaque collerette coûte 0,15\$ et chaque broche 0,10\$. Un rouleau de plastique de 4 pieds de large et d'une longueur de 457 mètres coûte 175\$. On ne peut pas acheter un demi rouleau. Il faut donc normalement arrondir à l'unité pour le nombre de rouleaux. Pour des fins de simplification, on posera qu'il est possible d'acheter le paillis au mètre, ce qui nous fait un coût de 0,3829\$/m.

Tableau 3.5 – Coûts d'implantation liés au matériel

Coûts	Paramètres
Plant de type ARBU	3,25 \$/tige
Plant de type FNO	2,55 \$/tige
Plant de type PEH	2,25 \$/tige
Plant de type SAH	2,25 \$/tige
Colerettes et broches	0,45 \$/tige
Paillis de plastique	0,38 \$/m déroulé

3.2.1.2 Coût en main d'œuvre

L'implantation se fait en quatre étapes. On procède d'abord à un premier labour, effectué par un opérateur de machinerie spécialisé. Par la suite, on fera cinq passages avec un rotoculteur et on procédera à la pose du paillis de plastique. Cette opération nécessite deux travailleurs : l'opérateur de machinerie spécialisé et un ouvrier. On peut ensuite procéder à la plantation des tiges. Il faut souvent compter une deuxième visite pour la pose des collerettes. Il importe de mentionner que lorsqu'il y a des coûts par mètre, on fait référence à la longueur déroulée. Cette longueur tient compte du nombre de rangées.

3.2.1.3 Travail primaire, secondaire et pose du paillis

Le travail primaire implique un passage à 5km/h. L'opérateur reçoit un taux horaire de 60\$/h. Ceci signifie donc un coût de 0,012\$/m. Pour le travail secondaire, il faut faire cinq passages de rotoculteur à 3km/h. Encore une fois, ce travail est effectuée par un opérateur spécialisé à 60\$/h ce qui fait un coût de 0,10\$/m. La pose du paillis est quant à elle effectuée

de plastique (collerette) d'environ 30 cm de côté. On place la collerette sous le paillis et on la fixe autour du plan à l'aide de broches de métal de 15 cm de longueur.

par un ouvrier et un opérateur spécialisé. Il faut compter 0,0043h/m, chacun à un taux de 20\$/h et 60\$/h. Ceci porte les coûts pour la pose du paillis à 0,344\$/m.

3.4.2.1.4 Plantation et pose des collerettes

Selon les données du CEPAF, il faut 2 minutes pour planter une tige et 1 minute pour installer la collerette et les broches. Après la conversion en heure, on obtient respectivement 0,033 heure/tige et 0,01667 heure/tige pour ces deux opérations, effectuées par 3 ouvriers non spécialisés à 20\$/h. Ceci revient à 0,67\$/tige pour la plantation et 0,33\$/tige pour la pose des collerettes.

Tableau 3.6 – Coûts d'implantation liés à la main d'oeuvre

Coûts	Paramètres
Travail primaire	0,012 \$/m
Travail secondaire	0,100 \$/m
Pose du paillis	0,344 \$/m
Plantation	0,667 \$/tige
Pose des colerettes	0,333 \$/tige

3.2.2 Coûts fixes

3.2.2.1 Coût en déplacement

Selon les données amassées par le Centre d'expertise sur les produits agroforestiers, deux déplacements (trois ouvriers et un opérateur spécialisé) sont nécessaires pour procéder à l'implantation.⁴⁰ À chaque visite, les trois ouvriers utilisent une voiture alors que l'opérateur spécialisé conduit la machinerie lourde.

Nous avons posé que les ouvriers doivent se déplacer sur une distance de 40 km pour chaque déplacement, qu'ils font le trajet aller-retour et qu'ils roulent à 80 km/h. On doit distinguer les coûts liés au temps de déplacement (travailleurs) des coûts liés au déplacement en lui-même (voiture et machinerie).

⁴⁰ Les déplacements ne sont nécessaires qu'à l'étape de l'implantation et de l'entretien des bandes boisées.

Les frais d'essence sont remboursés à 0,40\$/km s'il s'agit d'une voiture et à 0,70\$/km s'il s'agit de machinerie lourde. Deux visites en voiture et deux visites en machinerie lourde impliqueront donc respectivement des coûts de déplacement de 64\$ et de 112\$.

Pour les coûts liés au temps de déplacement on parle de deux visites pour les trois ouvriers qui font la plantation et pour l'opérateur spécialisé. L'ouvrier qui pose le paillis ne vient qu'une seule fois. À chaque visite, la distance parcourue est de 80km, à 80km/h, ce qui fait une heure pour chaque visite. Les quatre ouvriers sont payés 20\$/h et l'opérateur est payé 60\$/h. Le coût fixe lié au temps de déplacement est donc de : $(7\text{hrs} \times 20\$/\text{h}) + (2\text{hrs} \times 60\$/\text{h}) = 260\text{\$}$.

3.2.2.2 Coût de plan et devis

L'élaboration du plan et du devis d'implantation coûte actuellement 250\$ si l'on fait affaire avec le CEPAF. On conserve ce coût fixe car nous sommes présentement à l'étape de l'analyse privée et il est raisonnable de supposer que le producteur doit présentement consulter un spécialiste pour établir une bande riveraine.

Lorsque nous serons à l'analyse sociale, nous pourrions laisser tomber ce coût, en supposant que l'information ne sera plus nécessaire. De plus, en essayant d'être le plus fidèle possible à la situation actuelle des producteurs agricoles, il sera peut-être possible d'identifier les freins à l'établissement des bandes riveraines.

Tableau 3.7– Coûts fixes d'implantation

Coûts	Paramètres
Déplacement de la voiture	64 \$
Déplacement de la machinerie	112 \$
Temps de déplacement	260 \$
Devis	250 \$
Total	486 \$

3.2.2.3 Synthèse des coûts d'implantation

Le Tableau 3.8 de la page suivante présente le détail du calcul des coûts d'implantation pour chaque modèle agroforestier. Les coûts y sont présentés de façon non-actualisée et la

cinquième section fait le total des sections 2 à 4. On remarque que pour les systèmes UQAM et Missouri, deux scénarios d'implantation ont été calculés. Le premier scénario, qualité faible de PEH, est moins coûteux mais produira du bois de peuplier de qualité moindre, si bien que l'on ne pourra pas obtenir le prix maximal pour le bois de peuplier (voir la section sur les revenus de récolte de bois). Le scénario à qualité élevée de peuplier diffère du scénario à qualité faible par la seconde implantation pour le peuplier. C'est la raison pour laquelle deux coûts différents sont donnés, le second plus faible que le premier car, à la 2^e implantation, seul le peuplier est replanté.

Tableau 3.8 Coûts d'implantation selon le système agroforestier

		SYSTÈMES AGROFORESTIERS				
		UQAM		CEPAF	Missouri	
		<i>Faible qualité PEH</i>	<i>Forte qualité PEH</i>		<i>Faible qualité PEH</i>	<i>Forte qualité PEH</i>
Paramètres des scénarios						
Longueur déroulée (m)		8000 m	8000 m	6000 m	14000 m	14000 m
Nombre de tiges		FNO: 2000 PEH: 6000	FNO: 2000 PEH: 12000	FNO: 1333 SAH: 5333	ARBU: 3000 FNO: 1333 PEH: 1333	ARBU: 3000 FNO: 1333 PEH: 2666
Nombre d'implantations		1	2	1	1	2
Coûts en matériel						
Achat des tiges	de 2,25\$ à 3,25\$	18 600,00 \$	18 600,00 \$ 13 500,00 \$	25 398,40 \$	17 168,40 \$	17 168,40 \$ 2 999,25 \$
Achat des colerettes, des broches et du paillis de plastique	0,45\$/tige	3 600,00 \$	3 600,00 \$ 2 700,00 \$	599,85 \$	2 549,70 \$	2 549,70 \$ 599,85 \$
	0,3829\$/m	3 063,46 \$	3 063,46 \$ 2 297,59 \$	2 297,59 \$	5 361,05 \$	5 361,05 \$ 1 531,73 \$
Coûts en main d'oeuvre						
Travail primaire, secondaire et paillis	0,456\$/m	912,00 \$	912,00 \$ 912,00 \$	2 736,00 \$	6 384,00 \$	6 384,00 \$ 1 824,00 \$
Plantation et pose des colerettes	1\$/tige	8 000,00 \$	8 000,00 \$ 6 000,00 \$	2 221,83 \$	5 666,00 \$	5 666,00 \$ 1 333,00 \$
Coûts fixes						
Devis, temps et déplacement de la voiture et de la machinerie		486,00 \$	486,00 \$ 486,00 \$	486,00 \$	486,00 \$	486,00 \$ 486,00 \$
Coûts d'implantation totaux						
Coûts d'implantation totaux		34 643,46 \$	34 642,46 \$ 25 877,59 \$	23 721,68 \$	36 577,15 \$	36 577,15 \$ 8 755,85 \$

3.2.3 Coûts d'entretien de la bande boisée

L'entretien de la bande riveraine est essentielle afin d'obtenir la protection désirée et une production de bois de valeur.

Nous avons d'abord choisi un niveau d'entretien et de protection maximal. L'entretien maximal est nécessaire car les systèmes ont été développés dans l'optique de viser une qualité maximale de bois. Il est à noter que le saule hybride (SAH) n'est inclus dans aucune mesure d'entretien, ni même dans le remplacement des tiges car celui-ci est récolté trop fréquemment, i.e. aux 3 ans.

3.2.3.1 Remplacement des arbres morts la première année

Le taux de mortalité des végétaux dans les premières années suivant la plantation est généralement de 5 à 10 %. Il faut remplacer les tiges de feuillus nobles et de peupliers hybrides le plus rapidement possible. Le CEPAF recommande d'utiliser comme estimation 10% des frais d'implantation avant subvention excluant les frais de préparation du sol.

3.2.3.2 Fauchage et inspection phytosanitaire les 5 premières années

En utilisant un paillis, le désherbage se limite au fauchage de chaque côté du plastique afin d'éviter que les plantes herbacées n'entravent la croissance des arbres en les privant de lumière. Le désherbage doit être effectué deux à trois fois durant l'été avant que les herbes ne dépassent les plants en hauteur. L'utilisation d'un tracteur à pelouse est plus rapide que le désherbage avec une débroussailleuse. Pour utiliser un tracteur, il faut prévoir suffisamment d'espace entre les rangées et entre celles-ci et les fossés ou les cours d'eau.

3.2.3.3 Protection contre les rongeurs les 10 premières années

Les campagnols (petits rongeurs) peuvent gruger le tronc et les racines de certains arbres, notamment les feuillus, entraînant parfois la mortalité ou une descente de cime de

ceux-ci. Pour une protection maximale ou pour la protection d'espèces très susceptibles (comme l'érable à sucre), l'enroulement autour du tronc, au début de l'automne, de spirales de plastique constitue une avenue intéressante pour protéger les feuillus nobles présents dans les modèles agroforestiers. Les spirales sont maintenues en place jusqu'à ce que l'écorce soit suffisamment épaisse pour désintéresser les rongeurs, i.e. pendant les dix premières années. Les saules et les peupliers hybrides ne nécessitent pas une telle protection.

3.2.3.4 Taille de formation et élagage

La taille des feuillus permet d'obtenir du bois d'œuvre de qualité et d'éviter l'élargissement de la bande. Ces tailles commencent dès la deuxième année suivant la plantation et se poursuivent jusqu'à ce que le tronc soit acquis, soit pendant environ 30 ans. Les feuillus nobles, mais aussi les peupliers hybrides, font l'objet de cette activité d'entretien. L'élagage est nécessaire pour les mêmes raisons que la taille. Cependant, l'opération d'élagage sera effectuée seulement pour les feuillus nobles. Dans le modèle, on procède à un élagage durant 20 ans (année 10 à 30) à une fréquence de deux ans.

3.2.4.5 Synthèse des coûts d'entretien

Le Tableau 3.9 présente les coûts fixes et variables de chaque activité d'entretien décrite dans les sections précédentes. Les données ont été obtenues par le biais du Centre d'expertise sur les produits agroforestiers et sont fondées sur les différents projets d'implantation de bandes riveraines et de haies brise-vent réalisés depuis les dix dernières années.

Tableau 3.9 – Coûts fixes et variables composant les coûts d'entretien

Activités d'entretien	Description du coût
Remplacement des arbres morts (1 ^{ère} année)	10% des coûts de plantation et d'achat des plants
Fauchage et inspection phytosanitaire (5 premières années, biennuel)	Déplacement: 236 \$/an Travail : 0,045 \$/m déroulé/an
Protection contre les rongeurs (10 premières années, annuel)	Déplacement: 104 \$/an Travail: 1,20 \$/tige/an
Taille de formation (Années 2 à 10, annuel)	Déplacement : 104\$/an Travail : 0,667\$/an/tige de FEN et PEH
Élagage (Années 10 à 40, biennal)	Déplacement: 104 \$/2 ans Travail : 0,667\$/2ans/tiges de FEN

Le coût de remplacement des arbres, après la première année, correspond simplement à 10% du total des coûts de plantation et des coûts d'achat des tiges. Il est à noter que dans les scénarios à faible qualité de PEH, les tiges de peupliers ne seront pas remplacées après la première année. Pour les autres activités, il y a des coûts fixes, liés au déplacement, et des coûts variables, par tige ou par mètre. La protection contre les rongeurs n'est pas appliquée aux saules, ni aux peupliers dans les scénarios à faible qualité. Avec ces paramètres de coût, il est possible de calculer les coûts de chaque élément pour une réalisation de l'activité. Le second tableau, après un rappel des paramètres pertinents des scénarios évalués, nous présente chacun de ces coûts. La façon dont les coûts sont regroupés, puis actualisés est présentée pour chaque système et chaque scénario à l'annexe D.

Tableau 3.10 – Calcul des coûts d'entretien selon l'activité et le système agroforestier

	SYSTÈMES AGROFORESTIERS				
	UQAM		CEPAF	Missouri	
	<i>Faible qualité PEH</i>	<i>Forte qualité PEH</i>		<i>Faible qualité PEH</i>	<i>Forte qualité PEH</i>
Paramètres des scénarios					
Longueur déroulée (m)	8000 m	8000 m	6000 m	14000 m	14000 m
Nombre de tiges	FNO: 2000 PEH: 6000	FNO: 2000 PEH: 12000	FNO: 1333	FNO: 1333 PEH: 1333	FNO: 1333 PEH: 2666
Coûts par activité d'entretien (pour une seule réalisation de l'activité)					
Remplacement	643,33 \$	2 393,33 \$ 1 750,00 \$	428,78 \$	1 603,78 \$	1 992,57 \$ 388,79 \$
Fauchage et inspection	596,00 \$	596,00 \$	506,00 \$	866,00 \$	866,00 \$
Protection	2504,00 \$	9 704,00 \$ 7 304,00 \$	1 703,60 \$	1 703,60 \$	3 303,20 \$ 1 703,60 \$
Taille	5 437,33 \$	5 437,33 \$	992,67 \$	1 881,33 \$	1 881,33 \$
Élagage	1 437,33 \$	1 437,33 \$	992,67 \$	992,67 \$	992,67 \$

3.2.4 Coûts liés à la perte de surface cultivable

Les coûts liés aux pertes d'espace cultivable augmentent avec l'accroissement en largeur de la haie au fil des ans. Les pertes ont été calculées pour une surface obtenue en multipliant la largeur de la haie par la longueur du système agroforestier.

Les pertes de revenus ont été établies en se basant sur la marge « produits sur débours » donnée dans les budgets de culture. Pour le maïs-grain, cette marge s'élève à 239,17\$/ha/année alors que pour le soya (Round Up Ready), la marge est de

353,98\$/ha/année. Tel que mentionné dans la section des améliorations en rendements, ces données sont tirées des budgets de cultures développés à l'intention du MAPAQ. On a posé une rotation de culture de type maïs-grain – maïs-grain – soya. Ceci nous donne donc une perte moyenne de 277,44\$/ha/année.

La superficie perdue dépendra du système analysé. Dans l'analyse, nous avons défini le scénario de référence comme étant le niveau réglementaire, où le producteur laisse une bande de trois mètres non-cultivée en bordure des rivières. Il faut donc soustraire ces trois mètres à la largeur de chaque système. Le Tableau 3.11 nous présente la superficie perdue à chaque année selon le système agroforestier. En multipliant cette superficie par la perte moyenne par hectare, énoncée au paragraphe précédent, on obtient la valeur de la perte annuelle en superficie cultivable. Selon la Tableau 3.1, cette perte débute à l'année 1 et se répète jusqu'à l'année 40. Le résultat de ce flux actualisé est présenté dans le Tableau 3.13 à la section 3.4 Résultats.

Tableau 3.11 – Pertes de superficie cultivable selon le système agroforestier

Systèmes agroforestiers	Superficie perdue Niveau réglementaire	Valeur de la perte (\$/année)
UQAM	0,4 ha	110,98 \$/année
CEPAF	1,4 ha	388,42 \$/année
Missouri	4,4 ha	1 220,74 \$/année

3.3 Quantification des subventions

3.3.1 Bénéfices liés à la subvention Prime-Vert

Dans le calcul actuel, nous avons inclus la subvention, qui couvre 90% des coûts d'implantation avec un maximum de 2\$/m pour les travaux de préparation et de plantation et de 7\$/tige pour l'achat des plants. Pour les cinq scénarios évalués, cette contrainte (maximum de 2 et 7 dollars) n'est pas mordante, i.e que le montant maximum accordé à la préparation et à l'achat des plants n'est pas atteint pour aucun des scénarios. Nous avons supposé que la seconde implantation fera l'objet d'une nouvelle subvention.

Tableau 3.12 – Subventions Prime-Vert accordées pour l'implantation selon le modèle agroforestier

Systèmes agroforestiers	Subvention (90%)
UQAM	31 179,11 \$ 23 289,83 \$
CEPAF	21 349,51 \$
Missouri	32 919,44 \$ 7 880,25 \$

3.3.2 Coûts liés à la réduction de l'ASRA

Les coûts liés à la réduction de l'assurance stabilisation des revenus agricoles (ASRA) ont été pris en compte dans lors de la quantification des coûts liés à la perte de surface cultivable. En effet, pour calculer la perte liée à la réduction de la superficie en culture, nous avons eu recours à une marge qui incluait les revenus liés à l'ASRA.

Tableau 3.13 – Synthèses des coûts et revenus non-actualisés

	SYSTÈMES AGROFORESTIERS					
	UQAM		CEPAF	Missouri		
	Faible qualité de PEH	Forte qualité de PEH		Faible qualité PEH	Forte qualité de PEH	
COÛTS (pour une réalisation de l'activité, non-actualisés)						
Coûts d'implantation	-34 643,46 \$	1° -34 642,46 \$ 2° -25 877,59 \$	23 721,68 \$	-36 577,15 \$	1° -36 577,15 \$ 2° -8 755,85 \$	
Coûts d'entretien Remplacement	-643,33 \$	1° -2 393,33 \$ 2° -1 750,00 \$	428,78 \$	1 603,78 \$	1° -1 992,57 \$ 2° -388,79 \$	
Coûts d'entretien Fauchage	-596,00 \$		506,00 \$	-866,00 \$		
Coûts d'entretien Protection	-2 504,00 \$	1° -9 704,00 \$ 2° -7 304,00 \$	1 703,60 \$	1 703,60 \$	1° -3 303,20 \$ 2° -1 703,60 \$	
Coûts d'entretien Taille	-5 437,33 \$		992,67 \$	-1 881,33 \$		
Coûts d'entretien Élagage	-1 437,33 \$		992,67 \$	-992,67 \$		
Pertes de superficie (annuelles)	-110,98 \$		388,42 \$	-1 220,74 \$		
REVENUS (pour une réalisation de l'activité, non-actualisés)						
Subvention	31 179,11 \$	1° 31 179,11 \$ 2° 23 889,83 \$	21 349,51 \$	32 919,44 \$	1° 32 919,44 \$ 2° 7 880,27 \$	
Récolte	1e	63 453,29 \$	108 776,98 \$	178,48 \$*	14 097,20 \$	24 166,62 \$
	2e	192 119,82 \$	237 443,60 \$	85 934,56 \$	99 853,27 \$	109 922,69 \$
Améliorations du rendement des cultures	23,88 \$ à 398,00 \$		7,96 \$ à 238,80 \$	23,88 \$ à 398,00 \$		

3.4 Résultats

Le Tableau 3.14 nous présente une synthèse des résultats de l'analyse privée pour la ferme fictive de 250 hectares où les bandes riveraines sont implantées sur un kilomètre de rivière. Pour les systèmes agroforestiers UQAM et Missouri, nous avons dû ajouter deux nouveaux scénarios dans lesquels la récolte de peupliers hybrides sera de qualité minimale. Initialement, nous avons posé l'hypothèse d'un entretien maximal afin d'obtenir un revenu maximal pour les peupliers hybrides, ceci, en accord avec les spécifications du modèle UQAM. Toutefois, l'analyse des coûts et des revenus nous a permis de montrer que la production de bois de PEH de qualité maximale n'est pas rentable; les coûts d'entretien sont trop élevés. Cependant, il est possible qu'avec les progrès de la recherche sur le modèle UQAM, on arrive à des résultats différents.

Les deux premières sections (Coûts et Revenus) du Tableau 3.14 énumèrent les montants non-actualisés associés à une réalisation de chaque activité, tels que décrits dans la section précédente sur la quantification des coûts et des bénéfices privés.

Pour en arriver aux résultats des troisième et quatrième sections du tableau, les données ont été regroupées selon l'horizon temporel de chaque activité énoncé dans la Tableau 3.1 au début du chapitre 3. Une grille temporelle pour chaque système est fournie à l'annexe 4. On y retrouve le détail des flux encourus à chaque année pour chaque activité. C'est à partir de ces grilles que l'on a pu calculer la valeur actuelle nette et le taux de rendement interne associés à chaque projet.

Tableau 3.14 – Résultats de l'analyse privée selon le scénario et le système agroforestier

	SYSTÈMES AGROFORESTIERS				
	UQAM		CEPAF	Missouri	
	Faible qualité de PEH	Forte qualité de PEH		Faible qualité PEH	Forte qualité de PEH
1- COÛTS (pour une réalisation de l'activité, non-actualisés)					
Coûts d'implantation	-34 643,46 \$	1° -34 642,46 \$ 2° -25 877,59 \$	23 721,68 \$	-36 577,15 \$	1° -36 577,15 \$ 2° -8 755,85 \$
Coûts d'entretien Remplacement	-643,33 \$	1° -2 393,33 \$ 2° -1 750,00 \$	428,78 \$	1 603,78 \$	1° -1 992,57 \$ 2° -388,79 \$
Coûts d'entretien Fauchage	-596,00 \$		506,00 \$	-866,00 \$	
Coûts d'entretien Protection	-2 504,00 \$	1° -9 704,00 \$ 2° -7 304,00 \$	1 703,60 \$	1 703,60 \$	1° -3 303,20 \$ 2° -1 703,60 \$
Coûts d'entretien Taille	-5 437,33 \$		992,67 \$	-1 881,33 \$	
Coûts d'entretien Élagage	-1 437,33 \$		992,67 \$	-992,67 \$	
Pertes de superficie (annuelles)	-110,98 \$		388,42 \$	-1 220,74 \$	
2- REVENUS (pour une réalisation de l'activité, non-actualisés)					
Subvention	31 179,11 \$	1° 31 179,11 \$ 2° 23 889,83 \$	21 349,51 \$	32 919,44 \$	1° 32 919,44 \$ 2° 7 880,27 \$
Récoltes	1e	63 453,29 \$	108 776,98 \$	178,48 \$*	14 097,20 \$
	2e	192 119,82 \$	237 443,60 \$	85 934,56 \$	24 166,62 \$
Améliorations du rendement des cultures	23,88 \$ à 398,00 \$		7,96 \$ à 238,80 \$	23,88 \$ à 398,00 \$	
3- COÛTS ET REVENUS (Totaux, actualisés)					
Coûts d'implantation	-34 643,46\$	-46 453,65\$	-23 721,68\$	-36 577,15\$	-40 573,21\$
Coûts d'entretien	-71 656,72\$	-159 543,09\$	-29 897,02\$	-38 982,83\$	-58 807,70\$
Pertes de superficie	-2 196,60\$	-2 196,60\$	-7 687,91\$	-24 161,83\$	-24 161,83\$
Revenus de subvention	31 179,11\$	41 808,29\$	21 349,51\$	32 919,44\$	36 515,89\$
Revenus de récolte	68 975,71\$	99 101,29\$	18 980,32\$	27 232,12\$	33 925,02\$
Revenus d'améliorations du rendement	4 794,93\$	4 794,93\$	2 085,21\$	4 794,93\$	4 794,93\$
4- INDICATEURS FINANCIERS					
VAN	-3 547,03 \$	-62 488,83 \$	-18 891,57 \$	-34 775,33 \$	-48 306,90 \$
TRI	3,792689%	1,597897%	1,575004%	0,682861%	0,091717%

*La récolte du saule s'effectue aux 3 ans. Le revenu de première récolte est donc repris 13 fois.

Les résultats de l'analyse des avantages et des coûts privés nous indiquent que pour les trois systèmes agroforestiers évalués, les coûts privés surpassent les bénéfices. Toutefois, il faut noter que pour le système UQAM (faible qualité de PEH), un taux d'actualisation légèrement plus faible (3,5% au lieu de 4%) fait passer le projet à un niveau rentable pour le producteur agricole. L'analyse de sensibilité nous indiquerait fort probablement que des variations de 10% des prix (à la hausse pour le prix du bois, à la baisse pour les prix des céréales), sous certaines conditions, ferait passer le modèle UQAM (faible qualité) au-dessus du seuil de rentabilité d'un point de vue privé. Les deux autres systèmes, CEPAF et Missouri ne sont pas rentables économiquement du point de vue privé, mais ils présentent possiblement des avantages pour la société.

3.5 Analyse de sensibilité

Le prix des extrants a une influence sur les résultats de l'analyse privée. Une analyse de sensibilité sur le prix du bois, de même que sur les prix du maïs et du soya (influence sur le coût d'opportunité) permettrait de mettre en perspective le niveau d'assujettissement au risque des projets évalués. Il serait également intéressant de voir comment le choix du pourcentage d'augmentation de rendement influence les revenus en améliorations de rendement des cultures. Ces analyses de sensibilité pourront faire l'objet d'un travail complémentaire.

L'étude de sensibilité a été réalisée sur la marge de profit sur la récolte de bois. Parce que la récolte de bois a été supposée comme étant à forfait, une marge 35% a été utilisée pour calculer les revenus nets. Une telle étude nous a permis de déterminer le seuil de rentabilité de cette marge. Ces seuils ont été calculés à l'aide de l'équation 3, en utilisant la VAN et le revenu net de récolte (R_n) du Tableau 3.14 ci-dessus. Dans les équations de la page suivante, R_b représente le revenu brut de récolte de bois alors que M représente le seuil de rentabilité, ou la marge de profit sur la récolte de bois. La première équation a été déduite du fait que pour que la valeur actuelle nette soit nulle, il faut qu'elle soit augmentée de la valeur absolue

des VAN indiquées à l'avant dernière ligne du Tableau 3.14. La nouvelle marge doit donc permettre une augmentation de la VAN de cette valeur.

$$VAN < 0 \quad (3.5.1)$$

$$VAN + \Delta VAN = 0 \quad \text{si} \quad \Delta VAN = |VAN| \quad (3.5.2)$$

$$\Delta VAN = Rb * (M - 0,35) \quad (3.5.3)$$

$$Rb = \frac{Rn}{0,35} \quad (3.5.4)$$

$$M = 0,35 * \frac{\Delta VAN}{Rn} + 0,35 \quad (3.5.5)$$

Tableau 3.15 – Seuils de rentabilité de la marge de profit sur la récolte de bois

SYSTÈMES AGROFORESTIERS					
UQAM		CEPAF	Missouri		
<i>Faible qualité de PEH</i>	<i>Forte qualité de PEH</i>		<i>Faible qualité de PEH</i>	<i>Forte qualité de PEH</i>	
Seuils de rentabilité de la marge de profit sur la récolte de bois					
Seuils	36,7999%	57,0694%	69,8363%	79,6949%	84,8376%

Nous constatons qu'une très faible augmentation de la marge de profit entraîne des impacts significatifs sur la valeur actuelle nette du projet. Dans le cas du système UQAM à faible qualité de PEH, une augmentation d'un peu moins de 2% de la marge provoque une augmentation d'un peu plus de 3 500 \$ de la valeur actuelle nette. Le choix de cette marge est donc de grande importance pour l'évaluation de la rentabilité des systèmes agroforestiers choisis.

3.6 Discussion et interprétation

Pour évaluer la rentabilité privée nous avons utilisé deux indicateurs financiers : la valeur actuelle nette (VAN) et le taux de rendement interne (TRI). Nous constatons que le classement obtenu des deux indicateurs est différent. Ceci est dû au fait qu'il existe des différences importantes entre les systèmes au niveau des flux (coûts et revenus), et que la

majeure partie des revenus sont encourus en fin de période alors que les coûts surviennent au début du projet, pour la plupart.

Tableau 3.16 – Classement des systèmes selon l'indicateur

VAN	TRI
UQAM-Faible -3 547,03 \$	UQAM-Faible 3,792689%
CEPAF -18 891,57 \$	UQAM-Élevé 1,597897%
Missouri-Faible -34 775,33 \$	CEPAF 1,575004%
Missouri-Élevé -48 306,90 \$	Missouri-Faible 0,682861%
UQAM-Élevé -62 488,83 \$	Missouri-Élevé 0,091717%

Avant l'introduction de scénarios à faible qualité de PEH, les résultats obtenus à la quatrième section du Tableau 3.14 étaient très surprenants : le scénario à production élevée de BSE (Missouri-Élevé), malgré sa grande largeur, était moins coûteux qu'un des scénarios élaborés de façon à minimiser les coûts et maximiser les revenus de bois (UQAM-Élevé).

Une telle contradiction s'explique par le fait que jusqu'à maintenant, la plus grande source de coûts dans l'implantation des bandes riveraines boisées avait été attribuée aux pertes de superficie cultivable (voir Nolet 2004). Dans notre méthodologie, nous avons utilisé la marge « Produits sur débours » comme approximation de ces pertes et ce faisant, nous avons tenu compte de la réduction des revenus de culture mais aussi de la réduction des coûts de culture. En procédant ainsi, nous avons pu constater, à la section 3 du Tableau 3.14, que ce sont plutôt les coûts d'entretien qui représentent la dépense la plus importante dans l'introduction de bandes riveraines boisées. Les coûts d'entretien avaient été fortement négligés jusqu'à présent dans la littérature se rapportant à l'évaluation de la rentabilité des systèmes agroforestiers.⁴¹ Il s'agit d'un résultat intéressant car ceci signifie que la subvention Prime-Vert ne vise pas la majeure source de coûts de l'implantation des bandes riveraines. Encore une fois, il faut mentionner que ce résultat est fortement dépendant du modèle du CEPAF que nous avons utilisé pour modéliser la structure de coûts d'implantation et d'entretien.

⁴¹ Communication personnelle, André Vézina, août 2008

Les modèles agroforestiers visant la rentabilité économique ont donc été élaboré de façon à minimiser l'espace occupé et à maximiser la qualité de bois obtenu, de façon à contrebalancer les pertes liées à la réduction des superficies cultivées. À la lumière de nos résultats, on constate que cette stratégie (minimisation des pertes en superficie cultivées) n'est pas adéquate pour atteindre la rentabilité privée. Nous avons donc simulé deux scénarios supplémentaires où les activités d'entretien ont été conservées à un seuil minimal et ainsi, nous avons pu obtenir un classement cohérent avec les objectifs spécifiques à chaque système agroforestier (voir Tableau 3.16).

Dans l'analyse sociale, nous éliminerons les scénarios UQAM-Élevé et Missouri-Élevé car les scénarios à faible qualité de bois de peupliers hybrides se sont vus attribués des valeurs actuelles nettes et des taux de rendement internes supérieurs aux scénarios de qualité élevée.

CHAPITRE IV

ANALYSE SOCIALE

La seconde étape de ce travail consiste à identifier, et quantifier le cas échéant, les coûts et les avantages que l'implantation des systèmes agroforestiers choisis représente pour la société. La région définie pour l'étude sera celle du bassin versant de la Baie Missisquoi. Ce bassin versant est situé en partie dans la province de Québec et dans l'état du Vermont. Notre analyse se restreindra cependant à la portion québécoise du bassin, en raison notamment des différences de réglementations entre les deux régions.

Sous plusieurs aspects, la région du bassin versant de la baie Missisquoi était particulièrement intéressante pour ce travail. Tout d'abord, la région fait face à un problème de pollution diffuse depuis plusieurs années. Le niveau de conscientisation de la population est élevé et les citoyens se sont regroupés à l'intérieur d'un organisme de gestion par bassin versant : le Comité du bassin versant de la baie Missisquoi (CBVBM). Les impacts ont donc été étudiés et bien documentés; on a relevé des travaux sur cette problématique depuis 1993. De plus, parce que le secteur agricole est fortement dominé par la culture du maïs⁴² et parce qu'il est reconnu que la source principale de pollution au phosphore est d'origine agricole⁴³, la région était particulièrement bien adaptée à notre modèle.

⁴² En 2001, la culture de maïs représentait à elle seule 49% du territoire cultivé.

⁴³ Bahri et al. (2007), p. 67

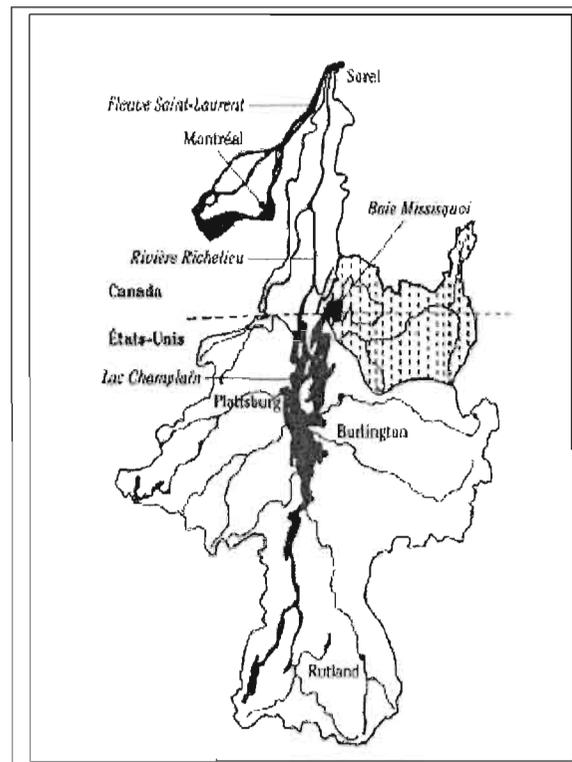


Figure 4.1 – Carte du bassin versant de la baie Missisquoi⁴⁴

4.1 Présentation des avantages et des coûts sociaux

L'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA) reconnaît qu'il existe de nombreux avantages sociaux aux bandes riveraines boisées. Pour cette étude, on a regroupé en cinq principales catégories les avantages et les coûts sociaux associés aux trois scénarios d'aménagements agroforestiers.

Premièrement, relativement à la qualité de l'air, on peut mentionner la réduction des odeurs et la séquestration du carbone. D'un point de vue social, il existe également des bénéfices liés à l'amélioration du paysage et aussi liés à l'amélioration de la cohabitation. Ce quatrième bénéfice est notamment une conséquence des trois premiers bénéfices énumérés.

⁴⁴ Bahri et al. (2007), p. 33

En ce qui concerne la qualité de l'eau, on peut évoquer les bénéfices liés à l'amélioration de la qualité générale de l'eau. Étant donné les multiples usages et valeurs de l'eau, cet avantage donne lieu à plusieurs autres bénéfices du point de vue social. Mentionnons la réduction de la pollution par les pesticides et la réduction du risque de prolifération des algues bleues.

La quatrième catégorie d'avantages sociaux est l'augmentation de la biodiversité, à la fois dans le milieu terrestre et aquatique. La cinquième et dernière catégorie se rapporte aux subventions gouvernementales. L'implantation de bandes riveraines boisées dans le contexte législatif actuel entraîne en effet un coût lié à la subvention Prime-Vert mais aussi une économie en ce qui concerne les paiements du programme d'assurance stabilisation des revenus agricoles (ASRA).

Parmi ces bénéfices et coûts, nous avons pu quantifier cinq d'entre eux. Tous les bénéfices sont décrits de façon qualitative, hormis les coûts et bénéfices liés aux subventions, qui ne sont pas qualitatifs. Il ne faut pas interpréter l'absence de quantification comme l'attribution d'une valeur nulle. Ceci signifie simplement qu'il a été impossible, dans le cadre de ce mémoire de maîtrise, d'obtenir les données nécessaires à leur évaluation.

4.2 Description qualitative

4.2.1 Bénéfices liés à l'amélioration du paysage

Il existe une vaste littérature portant sur l'écologie et la valeur des paysages. Domont (2007) mentionne dans ces travaux que la présence d'arbres, de boisés et plus particulièrement de plantations de bandes riveraines en milieu agricole constitue une amélioration du paysage valorisée par les populations non-agricoles.

... à travers ces nouvelles pratiques [plantations de bandes riveraines, haies brise-vent, travail réduit du sol, enrochement des zones sensibles à l'érosion], ils ont également enclenché un processus de requalification des paysages qui est fort bien accueilli par les populations non-agricoles.⁴⁵

Voulligny (2007) et Ruiz (2007) se sont aussi intéressés au potentiel de l'agroforesterie dans l'amélioration et l'augmentation de la valeur des paysages. La figure 4.2 ci-dessous fournit une illustration claire du potentiel d'amélioration du paysage de l'agroforesterie.

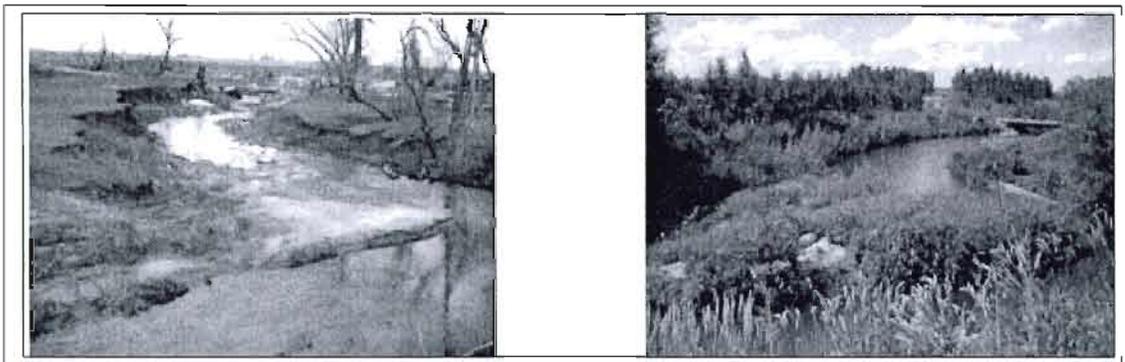


Figure 4.2 – Impacts des systèmes riverains quatre ans après l'implantation⁴⁶

4.2.2 Bénéfices liés à la réduction des odeurs

L'épandage d'engrais naturels entraîne nécessairement des conflits entre les résidents agricoles et non-agricoles. Les études de Pelletier (2004) ont montré que les bandes riveraines boisées étaient particulièrement susceptibles d'améliorer la qualité de l'air.

En réduisant la vitesse du vent, elles [les bandes riveraines] captent les particules en suspension et contribuent à diminuer le déplacement des odeurs associées aux bâtiments d'élevages. La végétation agit comme un filtre qui absorbe les odeurs. Les composés causant les odeurs peuvent alors être dégradés, avant qu'ils n'atteignent les zones habitées⁴⁷.

⁴⁵ Domon et Ruiz (2007), p. 44

⁴⁶ Vézina et al. (2007b), p. 18

⁴⁷ Pelletier et al. (2004)

De plus, dans Vézina (2005), on évoque un potentiel de réduction du tiers de la superficie du panache d'odeur, de dilution des odeurs par un facteur de trois et d'une captation allant jusqu'à 40% du volume de poussières, pour les bandes arborées.

4.2.3 Bénéfices liés à la séquestration du carbone

Dans une étude adaptée au contexte américain, Brandle et al., (1996) reconnaît que les arbres peuvent jouer un rôle de puit de carbone. Dans un seconde article, (Brandle et al., 2004) établit qu'en 40 ans, un kilomètre de haie brise-vent⁴⁸ peut séquestrer jusqu'à 300 tonnes de carbone.

De telles données sont fortement dépendantes des espèces utilisées, de la densité de la plantation et du taux de croissance des tiges dans la région concernée, et de ce fait, ne peuvent être utilisées quantitativement dans l'analyse de notre modèle. Toutefois, ce résultat illustre bien le potentiel de bénéfices liés à la séquestration du carbone dans les bandes riveraines boisées.

4.2.4 Bénéfices liés à la facilitation de la cohabitation

Par la réduction des odeurs et l'amélioration du paysage, la cohabitation entre la population agricole et non-agricole se trouve améliorée. Dans un rapport évaluant les bénéfices de l'agroforesterie remis à Agriculture et agroalimentaire Canada, les consultants d'ÉcoRessources affirment que les pratiques agroforestières, en contribuant à l'amélioration des conditions environnementales, favorisent les activités d'observation et, éventuellement, de chasse et de pêche. De plus, elles permettent d'améliorer les conditions propices à la randonnée pédestre ou cyclotouristique et la navigation. Par son action sur la qualité de l'eau, l'agroforesterie offre également la possibilité de restaurer des sites de baignade.⁴⁹

⁴⁸ Les haies brise-vent sont des systèmes agroforestiers semblables aux bandes riveraines boisées à la différence qu'elles sont plutôt implantées en plein champ. Leur but est de fournir une protection pour les cultures et parfois aussi pour les bâtiments de ferme, en plus de remplir plusieurs services écologiques,

⁴⁹ Arsenault et al. (2007), p. 38

4.2.5 Bénéfices liés à l'amélioration de la qualité de l'eau

Les arbres sont aussi reconnus pour agir comme « pompes » à éléments minéraux dissous dans l'eau. Ils sont ainsi capables de piéger et d'utiliser les engrais lessivés en profondeur, tels que les nitrates et phosphates responsables de l'eutrophisation⁵⁰ des cours d'eau. Mais ils peuvent également faciliter la dégradation des pesticides. « Lorsque situés en bordure de cours d'eau (bandes riveraines), les arbres jouent un rôle de piège en filtrant les résidus apportés par ruissellement superficiel et souterrain. »⁵¹

Dillaha et al. (1986) et Lowrance et al. (2002) présente les aménagements agroforestiers, et plus précisément les bandes riveraines boisées, comme étant une méthode efficace et relativement peu coûteuse pour diminuer les exportations de sédiments, de nutriments et d'autres polluants, la bande enherbée est probablement l'aménagement le plus étudié en ce qui a trait à l'amélioration de la qualité de l'eau.⁵²

4.2.6 Bénéfices liés à la réduction de la pollution par les pesticides

Patty et al. (1997) ont analysé la captation des pesticides par les bandes riveraines de 6, 12 et 18 mètres. Le constat général est que seulement 0,7 % de la dose appliquée est perdue par ruissellement. Par contre, le taux passe entre 2 et 17 % lorsqu'une pluie survient après l'épandage, la dose appliquée migrant vers la bande riveraine.⁵³

Plus spécifiquement en ce qui concerne les systèmes UQAM et Missouri, Burken et Schnoor (1997) ont mis en évidence que les peupliers parviennent à dégrader l'atrazine, un désherbant nocif pour l'environnement.

⁵⁰ L'eutrophisation est un phénomène par lequel l'eau d'un lac, d'un étang, d'une rivière ou de certains littoraux peu profonds est enrichie en nitrates et phosphates, ce qui entraîne des déséquilibres écologiques tels la prolifération de la végétation aquatique (algues) ou l'appauvrissement du milieu en oxygène.

⁵¹ Schultz et al. 2000

⁵² Martel et al. (2006), p. 39

⁵³ Martel et al. (2006), p. 40

4.2.7 Bénéfices liés à réduction du risque de prolifération des algues bleues

Les algues bleues apparaissent lorsqu'il y a surabondance de phosphore. Les travaux de recherche de l'IRDA sur l'efficacité des bandes riveraines boisées à capter les nutriments ont montré que suite à un aménagement agroforestier, les nitrates et le phosphore soluble ont été réduit de 47 à 100 % et de 22 à 89 % respectivement.⁵⁴ De plus, la présence d'arbres au bord du cours d'eau a un effet positif sur la température de l'eau, ce qui réduit d'autant plus les risques de développement des algues bleues.⁵⁵

4.2.8 Bénéfices liés à l'augmentation de la biodiversité dans les champs et dans le cours d'eau

Au Québec, on associe près de 271 espèces au milieu riverain (Gratton, 1989). On reconnaît à la bande riveraine un rôle de couloir de déplacement entre les boisés, ce qui permet d'éviter l'isolement des populations, le déclin et la disparition d'espèces fauniques. La complexification de l'écosystème riverain en milieu agricole crée, pour la faune, des opportunités d'habitat qui ne sont pas présentes dans les monocultures. Par l'implantation d'essences locales, on procède aussi à la création de nouvelles niches écologiques.

Paquet et Maisonneuve (2004) ont mesuré la fréquentation de la bande riveraine en zone agricole. Dans leur étude, qui comportait 20 sites totalisant 3600 mètres de bandes enherbées, arbustives ou boisées, Paquet et Maisonneuve (2004) ont capturé 1460 mammifères (14 espèces) et 329 spécimens d'herpétofaune⁵⁶ (11 espèces) dans les trois types de bandes. Leurs résultats démontrent bien qu'il y a une augmentation considérable de la biodiversité lorsqu'on passe de bandes riveraines enherbées à des aménagements riverains plus complexes impliquant la présence d'arbres.

⁵⁴ Martel et al. (2006), p. 40

⁵⁵ Daniel Gagnon, communication personnelle, mars 2007

⁵⁶ L'herpétofaune est l'ensemble des espèces de reptiles, et par extension des amphibiens. On y retrouve les différentes variétés de couleuvres et de tortues, de grenouilles, rainettes et crapauds et de salamandres, triton et necture.

Tableau 4.1 - Abondance et diversité de la faune selon le type de bande riveraine⁵⁷

	Bandes herbacées	Bandes arbustives	Bandes boisées
Micromammifères⁵⁸			
Nombre total d'individus capturés	344	496	620
Nombre total d'espèces capturées	11	12	14
Herpetofaune⁵⁹			
Nombre total d'individus capturés	35	89	205
Nombre total d'espèces capturées	8	11	8

McAdam et al. (1997) et Deschênes et al. (1999) avaient aussi mesuré, suite à l'introduction de pratiques agroforestières, un accroissement de la diversité des espèces et du nombre de spécimens⁶⁰ (les invertébrés en Angleterre pour le premier et les oiseaux sur la rivière Boyer au Québec pour le second). McAdam et al. (1997) note aussi que des espèces avicoles qui n'étaient pas présentes dans l'espace agricole ont été attirées par les abris et la source alimentaire et que constituent les arbres.⁶¹ De plus, Goupil (1995), cité dans Marineau (1999), remarque que la réduction de la vitesse du vent par la végétation crée un microclimat, dans la zone d'action du vent, favorable à l'implantation de populations d'insectes.

La bande riveraine boisée a aussi un impact positif sur la biodiversité aquatique. « En réduisant les apports de sédiments et de nutriments, les bandes riveraines contribuent à réduire l'eutrophisation des cours d'eau et à maintenir la biodiversité. Par ailleurs, les bandes

⁵⁷ Paquet et Maisonneuve (2004)

⁵⁸ Les micromammifères sont des petits mammifères rongeurs, carnivores ou insectivores, classés dans cette catégorie en raison de leur petite taille. Parmi les micromammifères, on retrouve notamment les souris, les rats, les campagnols, les mulots, les écureuils et les lièvres.

⁵⁹ L'herpétofaune est l'ensemble des espèces de reptiles, et par extension des amphibiens. On y retrouve les différentes variétés de couleuvres et de tortues, de grenouilles, rainettes et crapauds et de salamandres, triton et necture.

⁶⁰ L'étude de McAdam et al. (1997) avait rapporté un accroissement du nombre d'invertébrés en Angleterre alors que les travaux de Deschênes et al. (1999), du Service canadien de la Faune, se rapportaient à la diversité des espèces d'oiseaux dans les bandes riveraines de la rivière Boyer, au Québec.

⁶¹ Anel (2003), p. 64

riveraines arbustives et boisées offrent au cours d'eau de l'ombrage qui permet de régulariser la température. Sans végétation, la température du cours d'eau peut être supérieure de 2 à 10°C. [...] En filtrant les sédiments en provenance des terres agricoles, les bandes riveraines évitent aussi que les sites de fraye des poissons soient ensevelis et que les oeufs soient asphyxiés. La présence de végétation près des cours d'eau constitue également une source importante d'éléments nutritifs et d'abris. »⁶³

L'implantation de bandes riveraines en milieu agricole est souvent limitée par la crainte des agriculteurs que ces zones puissent contribuer à la prolifération d'espèces végétales ou animales nuisibles aux cultures. En fait, de façon générale, les bandes riveraines sont peu propices aux espèces nuisibles. De plus, les bandes arbustives et boisées contiennent deux fois moins d'espèces nuisibles que les bandes enherbées.

Non seulement les espèces nuisibles sont moins abondantes dans les bandes riveraines arbustives et boisées, mais le nombre d'espèces insectivores, capable d'effectuer un contrôle biologique des insectes nuisibles aux cultures, est supérieur⁶⁴.

4.3 Quantification

Deux méthodes différentes ont été utilisées pour la quantification des bénéfices sociaux hors marché. La première est une technique bien connue et relativement répandue, l'évaluation contingente, qui vise à valoriser un bien hors marché en évaluant la disposition à payer des ménages pour le bien. La disposition à payer est estimée par des sondages, téléphoniques ou écrits.

La seconde technique est inspirée de la théorie des préférences révélées et du fait que les lois, normes et réglementations mises en place par le gouvernement devraient constituer l'expression des préférences de la population. Ce constat est sous-jacent à l'hypothèse que le processus politique est efficace et que les normes (environnementales ou autres)

⁶³ Anel (2003), p. 44

⁶⁴ Anel (2003), p. 40, tiré de Paquet et Maisonneuve (2004)

correspondent aux attentes de la société québécoise. Nous avons mentionné en introduction que les normes relatives à la protection des zones riveraines sont actuellement en période de remise en question. Nous avons utilisé les nouveaux budgets, ainsi que les objectifs qui y sont associés, pour estimer la valeur que la société attribue à ces biens et services environnementaux. Si le gouvernement est prêt à investir de telles sommes pour l'atteinte d'un objectif, il est raisonnable de dire que cet objectif vaut au moins cette somme. Il importe toutefois de rappeler que ce type d'estimation ne représente fort probablement pas la valeur totale du bénéfice. Il s'agit d'une estimation partielle, qui nous permet de savoir si les bénéfices sociaux sont au moins aussi grands que les coûts privés.

« Most quantified estimates of the economic benefit of environmental goods and services focus only on selected components of their value. They should be taken as a minimum estimate of the total economic value. »⁶⁵

4.3.1 Bénéfices liés à l'amélioration de la qualité de l'eau

Thomassin (2008) a pu établir la disposition à payer de ménages canadiens pour une amélioration de la qualité de l'eau. Il a déterminé la disposition à payer des ménages canadiens pour passer d'un niveau de qualité de l'eau à un autre. Ces niveaux de qualité se basent sur l'échelle développée par Vaughan (1986), dont les caractéristiques sont décrites dans le Tableau 4.3. Pour déterminer cette disposition à payer, il a eu recours à une méta-analyse, une technique économétrique qui regroupe les études antérieures sur le sujet.

⁶⁵ Emerton (1998), p. 14

Tableau 4.2– Échelle des niveaux de qualité de l'eau (Water Quality Ladder Values)⁶⁶

Water Quality Classification		Water Quality Parameters [Weights]*				
Becomes Acceptable for:	Water Quality Ladder Value	Fecal Coliform [0.242] # org/100 ml	Dissolved Oxygen [0.274] mg/l **	Biological Oxygen Demand-5 [0.161] mg/l	Turbidity [0.129] JTU	PH [0.194]
drinking without treatment	9.5	0	7.0 (90)	0	5	7.25
swimming	7.0	200	6.5 (83)	1.5	10	7.25
game fishing	5.0	1000	5.0 (64)	3.0	50	7.25
rough fishing	4.5	1000	4.0 (51)	3.0	50	7.25
boating	2.5	2000	3.5 (45)	4.0	100	4.25

* Weights sum to 1.0 across all parameters.

** Percent saturation at 85F in parentheses

Tableau 4.3 – Comparaison des valeurs annuelles estimées des dispositions à payer⁶⁷

Scenario	Study		
	Carson and Mitchell (1993)	Van Houtven et al. (2007)	Current Meta-Analysis
National water quality increase from boatable to fishable	\$181	\$91-\$111	\$57
National water quality increase from fishable to swimmable	\$132	\$89-\$113	\$44

Avec ces résultats, il est possible d'inférer la valeur que les ménages attribuent à une amélioration de la qualité de l'eau. Sachant qu'on retrouve 23 000 personnes⁶⁸ dans la région du bassin versant de la baie Missisquoi, et que la taille moyenne des ménages est de 2,4 au Québec⁶⁹, on peut donc estimer le nombre total de ménages dans la région à 9 583. En multipliant la disposition à payer de la troisième colonne du Tableau 4.4 par l'estimation du nombre de ménages, on obtient les dispositions à payer annuelles totales pour le bassin versant pour l'amélioration de la qualité de l'eau (première colonne du Tableau 4.5). La seconde colonne du tableau ramène ces dispositions à payer sur quarante ans, en faisant une somme actualisée des valeurs de la première colonne.

⁶⁶ Vaughan (1986)⁶⁷ Thomassin (2008)⁶⁸ Comité du bassin versant de la baie Missisquoi, Rapport de la CMI, mars 2005⁶⁹ Institut de la statistique du Québec, 2001

Selon Meals (2002), Meals (2001) et Michaud (2006), il y a dans le bassin versant de la baie Missisquoi une longueur de rivière à protéger de 1,286 mètres par hectare de superficie totale du bassin versant.⁷⁰ Avec la superficie de la portion québécoise, qui est de 130 401 hectares, il est possible de déterminer la longueur totale de bande riveraine à aménager le long des cours d'eau et rivières du bassin versant étudié, soit 167 707,26 mètres. En divisant la somme actualisée des dispositions totales à payer pour l'amélioration de la qualité de l'eau par cette longueur de rivière à protéger, on obtient une valeur en dollars par kilomètre de rivière protégée sur 40 ans.

Tableau 4.4 – Valeur de l'amélioration de la qualité de l'eau estimée par la disposition à payer des ménages canadiens selon le niveau d'amélioration

Scénarios	Valeur annuelle pour la baie Missisquoi	Somme des valeurs actualisées sur 40 ans	
De navigable à pêchable	546 231 \$/an	11 357 963,99 \$	67 724,94 \$/km de rivière protégée
De pêchable à baignable	421 652 \$/an	8 767 621,02 \$	52 279,31 \$/km de rivière protégée
De navigable à baignable	967 883 \$/an	20 124 972,36 \$	120 004,25 \$/km de rivière protégée

Nous avons supposé que les systèmes UQAM et CEPAF permettaient de passer d'une eau de qualité navigable à pêchable. Toutefois, le système Missouri permet quant à lui de passer d'un niveau de qualité d'eau navigable à baignable (2 niveaux). L'utilisation des résultats de Thomassin (2008) pose donc un problème d'agrégation des valeurs des deux niveaux de scénarios du Tableau 4.5. Il est raisonnable de supposer qu'il existera un effet de sous-additivité⁷¹ et que la disposition à payer pour le scénario Missouri, bien que supérieure à 67 724,94\$, sera possiblement inférieure à 120 004,25\$. Puisque aucune étude, appliquée au Canada et mesurant explicitement la valeur pour une amélioration de la qualité de l'eau de navigable à baignable, n'a pu être trouvée, nous avons décidé de conserver un intervalle de valeurs dans l'analyse sociale.

⁷⁰ Tiré de Bahri et al.

⁷¹ Donnieux (1998), p. 59

Tableau 4.5 – Valeur de l'amélioration de la qualité de l'eau selon le modèle agroforestier

	UQAM	CEPAF	Missouri
Amélioration de la qualité de l'eau (\$/km de rivière protégée)	67 724,94 \$	67 724,94 \$	entre 67 724,94 et 120 004,25\$

Il importe toutefois de mentionner que plusieurs critiques ont été soumise à propos de l'évaluation contingente comme méthode pour valoriser un bien hors marché. La plus importante se rapporte au fait que la disposition à payer obtenue sera peu significative s'il n'y a pas d'obligation réelle de déboursier la somme, c'est la question du biais hypothétique. Selon Donnioux (1998), le biais hypothétique résulte du fait que les personnes interrogées ne sont pas confrontées à un marché réel et que l'expérience acquise et l'information accumulée sont absents des marchés contingents. Ainsi, les individus ont davantage de difficulté à traduire leurs préférences en termes monétaires.⁶⁹

De telles critiques nous forcent donc à la prudence dans l'adaptation des résultats de Thomassin. Dans la section 4.5, nous avons procédé au calcul des seuils de significativité des valeurs contingentes associées à l'amélioration de la qualité de l'eau. De tels seuils nous permettront de mieux juger de la robustesse de nos résultats.

4.3.2 Bénéfices liés à réduction du risque de prolifération des algues bleues

Pour évaluer le bénéfice lié à la réduction du risque de prolifération des algues bleues, il faut d'abord estimer la valeur qu'une telle réduction représente pour la société mais, dans un même temps, il faut aussi mesurer l'efficacité de chaque système à effectivement réduire ce risque.

Pour la valorisation du bénéfice, nous avons utilisé le budget alloué à la Corporation bassin versant de la baie Missisquoi qui était de 397 741 \$ entre 2003 et 2005.

La Corporation bassin versant de la baie Missisquoi (CBVBM) a reçu 232 805 \$ au cours de l'année 2003-2004 afin de réaliser plusieurs activités telles que la délimitation des bandes riveraines, la caractérisation des herbiers, le compostage de plantes aquatiques échouées et la mise en place de forums d'information. De plus, l'organisme Conservation Baie Missisquoi a aussi reçu une aide financière de 14 000 \$ pour supporter des activités de protection des habitats des espèces menacées de la région. La Corporation bassin

versant de la baie Missisquoi a bénéficié d'une subvention de 99 936 \$, sur deux ans, dans le cadre du projet pilote de contrôle des cyanobactéries.⁷²

Le ministre du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Thomas Mulcair, a annoncé l'octroi d'une subvention de 520 000 \$ à 8 organismes de bassin versant dans le cadre du Programme de soutien à la mission des organismes de bassin versant. Les organismes concernés par cette annonce sont l'Agence de bassin versant de la rivière du Nord, la Corporation de l'aménagement de la rivière L'Assomption, l'Organisme de bassin versant de la rivière Bayonne, la Société d'aménagement et de mise en valeur du bassin de la rivière Batiscan, le Conseil de bassin de la rivière Saint-Charles, l'Association pour la gestion intégrée de la rivière Maskinongé, l'Organisme de bassin versant de la rivière du Loup et la Corporation bassin versant de la baie Missisquoi. Chaque organisme reçoit une somme de 65 000 \$.⁷³

Ce montant date toutefois de quatre ans et nous savons que la somme dont dispose la Corporation actuellement est fort probablement supérieure. Depuis 2005, le niveau d'information que la population détient sur les problèmes liés à la charge de phosphore dans les cours d'eau et la prolifération d'algues bleues s'est considérablement accru. Cette conscientisation populaire s'est traduite en action concrète de la part du gouvernement le 25 septembre 2007, avec la décision d'investir 200 millions de dollars sur 10 ans dans le plan d'intervention sur les algues bleues. Toutefois, nous n'avons pas pu déterminer la portion attribuée spécifiquement à notre région d'étude. Sachant que le problème d'algues bleues est particulièrement important dans la baie Missisquoi, il est plausible de croire que la part relative pour la baie Missisquoi pourrait être supérieure à celle des autres régions touchées (voir tableau sur la fréquence des reports d'algues bleues entre 2004 et 2007 en annexe 5).

En utilisant la relation établie par Meals (2002), Meals (2001) et Michaud (2006)⁷⁴ entre la superficie du bassin versant et la longueur de rivière à protéger, nous avons pu établir qu'il y avait environ 167,71 kilomètres de rivières à protéger dans le bassin versant de la baie Missisquoi, portion québécoise. Cette donnée nous permet de fixer un budget par kilomètre de rivière protégée, qui se porte à 2 371,64\$. Tel que mentionné précédemment, il s'agit ici d'une estimation probablement en deçà de la véritable valeur. L'accès aux budgets effectivement alloués au bassin versant de la baie Missisquoi permettrait de réduire l'écart.

⁷² <http://www.mddep.gouv.qc.ca/infuseur/communiqu.asp?no=568>

⁷³ <http://www.la-vie-rurale.ca/contenu/1603>

⁷⁴ Tiré de Bahri et al (2007), p. 47

Après avoir évalué l'efficacité de chaque modèle à atteindre la cible du plan d'intervention (réduction de 40% de la charge totale de phosphore partout au Québec), nous pourrions déterminer le niveau d'attribution du budget à chaque modèle. Sachant que la charge actuelle dans la baie Missisquoi est de 97,2 tonnes métriques/an, la charge cible de cette région sera de 38,9 tonnes métriques/an.^{75 76}

Nous avons utilisé une moyenne des taux de réduction calculée⁷⁷ à partir des taux d'efficacité de rétention retenus par Gagnon et Gangbazo (2007) et provenant d'études réalisées aux États-Unis, au Canada et en Australie. Cette moyenne indique une réduction totale de 8,6% du phosphore total par mètre de bande riveraine aménagée. Il s'agit toutefois de résultats pour des bandes enherbées. Vraisemblablement, le taux de captation de phosphore devrait être supérieur dans les bandes arborées que dans les bandes enherbées. Toutefois, lorsqu'on porte attention aux résultats, on constate que même avec ces taux partiels de réduction, les systèmes élaborés sont déjà très efficaces pour atteindre la cible fixée par le gouvernement. D'après ces résultats, le système UQAM parvient à filtrer 71,69% de la charge de phosphore nécessaire pour atteindre la cible alors que les deux autres systèmes ont une efficacité supérieure à 100%. Nous croyons qu'il est raisonnable de supposer qu'en raison de la présence des arbres, et surtout de la grande densité du modèle, même la bande riveraine de type UQAM parviendra à atteindre la charge cible. Dépendamment du type de sol et de la composition des bandes boisées, on rapporte des taux de rétention du phosphore allant de 27% à 97% (Gabor et al., 2000).

Tableau 4.6 – Efficacité de captation du phosphore des systèmes agroforestiers

	Largeur de la bande	% de réduction (basé sur une réduction de 8,6% par mètre)	Charge actuelle	Réduction	Charge cible	Efficacité par rapport à la cible
UQAM	5 m	43,00 %	97,2	41,796	58,3	71,69%
CEPAF	10 m	86,00 %	97,2	83,592	58,3	143,38%
Missouri	25 m	100 %	97,2	97,2	58,3	166,72%

⁷⁵ Mimeault (2002), tiré de Bahri et al. (2007)

⁷⁶ Entente entre le gouvernement du Québec et le gouvernement de l'état du Vermont concernant la réduction du phosphore dans la baie Missisquoi

⁷⁷ Bahri et al, p. 54

On a calculé le bénéfice de réduction du phosphore à l'échelle du bassin versant de la baie Missisquoi. Si l'on utilisait la même méthodologie à l'échelle de toute la province, on obtiendrait un bénéfice de 6666,67\$/km de rivière protégée sur 40 ans. Ce chiffre, qu'on ne saurait utiliser sans circonspection car il est certainement faux que toutes les rivières en zone agricole ont besoin d'une bande boisée, est obtenu par le croisement des données ci-dessous.

Dans Nolet (2004), on cite une étude du MENV indiquant que pour le Québec, une bande riveraine moyenne de trois mètres le long des cours d'eau couvre environ 9000 hectares sur les deux millions d'hectares en culture; soit un peu moins de 0,5 % du territoire agricole. Avec ces données, on a pu extrapoler la longueur des rivières se situant en milieu agricole à 30 000 kilomètres. Si on utilise la totalité du budget provincial de lutte aux algues bleu-vert de 200 millions pour la plantation de bandes riveraines boisées, on obtient un budget de 6 666,67\$ par kilomètre de rivière protégée.

Ce résultat est supérieur à celui obtenu pour la seule région de la baie Missisquoi. Cependant, tel que mentionné précédemment, ce résultat doit être utilisé avec précaution et c'est la raison pour laquelle, dans l'analyse sociale, nous avons préféré utiliser les résultats obtenus avec les budgets de la Corporation de bassin versant de la Baie Missisquoi.

4.3.3 Bénéfices liés à l'augmentation de la biodiversité dans les champs et dans le cours d'eau

Pour estimer la valeur des bénéfices liés à l'augmentation de la biodiversité, nous avons eu également recours au budget alloué à la Corporation bassin versant de la baie Missisquoi pour accroître la biodiversité sur son territoire. En 2005, le MDDEP a alloué 14 000\$ à l'organisme pour l'augmentation de la biodiversité sur son territoire.

L'efficacité du système Missouri dans sa capacité à augmenter la biodiversité est reconnue. En plus des nombreuses strates, il est également constitué de plusieurs types de végétation : arbres, arbustes et graminées. Le système Missouri est ainsi en mesure de fournir un habitat intéressant pour plusieurs espèces animales et végétales. De ce fait, la totalité du budget de 14 000\$ peut lui être attribué.

Cependant, l'efficacité des systèmes UQAM et CEPAF n'a pas été directement mesurée et la revue de littérature ne nous a pas permis de trouver des études faisant le lien direct entre la largeur de la bande et le niveau d'augmentation de la biodiversité. Le fait que chaque système soit constitué de plusieurs strates (nombre de rangées) nous permet de supposer que la zone riveraine aménagée selon les trois systèmes sera susceptible d'offrir un habitat pour la faune et de fournir un support à la biodiversité aquatique. Il existe toutefois une certaine incertitude, qui nous porte à introduire des paramètres. Avec les progrès de la recherche dans le domaine, il sera possible d'attribuer une valeur précise à ces paramètres.

4.3.4 Bénéfices liés à la réduction de l'ASRA

Un tiers des paiements de programme d'ASRA sont supportés par le gouvernement provincial. Les deux autres tiers sont fournis par les producteurs agricoles (cotisations annuelles) et par la Financière agricole du Québec (une coopérative de producteurs agricoles).⁷⁸ L'étude du budget de culture, fourni à la page 14 de ce mémoire, nous a permis de relever que la compensation ASRA estimée pour 2007-2008 pour la culture de maïs-grain est de 32,20\$/kg, ce qui correspond à 254,37\$/hectare de maïs cultivé. Le budget de culture du soya ne précise pas de valeur pour la compensation ASRA. Nous n'avons donc pas pu en tenir compte. Pour obtenir la valeur du bénéfice pour le gouvernement de la réduction de l'ASRA, nous avons multiplié la perte de superficie par la valeur de la compensation ASRA (254,37\$/hectare) multipliée par un facteur de un tiers. Ainsi, les bénéfices pour le gouvernement sont respectivement pour les systèmes UQAM, CEPAF et Missouri, de 33,92\$, 118,71\$ et 373,08\$ pour un kilomètre de rivière protégée par une bande riveraine.

Tableau 4.7 – Réduction de la subvention gouvernementale ASRA liée aux bandes riveraines

Systèmes agroforestiers	Superficie perdue (ha/km de rivière)	Réduction de la subvention ASRA (\$/km de rivière)	Portion gouvernementale (\$/km de rivière)
UQAM	0,4 ha	101,75 \$	33,92 \$
CEPAF	1,4 ha	356,12 \$	118,71 \$
Missouri	4,4 ha	1119,23 \$	373,08 \$

⁷⁸ Communication personnelle, André Vézina, CEPAF

4.3.5 Transferts liés à la subvention Prime-Vert

Dans l'analyse avantage-coût privée, nous avons inclus la subvention du programme Prime-Vert dans le calcul des revenus privés. Dans l'analyse sociale, ces revenus deviennent un coût pour le gouvernement, et deviennent donc neutres pour la société. Il est commun dans l'analyse économique de considérer les subventions comme un simple transfert. C'est dans cette optique que nous avons corrigé le résultat de l'analyse privée en les soustrayant dans l'analyse sociale.

Tableau 4.8 – Valeurs des transferts de subventions Prime-Vert selon le modèle agroforestier

	UQAM	CEPAF	Missouri
Subvention Prime-Vert	-31 179,11\$	-21 349,51\$	-32 919,44\$

4.4 Résultats

Dans l'utilisation des résultats de l'analyse sociale, on doit poser plusieurs hypothèses car les bénéfices sociaux des systèmes évalués n'ont pas encore fait l'objet d'une quantification scientifique. On peut cependant affirmer qu'il existe une corrélation positive entre le niveau de bénéfice et la largeur de la bande, et dans une moindre mesure, la densité de la plantation. De ce fait, on sait que le système Missouri devrait présenter le niveau de bénéfices sociaux le plus élevé. Il est difficile de déterminer parmi le système UQAM et CEPAF lequel produira le plus haut niveau de bénéfices sociaux. Le Tableau 4.10 donne les résultats de l'analyse avantages-coûts sociale. Comme mentionné plus haut, il concerne une ferme fictive de 250 hectares où un kilomètre de rivière sera protégée par une bande riveraine boisée implantée sur les deux côtés du cours d'eau. Les unités de ce tableau sont donc des dollars par kilomètre de rivière protégée sur 40 ans.

Tableau 4.9 – Résultats de l'analyse avantage-coût sociale

	UQAM	CEPAF	Missouri
Largeur de la bande (m)	5	10	25
Densité de plantation (plants/ha)	8000	6666	5666
Résultat de l'analyse privée (\$/km de rivière protégée)	-3 547,03 \$	-18 891,57 \$	-34 775,33 \$
Amélioration de la qualité de l'eau (\$/km de rivière protégée)	67 724,94 \$	67 724,94 \$	entre 67 724,94 et 120 004,25\$?
Réduction du risque de prolifération des algues bleues (\$/km de rivière protégée)	2 371,64 \$	2 371,64 \$	2 371,64 \$
Augmentation de la biodiversité	14 000\$ * b ₁	14000 \$ * b ₂	14 000 \$
Coût lié à la subvention Prime-Vert (\$/km de rivière protégée)	-31 179,11 \$	-21 349,51 \$	-32 919,44 \$
Revenu lié à la diminution des paiements de l'ASRA (\$/km de rivière protégée)	33,92 \$	118,71 \$	373,08 \$
TOTAL (si b ₁ = b ₂ = 0,5)	42 404,36 \$	36 974,21 \$	entre 16 774,89 et 69 054,20 \$
Amélioration du paysage	Qualitatif	Qualitatif	Qualitatif
Réduction des odeurs	Qualitatif	Qualitatif	Qualitatif
Réduction des GES	Qualitatif	Qualitatif	Qualitatif
Facilitation de la cohabitation	Qualitatif	Qualitatif	Qualitatif
Réduction de la pollution par les pesticides	Qualitatif	Qualitatif	Qualitatif

Tel que discuté dans la section 4.3.2, l'estimation du bénéfice lié à la réduction du risque de prolifération des algues bleues est partielle (budget de 2003 à 2005). Pour que chaque système (UQAM, CEPAF et Missouri) soit rentable d'un point de vue social, il suffirait que la part du budget du plan d'intervention face à la prolifération des algues bleu-vert de 2007⁷⁹ attribuée au bassin versant de la baie Missisquoi soit respectivement de 0,30%, 1,59% et 2,92%. Sachant que le bassin versant de la baie Missisquoi a été identifié comme étant une région prioritaire d'intervention, la part relative risque effectivement d'être au-dessus des seuils mentionnés plus haut. En effet, depuis 2004, on a rapporté des problèmes d'algues bleues dans 55 bassins versants du Québec. Même en posant une attribution égale à chaque bassin versant, sans tenir compte de l'importance relative du problème, on obtient que chaque bassin versant devrait recevoir 1,18% du budget.

⁷⁹ Le budget provincial de 2007 pour la lutte contre les algues bleu-vert est de 200 millions de dollars et couvre l'ensemble de la province du Québec.

4.5 Analyse de sensibilité

Pour calculer le seuil de significativité de la valeur contingente de l'amélioration de la qualité de l'eau, il faut dans un premier temps retirer celle-ci des résultats de l'analyse sociale. Ce faisant, nous obtenons les résultats de la première ligne du Tableau 4.11. Pour calculer les seuils, il suffit de déterminer la valeur que l'on doit attribuer à la disposition à payer par ménage pour que la somme actualisée sur quarante ans soit égale à l'inverse des valeurs données dans la première ligne du Tableau 4.11. Les valeurs seuils sont données à la seconde ligne du Tableau 4.11. Si on les compare avec les valeurs du Tableau 4.4, on constate que même si l'estimation de la disposition à payer était 50% plus petite, le résultat de l'analyse sociale resterait inchangé. Une estimation d'environ 50\$/an par ménage n'était déjà pas si farfelue. Même en étant 2 fois plus petite, il demeure encore rentable pour la société de favoriser l'implantation de bandes riveraines boisées comme moyen de réduire la pollution diffuse en milieu agricole. Cette analyse de sensibilité nous permet donc de conclure à la robustesse de nos résultats.

Tableau 4.10 – Calcul des seuils de significativité des valeurs contingentes de l'amélioration de la qualité de l'eau

	UQAM	CEPAF	Missouri
Résultats – AAC sociale (sans la valeur contingente de l'amélioration de la qualité de l'eau) (\$/km de rivière sur 40 ans)	-25 320,58 \$	-30 750,73 \$	-50 950,05 \$
Disposition à payer des ménages pour l'amélioration de la qualité de l'eau VALEURS SEUILS (\$/ménage)	21,31 \$/ménage	25,88 \$/ménage	42,89 \$/ménage

4.6 Discussion des résultats

L'analyse des avantages et des coûts pour la société nous a permis de déterminer la valeur que représente l'introduction de bandes riveraines boisées en milieu agricole. Il s'agit toutefois ici d'une valeur partielle, et ce pour deux raisons principales. Premièrement, plusieurs bénéfices n'ont pu être évalués quantitativement mais ceci ne signifie pas pour autant qu'il faille leur attribuer une valeur nulle. D'un autre côté, plusieurs estimations quantitatives constituaient souvent elles-mêmes des valeurs partielles. Rappelons notamment l'évaluation des bénéfices liés à la réduction du risque de prolifération des algues bleues.

Pour les modèles UQAM, CEPAF et Missouri, nous avons respectivement obtenus des valeurs sociales minimales de 42 404,36 \$, 36 974,21 \$ et finalement un intervalle de 16 774,89 \$ à 69 054,20\$. Les valeurs sont données pour un kilomètre de rivière protégée sur quarante ans. La figure 4.3 ci-dessous synthétise les résultats des analyses privée et sociale.

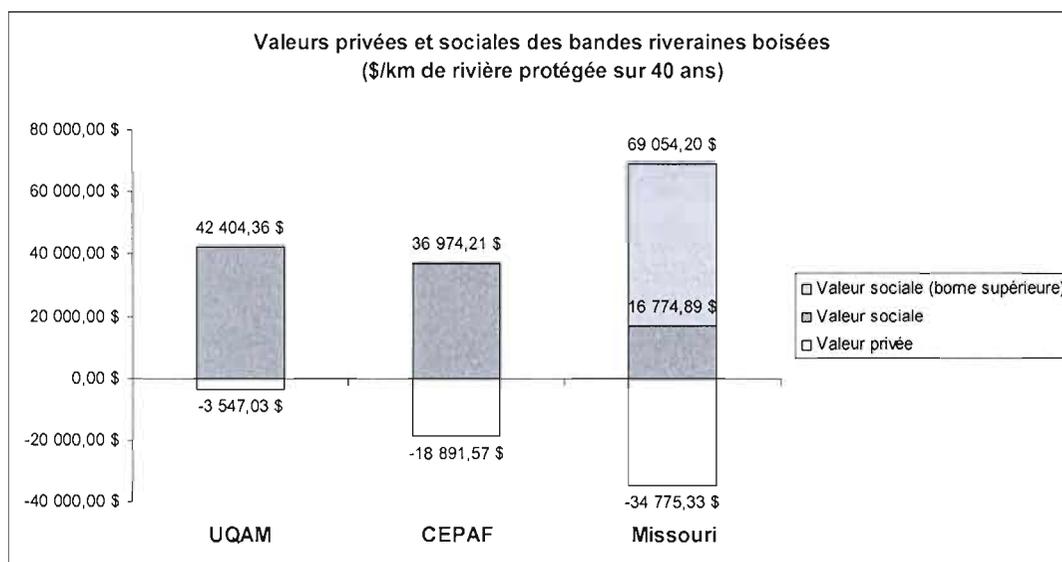


Figure 4.3– Représentation graphique des résultats des analyses privée et sociale

On peut d'abord constater que les trois projets sont rentables pour la société. Le classement des trois modèles dépendra de l'ampleur de la disposition à payer des ménages pour passer d'une eau de qualité navigable à baignable. Si la disposition à payer pour passer de deux niveaux de qualité d'eau est similaire à celle pour passer d'un seul niveau, alors le classement des projets de l'analyse sociale sera le même que pour l'analyse privée. En ordre décroissant nous aurons les modèles UQAM, CEPAF et Missouri. Cependant, si l'on peut supposer la simple additivité des valeurs contingentes, le classement de l'analyse sociale devient différent de celui de l'analyse privée avec le modèle Missouri comme système projet présentant le plus haut niveau de bénéfices pour la société, alors que ce système représentait le plus grand coût pour les producteurs agricoles.

Plus la largeur est grande, plus les bénéfices sociaux sont grands. Pour UQAM, qui a une largeur de 5 mètres, les bénéfices sont de 45 951,39\$, pour CEPAF, dont la largeur est de 10 mètres, les bénéfices sont plutôt de 55 865,78\$ alors que pour Missouri, avec une largeur de 25 mètres, l'intervalle des bénéfices se situe entre 51 550,22\$ et 103 829,53\$.

CONCLUSION

L'objectif de ce travail visait à vérifier si l'absence de bandes riveraines boisées dans le paysage agricole québécois s'explique par le fait que même si les avantages sociaux compensent en effet les coûts sociaux, du point de vue du producteur agricole, les avantages privés ne compensent pas les coûts privés.

Pour y parvenir, nous avons procédé à deux analyses avantages-coûts, la première du point de vue du producteur agricole et la seconde du point de vue de la société québécoise. Dans l'analyse avantages-coûts privée, nous avons calculé la marge actualisée des coûts liés à l'implantation, à l'entretien, aux pertes de superficie cultivable, à la réduction de subvention ASRA et des revenus liés à la récolte de bois, aux subventions Prime-Vert, aux améliorations en rendement des cultures. Les revenus liés aux crédits de carbone et à la réduction des pertes de sols n'ont pas été inclus dans le calcul. Le résultat de cette première analyse a été de conclure qu'il n'est pas rentable pour l'agriculture de procéder à l'implantation de nos modèles de bandes riveraines boisées.

Dans l'analyse sociale, nous avons comparé le coût privé aux gains et coûts encourus par la société suite à l'implantation hypothétique de chacun des trois modèles agroforestiers. Après avoir dressé une liste des principaux bénéfices et coûts attendus, nous avons procédé à la quantification de cinq d'entre eux : l'amélioration de la qualité de l'eau (par méthode contingente), la réduction du risque de prolifération des algues bleues, l'augmentation de la biodiversité (tous deux par la technique des préférences révélées et des budgets de programmes gouvernementaux) et les revenus et coûts liés aux subventions. Les bénéfices liés à l'amélioration du paysage, à la facilitation de la cohabitation, à la réduction des odeurs, des gaz à effet de serre et de la pollution par les pesticides ont été décrits seulement de façon qualitative et n'ont donc pas pu être inclus dans notre calcul. Les résultats obtenus de l'analyse avantages-coûts sociale sont conformes à l'hypothèse de recherche à l'effet que les coûts privés sont inférieurs aux bénéfices sociaux attendus de l'introduction de bandes riveraines boisées en milieu agricole.

La principale difficulté de ce travail a été de déterminer une façon de quantifier les bénéfices sociaux dus à l'agroforesterie, ceci surtout en raison du caractère hors marché des bénéfices.

Il serait intéressant de comparer les résultats de l'analyse sociale avec la stratégie actuelle de lutte contre les algues bleues. Ce faisant, on pourrait évaluer la pertinence des mesures proposées en regard du niveau de bénéfices obtenus par l'implantation exclusive de bandes riveraines. Pour ce faire, il faudrait cependant faire une analyse coût-efficacité en comparant les différentes méthodes de réduction de pollution diffuse. Un tel travail pourrait faire l'objet d'un travail complémentaire.

Avec ces résultats, on semble montrer que les incitations gouvernementales actuelles ne sont pas suffisantes pour que le producteur agricole n'entreprenne de lui-même l'aménagement des zones riveraines et que la société s'en retrouve perdante. L'inclusion des coûts d'entretien dans les subventions offertes par le programme Prime-Vert pourraient constituer une façon de pallier à cette faille. Par ailleurs, il faut noter qu'en faisant passer le niveau actuel de couverture des coûts d'implantation de 90% à 100%, le système UQAM deviendrait pratiquement rentable, avec un coût de seulement 82\$/km de rivière.⁸⁰

À l'heure d'écrire ces lignes, le Centre d'expertise sur les produits agroforestiers procédaient à la compilation de nouveaux coûts d'entretien. Une discussion avec le personnel du CEPAF nous indiquait que le coût de l'entretien semble moins élevé avec l'introduction de nouvelles techniques. Ces nouvelles méthodes d'entretien sont susceptibles de rendre certains modèles de bandes riveraines boisées rentables pour le producteur.

⁸⁰ Les coûts d'implantation sont actuellement de 34 643,46\$ alors que la subvention est de 31 179,11\$ pour le système UQAM. L'écart entre les deux est inférieur au coût net actuel du projet par seulement environ 82\$.

ANNEXES

Annexe A : Paramètres et questionnaire du calculateur du CEPAF

Paramètres	
Taux d'actualisation annuel ?	3,00%
Taux d'intérêt perçu sur les placements ?	3,00%
Taux d'intérêt payé sur les emprunts ?	6,00%
Taux d'inflation annuel ?	2,75%
Prix d'un rouleau de paillis de plastique de 1,2 ou 1,5 m de large	175,00 \$
Prix d'une collerette	0,15 \$
Prix unitaire des broches servant à fixer les collerettes	0,10 \$
Taux horaire pour la main d'œuvre lors de l'établissement et l'entretien de la haie (\$/h)	20,00 \$
Frais de déplacement (\$/km)	0,40 \$
Taux horaire pour les travaux mécaniques de préparation du sol (\$/h)	60,00 \$
Plans et devis (montant forfaitaire)	250,00 \$
Pourcentage des frais d'implantation prévu pour le remplacement des arbres morts la première année	10%
Taux horaire (machinerie et main d'œuvre) pour le fauchage et l'inspection phytosanitaire (\$/h)	45,00 \$
Nombre de fauchages par année	2
Frais de déplacement avec la machinerie (\$/km)	0,70 \$
Prix d'une spirale de protection contre les rongeurs	1,00 \$
Prix d'une gaine de protection contre les chevreuils (installation comprise)	6,00 \$
Marge (produits sur débours/ha) utilisé pour les calculs liés à la perte d'espace cultivable	1254,29 \$
Valeur si le bois est vendu pour le sciage (\$/m3)	52,00 \$
Valeur si le bois est vendu pour le déroulage (\$/m3)	72,00 \$
Valeur de la biomasse brut (pâte ou autres destinations) (\$/tonne M.S.ou \$/m3)	42,00 \$
Quelle est la hauteur maximale d'une haie de peupliers hybrides à maturité?	25
Augmentations de la marge (produits sur débours/ha) utilisées pour les calculs liées à la protection de culture (basées sur une augmentation de rendement de 10%)	326,11 \$

Questionnaire	
Fin d'implantation de la bande boisée	Bande riveraine
Longueur de la haie (m) ?	2000
Nombre de rangées ? (maximum 3)	3
Espacement entre les rangées (m) ?	1,5
Quelle est la séquence d'établissement des arbres et/ou arbustes ?	
Rangée 1	PEH
Rangée 2	PEH

Rangée 3	PEH
Quel est l'espacement entre les végétaux (m) ?	
Rangée 1	1
Rangée 2	1
Rangée 3	1
Quelle largeur de paillis de plastique utiliserez-vous ?	4
Quels sont les coûts des végétaux : peupliers hybrides (PEH) ?	2,25 \$
Inscrire la distance entre le site d'établissement et le point de départ des ouvriers	40
Quel pourcentage des coûts d'établissement sera remboursé par des subventions ?	70%
Désirez-vous effectuer votre établissement avec des arbres de fort calibre ?	Non
Désirez-vous effectuer les activités d'entretien suivantes ?	
Remplacement des arbres morts la première année	Oui
Fauchage et inspection phytosanitaire (2 fois par an, 1 à 5 ans)	Oui
Taille de formation (tous les ans, de 2 à 10 ans)	Oui
Élagage (tous les 2 ans, de 10 à 30 ans)	Oui
Protection contre les ravageurs	Oui
Si oui, spécifiez lesquels	Contre les chevreuils et les rongeurs
Est-ce que la haie offrira une protection pour les cultures ?	Oui
Quelle est la longueur de la haie implantée dans un champ cultivé ?	2000
Quelle est la durée de la rotation de culture ?	1
Quelle est la rotation de culture ?	1ère : Mais fourrager
Quels sont les coûts annuels de chauffage des bâtiments qui seront protégés?	0,00 \$
À quel pourcentage s'élèveront les économies de chauffage à la maturité des haies ?	0%
Combien d'heures par année sont consacrées aux opérations de déneigement dans le secteur qui sera protégé par la haie ?	0
Taux horaire pour les opérations de déneigement ? (\$/h)	0
Quelle espèce prévoyez-vous récolter ?	Peupliers hybrides (PEH)
À quelle fin destinez-vous le bois : Peupliers hybrides (PEH)?	Déroulage
Quel pourcentage de marge brute prévoyez-vous en retirer ?	100%
À combien évaluez-vous la valeur des pertes de sol ?	0
Quel pourcentage de marge brute prévoyez-vous en retirer ?	10
À combien évaluez-vous le prix de la réduction d'une tonne des GES ? (\$/t. CO2)	0

Annexe B : Détail du calcul des améliorations en rendement

Années	Hauteur (m)	Revenu associé à la culture (\$/an)	Gain en rendement (\$/an)	Hauteur (m)	Revenu associé à la culture (\$/an)	Gain en rendement (\$/an)
0	0,0	0,00 \$	0,00 \$	0,0	0,00 \$	0,00 \$
1	1,5	1591,97\$	23,88 \$	0,5	1591,97\$	7,96 \$
2	3,0	1591,97\$	32,10 \$	1,0	1591,97\$	10,70 \$
3	4,5	1070,00\$	71,64 \$	1,5	1070,00\$	23,88 \$
4	6,0	1591,97\$	95,52 \$	2,0	1591,97\$	31,84 \$
5	7,5	1591,97\$	80,25 \$	2,5	1591,97\$	26,75 \$
6	9,0	1070,00\$	143,28 \$	3,0	1070,00\$	47,76 \$
7	10,5	1591,97\$	167,16 \$	3,5	1591,97\$	55,72 \$
8	12,0	1591,97\$	128,40 \$	4,0	1591,97\$	42,80 \$
9	13,5	1070,00\$	214,92 \$	4,5	1070,00\$	71,64 \$
10	15,0	1591,97\$	238,80 \$	5,0	1591,97\$	79,60 \$
11	16,5	1591,97\$	176,55 \$	5,5	1591,97\$	58,85 \$
12	18,0	1070,00\$	286,56 \$	6,0	1070,00\$	95,52 \$
13	19,5	1591,97\$	310,44 \$	6,5	1591,97\$	103,48 \$
14	21,0	1591,97\$	224,70 \$	7,0	1591,97\$	74,90 \$
15	22,5	1070,00\$	358,20 \$	7,5	1070,00\$	119,40 \$
16	24,0	1591,97\$	382,08 \$	8,0	1591,97\$	127,36 \$
17	25,0	1591,97\$	267,50 \$	8,5	1591,97\$	90,95 \$
18	25,0	1070,00\$	398,00 \$	9,0	1070,00\$	143,28 \$
19	25,0	1591,97\$	398,00 \$	9,5	1591,97\$	151,24 \$
20	25,0	1591,97\$	267,50 \$	10,0	1591,97\$	107,00 \$
21	25,0	1070,00\$	398,00 \$	10,5	1070,00\$	167,16 \$
22	25,0	1591,97\$	398,00 \$	11,0	1591,97\$	175,12 \$
23	25,0	1591,97\$	267,50 \$	11,5	1591,97\$	123,05 \$
24	25,0	1070,00\$	398,00 \$	12,0	1070,00\$	191,04 \$
25	25,0	1591,97\$	398,00 \$	12,5	1591,97\$	199,00 \$
26	25,0	1591,97\$	267,50 \$	13,0	1591,97\$	139,10 \$
27	25,0	1070,00\$	398,00 \$	13,5	1070,00\$	214,92 \$
28	25,0	1591,97\$	398,00 \$	14,0	1591,97\$	222,88 \$
29	25,0	1591,97\$	267,50 \$	14,5	1591,97\$	155,15 \$
30	25,0	1070,00\$	398,00 \$	15,0	1070,00\$	238,80 \$
31	25,0	1591,97\$	398,00 \$	15,0	1591,97\$	238,80 \$
32	25,0	1591,97\$	267,50 \$	15,0	1591,97\$	160,50 \$
33	25,0	1070,00\$	398,00 \$	15,0	1070,00\$	238,80 \$
34	25,0	1591,97\$	398,00 \$	15,0	1591,97\$	238,80 \$
35	25,0	1591,97\$	267,50 \$	15,0	1591,97\$	160,50 \$
36	25,0	1070,00\$	398,00 \$	15,0	1070,00\$	238,80 \$
37	25,0	1591,97\$	398,00 \$	15,0	1591,97\$	238,80 \$
38	25,0	1591,97\$	267,50 \$	15,0	1591,97\$	160,50 \$
39	25,0	1070,00\$	398,00 \$	15,0	1070,00\$	238,80 \$
40	25,0	1591,97\$	398,00 \$	15,0	1591,97\$	238,80 \$

Annexe C – Liste de prix des végétaux selon l'espèce

Espèces	Catégories	Prix	Espèces	Catégories	Prix
Spirée billiardii	ARB	3,75 \$	Thuya occidental	CON	3,75 \$
Sorbier d'Amérique	ARB	3,25 \$	Épinette	CON	2,25 \$
Aronia noir	ARB	2,75 \$	Épinette de Norvège	CON	2,25 \$
Lilas duveteux	ARB	2,25 \$	Épinette du Colorado	CON	2,25 \$
Physocarpe à feuille d'obier	ARB	2,25 \$	Mélèze hybride	CON	2,25 \$
Rosier rugueux	ARB	2,25 \$	Mélèze Laricin	CON	2,25 \$
Shepherdie argenté	ARB	2,25 \$	Pin rouge	CON	2,25 \$
Shepherdie du Canada	ARB	2,25 \$	Pin sylvestre	CON	2,25 \$
Sureau du Canada	ARB	2,25 \$	Noyer cendré	FNO	3,25 \$
Sureau pubescent	ARB	2,25 \$	Érable à sucre	FNO	2,75 \$
Viorne cassioïde	ARB	2,25 \$	Érable de l'Amur	FNO	2,75 \$
Viorne lantana	ARB	2,25 \$	Frêne d'Amérique	FNO	2,75 \$
Argousier	ARB	2,25 \$	Chêne rouge	FNO	2,50 \$
Caraganier de Sibérie	ARB	2,25 \$	Tilleul d'Amérique	FNO	2,50 \$
Lilas commun	ARB	2,25 \$	Bouleau à papier	FNO	2,25 \$
Osier blanc	ARB	2,25 \$	Chêne à gros fruits	FNO	2,25 \$

Annexe D.1 : Grille temporelle – Système UQAM (Faible qualité de PEH)

t	Implantation	Subvention	Perte de superficie	Récolte	Remplacement	Fauchage	Protection	Taille	Élagage	Amélioration	Flux actualisés	Marge cumulative
0	34 643,46 \$	31 179,11 \$									3 464,35 \$	3 464,35 \$
1			110,98 \$		643,33 \$	596,00 \$	2 504,00 \$			23,88 \$	3 683,11 \$	7 147,45 \$
2			110,98 \$			596,00 \$	2 504,00 \$	5 437,33 \$		32,10 \$	7 966,17 \$	15 113,62 \$
3			110,98 \$			596,00 \$	2 504,00 \$	5 437,33 \$		71,64 \$	7 624,63 \$	22 738,25 \$
4			110,98 \$			596,00 \$	2 504,00 \$	5 437,33 \$		95,52 \$	7 310,96 \$	30 049,21 \$
5			110,98 \$			596,00 \$	2 504,00 \$	5 437,33 \$		80,25 \$	7 042,32 \$	37 091,53 \$
6			110,98 \$				2 504,00 \$	5 437,33 \$		143,28 \$	6 250,62 \$	43 342,15 \$
7			110,98 \$				2 504,00 \$	5 437,33 \$		167,16 \$	5 992,07 \$	49 334,22 \$
8			110,98 \$				2 504,00 \$	5 437,33 \$		128,40 \$	5 789,92 \$	55 124,14 \$
9			110,98 \$				2 504,00 \$	5 437,33 \$		214,92 \$	5 506,45 \$	60 630,59 \$
10			110,98 \$				2 504,00 \$	5 437,33 \$	1 437,33 \$	238,80 \$	6 249,54 \$	66 880,13 \$
11			110,98 \$							176,55 \$	42,59 \$	66 837,53 \$
12			110,98 \$						1 437,33 \$	286,56 \$	788,09 \$	67 625,62 \$
13			110,98 \$							310,44 \$	119,79 \$	67 505,83 \$
14			110,98 \$						1 437,33 \$	224,70 \$	764,35 \$	68 270,18 \$
15			110,98 \$							358,20 \$	137,27 \$	68 132,91 \$
16			110,98 \$						1 437,33 \$	382,08 \$	622,66 \$	68 755,57 \$
17			110,98 \$							267,50 \$	80,35 \$	68 675,21 \$
18			110,98 \$						1 437,33 \$	398,00 \$	567,83 \$	69 243,04 \$
19			110,98 \$							398,00 \$	136,23 \$	69 106,81 \$
20			110,98 \$	63 453,29 \$					1 437,33 \$	267,50 \$	28 374,71 \$	40 732,10 \$
21			110,98 \$							398,00 \$	125,95 \$	40 606,15 \$
22			110,98 \$						1 437,33 \$	398,00 \$	485,38 \$	41 091,53 \$
23			110,98 \$							267,50 \$	63,50 \$	41 028,02 \$
24			110,98 \$						1 437,33 \$	398,00 \$	448,76 \$	41 476,78 \$
25			110,98 \$							398,00 \$	107,67 \$	41 369,12 \$
26			110,98 \$						1 437,33 \$	267,50 \$	461,97 \$	41 831,09 \$
27			110,98 \$							398,00 \$	99,54 \$	41 731,55 \$
28			110,98 \$						1 437,33 \$	398,00 \$	383,60 \$	42 115,15 \$
29			110,98 \$							267,50 \$	50,19 \$	42 064,96 \$
30			110,98 \$						1 437,33 \$	398,00 \$	354,66 \$	42 419,62 \$
31			110,98 \$							398,00 \$	85,09 \$	42 334,53 \$
32			110,98 \$						1 437,33 \$	267,50 \$	365,11 \$	42 699,64 \$
33			110,98 \$							398,00 \$	78,67 \$	42 620,97 \$
34			110,98 \$						1 437,33 \$	398,00 \$	303,17 \$	42 924,13 \$
35			110,98 \$							267,50 \$	39,66 \$	42 884,47 \$
36			110,98 \$						1 437,33 \$	398,00 \$	280,29 \$	43 164,76 \$
37			110,98 \$							398,00 \$	67,25 \$	43 097,52 \$
38			110,98 \$						1 437,33 \$	267,50 \$	288,55 \$	43 386,06 \$
39			110,98 \$							398,00 \$	62,17 \$	43 323,89 \$
40			110,98 \$	192 119,82 \$					1 437,33 \$	398,00 \$	39 776,86 \$	3 547,03 \$

Annexe D.2 : Grille temporelle – Système UQAM (Qualité élevée de PEH)

t	Implantation	Subvention	Perte de superficie	Récolte	Remplacement	Fauchage	Protection	Taille	Élagage	Amélioration	Flux actualisés	Marge cumulative
0	34 643,46 \$-	31 179,11 \$									3 464,35 \$-	3 464,35 \$-
1			110,98 \$-		2 393,33 \$-	596,00 \$-	9 704,00 \$-			23,88 \$	12 288,88 \$-	15 753,22 \$-
2			110,98 \$-			596,00 \$-	9 704,00 \$-	5 437,33 \$-		32,10 \$	14 622,98 \$-	30 376,20 \$-
3			110,98 \$-			596,00 \$-	9 704,00 \$-	5 437,33 \$-		71,64 \$	14 025,40 \$-	44 401,60 \$-
4			110,98 \$-			596,00 \$-	9 704,00 \$-	5 437,33 \$-		95,52 \$	13 465,55 \$-	57 867,15 \$-
5			110,98 \$-			596,00 \$-	9 704,00 \$-	5 437,33 \$-		80,25 \$	12 960,20 \$-	70 827,35 \$-
6			110,98 \$-				9 704,00 \$-	5 437,33 \$-		143,28 \$	11 940,89 \$-	82 768,23 \$-
7			110,98 \$-				9 704,00 \$-	5 437,33 \$-		167,16 \$	11 463,47 \$-	94 231,71 \$-
8			110,98 \$-				9 704,00 \$-	5 437,33 \$-		128,40 \$	11 050,89 \$-	105 282,60 \$-
9			110,98 \$-				9 704,00 \$-	5 437,33 \$-		214,92 \$	10 565,07 \$-	115 847,67 \$-
10			110,98 \$-				9 704,00 \$-	5 437,33 \$-	1 437,33 \$-	238,80 \$	11 113,60 \$-	126 961,27 \$-
11			110,98 \$-							176,55 \$	42,59 \$	126 918,67 \$-
12			110,98 \$-						1 437,33 \$-	286,56 \$	788,09 \$-	127 706,76 \$-
13			110,98 \$-							310,44 \$	119,79 \$	127 586,97 \$-
14			110,98 \$-						1 437,33 \$-	224,70 \$	764,35 \$-	128 351,32 \$-
15			110,98 \$-							358,20 \$	137,27 \$	128 214,05 \$-
16			110,98 \$-						1 437,33 \$-	382,08 \$	622,66 \$-	128 836,71 \$-
17			110,98 \$-							267,50 \$	80,35 \$	128 756,35 \$-
18			110,98 \$-						1 437,33 \$-	398,00 \$	567,83 \$-	129 324,18 \$-
19			110,98 \$-							398,00 \$	136,23 \$	129 187,95 \$-
20	25 877,59 \$-	23 289,83 \$	110,98 \$-	108 776,98 \$					1 437,33 \$-	267,50 \$	47 878,83 \$	81 309,12 \$-
21			110,98 \$-		1 750,00 \$-		7 304,00 \$-			398,00 \$	3 847,25 \$-	85 156,36 \$-
22			110,98 \$-				7 304,00 \$-		1 437,33 \$-	398,00 \$	3 567,34 \$-	88 723,71 \$-
23			110,98 \$-				7 304,00 \$-			267,50 \$	2 899,92 \$-	91 623,63 \$-
24			110,98 \$-				7 304,00 \$-		1 437,33 \$-	398,00 \$	3 298,21 \$-	94 921,83 \$-
25			110,98 \$-				7 304,00 \$-			398,00 \$	2 632,19 \$-	97 554,02 \$-
26			110,98 \$-				7 304,00 \$-		1 437,33 \$-	267,50 \$	3 096,45 \$-	100 650,47 \$-
27			110,98 \$-				7 304,00 \$-			398,00 \$	2 433,60 \$-	103 084,08 \$-
28			110,98 \$-				7 304,00 \$-		1 437,33 \$-	398,00 \$	2 819,32 \$-	105 903,40 \$-
29			110,98 \$-				7 304,00 \$-			267,50 \$	2 291,85 \$-	108 195,25 \$-
30			110,98 \$-				7 304,00 \$-		1 437,33 \$-	398,00 \$	2 606,62 \$-	110 801,87 \$-
31			110,98 \$-							398,00 \$	85,09 \$	110 716,78 \$-
32			110,98 \$-						1 437,33 \$-	267,50 \$	365,11 \$-	111 081,88 \$-
33			110,98 \$-							398,00 \$	78,67 \$	111 003,21 \$-
34			110,98 \$-						1 437,33 \$-	398,00 \$	303,17 \$-	111 306,38 \$-
35			110,98 \$-							267,50 \$	39,66 \$	111 266,72 \$-
36			110,98 \$-						1 437,33 \$-	398,00 \$	280,29 \$-	111 547,01 \$-
37			110,98 \$-							398,00 \$	67,25 \$	111 479,76 \$-
38			110,98 \$-						1 437,33 \$-	267,50 \$	288,55 \$-	111 768,31 \$-
39			110,98 \$-							398,00 \$	62,17 \$	111 706,14 \$-
40			110,98 \$-	237 443,60 \$					1 437,33 \$-	398,00 \$	49 217,30 \$	62 488,83 \$-

Annexe D.3 : Grille temporelle – Système CEPAF

t	Implantation	Subvention	Perte de superficie	Récolte	Remplacement	Fauchage	Protection	Taille	Élagage	Amélioration	Flux actualisés	Marge cumulative
0	23 721,68 \$	21 349,51 \$									2 372,17 \$	2 372,17 \$
1			388,42 \$		428,78 \$	506,00 \$	1 703,60 \$			7,96 \$	2 902,73 \$	5 274,90 \$
2			388,42 \$			506,00 \$	1 703,60 \$	992,67 \$		10,70 \$	3 309,90 \$	8 584,80 \$
3			388,42 \$	178,48 \$		506,00 \$	1 703,60 \$	992,67 \$		23,88 \$	3 012,21 \$	11 597,01 \$
4			388,42 \$			506,00 \$	1 703,60 \$	992,67 \$		31,84 \$	3 042,12 \$	14 639,13 \$
5			388,42 \$			506,00 \$	1 703,60 \$	992,67 \$		26,75 \$	2 929,30 \$	17 568,43 \$
6			388,42 \$	178,48 \$			1 703,60 \$	992,67 \$		47,76 \$	2 259,08 \$	19 827,51 \$
7			388,42 \$				1 703,60 \$	992,67 \$		55,72 \$	2 301,77 \$	22 129,28 \$
8			388,42 \$				1 703,60 \$	992,67 \$		42,80 \$	2 222,68 \$	24 351,96 \$
9			388,42 \$	178,48 \$			1 703,60 \$	992,67 \$		71,64 \$	1 991,53 \$	26 343,49 \$
10			388,42 \$				1 703,60 \$	992,67 \$	992,67 \$	79,60 \$	2 700,74 \$	29 044,23 \$
11			388,42 \$							58,85 \$	214,08 \$	29 258,31 \$
12			388,42 \$	178,48 \$					991,67 \$	95,52 \$	690,86 \$	29 949,18 \$
13			388,42 \$							103,48 \$	171,13 \$	30 120,30 \$
14			388,42 \$						990,67 \$	74,90 \$	753,14 \$	30 873,44 \$
15			388,42 \$	178,48 \$						119,40 \$	50,27 \$	30 923,71 \$
16			388,42 \$						989,67 \$	127,36 \$	667,77 \$	31 591,49 \$
17			388,42 \$							90,95 \$	152,71 \$	31 744,20 \$
18			388,42 \$	178,48 \$					988,67 \$	143,28 \$	520,94 \$	32 265,14 \$
19			388,42 \$							151,24 \$	112,58 \$	32 377,72 \$
20			388,42 \$						987,67 \$	107,00 \$	579,20 \$	32 956,92 \$
21			388,42 \$	178,48 \$						167,16 \$	18,77 \$	32 975,69 \$
22			388,42 \$						986,67 \$	175,12 \$	506,33 \$	33 482,02 \$
23			388,42 \$							123,05 \$	107,67 \$	33 589,69 \$
24			388,42 \$	178,48 \$					985,67 \$	191,04 \$	391,90 \$	33 981,60 \$
25			388,42 \$							199,00 \$	71,05 \$	34 052,65 \$
26			388,42 \$						984,67 \$	139,10 \$	445,09 \$	34 497,74 \$
27			388,42 \$	178,48 \$						214,92 \$	1,73 \$	34 496,01 \$
28			388,42 \$						983,67 \$	222,88 \$	383,24 \$	34 879,25 \$
29			388,42 \$							155,15 \$	74,80 \$	34 954,04 \$
30			388,42 \$	178,48 \$					982,67 \$	238,80 \$	294,08 \$	35 248,12 \$
31			388,42 \$							238,80 \$	44,36 \$	35 292,48 \$
32			388,42 \$						981,67 \$	160,50 \$	344,80 \$	35 637,28 \$
33			388,42 \$	178,48 \$						238,80 \$	7,91 \$	35 629,37 \$
34			388,42 \$						980,67 \$	238,80 \$	297,89 \$	35 927,26 \$
35			388,42 \$							160,50 \$	57,76 \$	35 985,02 \$
36			388,42 \$	178,48 \$					979,67 \$	238,80 \$	231,68 \$	36 216,70 \$
37			388,42 \$							238,80 \$	35,06 \$	36 251,76 \$
38			388,42 \$						978,67 \$	160,50 \$	271,83 \$	36 523,59 \$
39			388,42 \$							238,80 \$	32,41 \$	36 556,00 \$
40			388,42 \$	85 934,56 \$					977,67 \$	238,80 \$	17 664,42 \$	18 891,57 \$

Annexe D.4 : Grille temporelle – Système Missouri (Faible qualité de PEH)

t	Implantation	Subvention	Perte de superficie	Récolte	Remplacement	Fauchage	Protection	Taille	Élagage	Amélioration	Flux actualisés	Marge cumulative
0	36 577,15 \$-	32 919,44 \$									3 657,72 \$-	3 657,72 \$-
1			1 220,74 \$-		1 603,78 \$-	866,00 \$-	1 703,60 \$-			23,88 \$	5 163,69 \$-	8 821,41 \$-
2			1 220,74 \$-			866,00 \$-	1 703,60 \$-	1 881,33 \$-		32,10 \$	5 214,10 \$-	14 035,51 \$-
3			1 220,74 \$-			866,00 \$-	1 703,60 \$-	1 881,33 \$-		71,64 \$	4 978,41 \$-	19 013,91 \$-
4			1 220,74 \$-			866,00 \$-	1 703,60 \$-	1 881,33 \$-		95,52 \$	4 766,52 \$-	23 780,43 \$-
5			1 220,74 \$-			866,00 \$-	1 703,60 \$-	1 881,33 \$-		80,25 \$	4 595,74 \$-	28 376,17 \$-
6			1 220,74 \$-				1 703,60 \$-	1 881,33 \$-		143,28 \$	3 684,75 \$-	32 060,92 \$-
7			1 220,74 \$-				1 703,60 \$-	1 881,33 \$-		167,16 \$	3 524,89 \$-	35 585,81 \$-
8			1 220,74 \$-				1 703,60 \$-	1 881,33 \$-		128,40 \$	3 417,64 \$-	39 003,45 \$-
9			1 220,74 \$-				1 703,60 \$-	1 881,33 \$-		214,92 \$	3 225,40 \$-	42 228,85 \$-
10			1 220,74 \$-				1 703,60 \$-	1 881,33 \$-	992,67 \$-	238,80 \$	3 755,83 \$-	45 984,67 \$-
11			1 220,74 \$-							176,55 \$	678,29 \$	46 662,96 \$-
12			1 220,74 \$-						991,67 \$-	286,56 \$	1 202,88 \$-	47 865,84 \$-
13			1 220,74 \$-							310,44 \$	546,70 \$-	48 412,54 \$-
14			1 220,74 \$-						990,67 \$-	224,70 \$	1 147,28 \$-	49 559,82 \$-
15			1 220,74 \$-							358,20 \$	478,94 \$-	50 038,75 \$-
16			1 220,74 \$-						989,67 \$-	382,08 \$	976,16 \$-	51 014,91 \$-
17			1 220,74 \$-							267,50 \$	489,37 \$-	51 504,28 \$-
18			1 220,74 \$-						988,67 \$-	398,00 \$	894,16 \$-	52 398,44 \$-
19			1 220,74 \$-							398,00 \$	390,51 \$-	52 788,95 \$-
20			1 220,74 \$-	14 097,20 \$					987,67 \$-	267,50 \$	5 547,97 \$	47 240,98 \$-
21			1 220,74 \$-							398,00 \$	361,05 \$-	47 602,03 \$-
22			1 220,74 \$-						986,67 \$-	398,00 \$	763,49 \$-	48 365,52 \$-
23			1 220,74 \$-							267,50 \$	386,75 \$-	48 752,27 \$-
24			1 220,74 \$-						985,67 \$-	398,00 \$	705,50 \$-	49 457,77 \$-
25			1 220,74 \$-							398,00 \$	308,62 \$-	49 766,40 \$-
26			1 220,74 \$-						984,67 \$-	267,50 \$	698,98 \$-	50 465,38 \$-
27			1 220,74 \$-							398,00 \$	285,34 \$-	50 750,72 \$-
28			1 220,74 \$-						983,67 \$-	398,00 \$	602,40 \$-	51 353,12 \$-
29			1 220,74 \$-							267,50 \$	305,66 \$-	51 658,77 \$-
30			1 220,74 \$-						982,67 \$-	398,00 \$	556,64 \$-	52 215,42 \$-
31			1 220,74 \$-							398,00 \$	243,91 \$-	52 459,33 \$-
32			1 220,74 \$-						981,67 \$-	267,50 \$	551,56 \$-	53 010,89 \$-
33			1 220,74 \$-							398,00 \$	225,51 \$-	53 236,40 \$-
34			1 220,74 \$-						980,67 \$-	398,00 \$	475,29 \$-	53 711,69 \$-
35			1 220,74 \$-							267,50 \$	241,57 \$-	53 953,25 \$-
36			1 220,74 \$-						979,67 \$-	398,00 \$	439,19 \$-	54 392,44 \$-
37			1 220,74 \$-							398,00 \$	192,77 \$-	54 585,21 \$-
38			1 220,74 \$-						978,67 \$-	267,50 \$	435,23 \$-	55 020,44 \$-
39			1 220,74 \$-							398,00 \$	178,22 \$-	55 198,66 \$-
40			1 220,74 \$-	99 853,27 \$					977,67 \$-	398,00 \$	20 423,34 \$	34 775,33 \$-

Annexe D.5 : Grille temporelle – Système Missouri (Qualité élevée de PEH)

1	Implantation	Subvention	Perte de superficie	Récolte	Remplacement	Fauchage	Protection	Taille	Élagage	Amélioration	Flux actualisés	Marge cumulative
0	36 577,15 \$	32 919,44 \$									3 657,72 \$	3 657,72 \$
1			1 220,74 \$		1 992,57 \$	866,00 \$	3 303,20 \$			23,88 \$	7 075,61 \$	10 733,32 \$
2			1 220,74 \$			866,00 \$	3 303,20 \$	1 881,33 \$		32,10 \$	6 693,02 \$	17 426,34 \$
3			1 220,74 \$			866,00 \$	3 303,20 \$	1 881,33 \$		71,64 \$	6 400,44 \$	23 826,79 \$
4			1 220,74 \$			866,00 \$	3 303,20 \$	1 881,33 \$		95,52 \$	6 133,86 \$	29 960,65 \$
5			1 220,74 \$			866,00 \$	3 303,20 \$	1 881,33 \$		80,25 \$	5 910,49 \$	35 871,14 \$
6			1 220,74 \$				3 303,20 \$	1 881,33 \$		143,28 \$	4 948,94 \$	40 820,08 \$
7			1 220,74 \$				3 303,20 \$	1 881,33 \$		167,16 \$	4 740,45 \$	45 560,53 \$
8			1 220,74 \$				3 303,20 \$	1 881,33 \$		128,40 \$	4 586,45 \$	50 146,98 \$
9			1 220,74 \$				3 303,20 \$	1 881,33 \$		214,92 \$	4 349,26 \$	54 496,24 \$
10			1 220,74 \$				3 303,20 \$	1 881,33 \$	992,67 \$	238,80 \$	4 836,46 \$	59 332,70 \$
11			1 220,74 \$							176,55 \$	678,29 \$	60 010,98 \$
12			1 220,74 \$						991,67 \$	286,36 \$	1 202,88 \$	61 213,86 \$
13			1 220,74 \$							310,44 \$	546,70 \$	61 760,57 \$
14			1 220,74 \$						990,67 \$	224,70 \$	1 147,28 \$	62 907,84 \$
15			1 220,74 \$							358,20 \$	478,94 \$	63 386,78 \$
16			1 220,74 \$						989,67 \$	382,08 \$	976,16 \$	64 362,94 \$
17			1 220,74 \$							267,50 \$	489,37 \$	64 852,31 \$
18			1 220,74 \$						988,67 \$	398,00 \$	894,16 \$	65 746,47 \$
19			1 220,74 \$							398,00 \$	390,51 \$	66 136,98 \$
20	8 755,85 \$	7 880,27 \$	1 220,74 \$	24 166,62 \$					987,67 \$	267,50 \$	9 743,92 \$	56 393,06 \$
21			1 220,74 \$		388,79 \$		1 703,60 \$			398,00 \$	1 279,26 \$	57 672,32 \$
22			1 220,74 \$				1 703,60 \$		986,67 \$	398,00 \$	1 482,33 \$	59 154,65 \$
23			1 220,74 \$				1 703,60 \$			267,50 \$	1 077,95 \$	60 232,60 \$
24			1 220,74 \$				1 703,60 \$		985,67 \$	398,00 \$	1 370,11 \$	61 602,71 \$
25			1 220,74 \$				1 703,60 \$			398,00 \$	947,67 \$	62 550,38 \$
26			1 220,74 \$				1 703,60 \$		984,67 \$	267,50 \$	1 313,45 \$	63 863,84 \$
27			1 220,74 \$				1 703,60 \$			398,00 \$	876,18 \$	64 740,01 \$
28			1 220,74 \$				1 703,60 \$		983,67 \$	398,00 \$	1 170,51 \$	65 910,52 \$
29			1 220,74 \$				1 703,60 \$			267,50 \$	851,92 \$	66 762,44 \$
30			1 220,74 \$				1 703,60 \$		982,67 \$	398,00 \$	1 081,89 \$	67 844,34 \$
31			1 220,74 \$							398,00 \$	243,91 \$	68 088,25 \$
32			1 220,74 \$						981,67 \$	267,50 \$	551,56 \$	68 639,81 \$
33			1 220,74 \$							398,00 \$	225,51 \$	68 865,32 \$
34			1 220,74 \$						980,67 \$	398,00 \$	475,29 \$	69 340,61 \$
35			1 220,74 \$							267,50 \$	241,57 \$	69 582,17 \$
36			1 220,74 \$						979,67 \$	398,00 \$	439,19 \$	70 021,36 \$
37			1 220,74 \$							398,00 \$	192,77 \$	70 214,13 \$
38			1 220,74 \$						978,67 \$	267,50 \$	435,23 \$	70 649,36 \$
39			1 220,74 \$							398,00 \$	178,22 \$	70 827,58 \$
40			1 220,74 \$	109 922,69 \$					977,67 \$	398,00 \$	22 520,69 \$	48 306,90 \$

Annexe E : Tableau sur la fréquence des reports d'algues bleues entre 2004 et 2007

Région administrative	Bassin versant	Fréquence des reports d'algues bleues (2004-2007)
Bas-Saint-Laurent, Chaudière-Appalaches, Centre-du-Québec, Estrie	Saint-François, Rivière	88
Montérégie, Estrie	Yamaska, Rivière	39
Laurentides	Rouge, Rivière	36
Lanaudière, Laurentides	L'Assomption, Rivière	35
Laurentides	Nord, Rivière du	28
Estrie, Montérégie	Richelieu, Rivière (Baie Missisquoi)	26
Laurentides, Outaouais	Gatineau, Rivière	23
Laurentides	Lièvre, Rivière du	22
Lanaudière	Maskinongé, Rivière	15
Chaudière-Appalaches, Estrie	Chaudière, Rivière	14
Centre-du-Québec, Chaudière-Appalaches	Bécancour, Rivière	9
Lanaudière, Mauricie	Saint-Maurice, Rivière	9
Abitibi-Témiscamingue, Laurentides, Outaouais	Outaouais, Rivière des	7
Bas-Saint-Laurent	Madawaska, Rivière	7
Capitale-Nationale, Montérégie	Saint-Laurent, Fleuve	7
Saguenay--Lac-Saint-Jean	Saguenay, Rivière	6
Abitibi-Témiscamingue	Abitibi, Rivière	5
Capitale-Nationale	Jacques-Cartier, Rivière	5
Outaouais	Blanche, Rivière	5
Outaouais	Petite Nation, Rivière de la	5
Capitale-Nationale	Malbaie, Rivière	4
Mauricie	Batiscan, Rivière	4
Bas-Saint-Laurent	Germain-Roy, Rivière	3
Bas-Saint-Laurent	Sud-Ouest, Rivière du	3
Capitale-Nationale	Saint-Charles, Rivière	3
Capitale-Nationale	Sainte-Anne, Rivière	3
Chaudière-Appalaches	Sud, Rivière du	3
Côte-Nord	Moisie, Rivière	3
Estrie	Nicolet, Rivière	3
Outaouais	Saumon, Rivière	3
Abitibi-Témiscamingue	Barrière, Rivière	2
Abitibi-Témiscamingue	Harricana, Rivière	2

Région administrative	Bassin versant	Fréquence des reports d'algues bleues (2004-2007)
Abitibi-Témiscamingue	Kinojévis, Rivière	2
Bas-Saint-Laurent	Bic, Rivière du	2
Bas-Saint-Laurent	Kamouraska, Rivière	2
Bas-Saint-Laurent	Matapédia, Rivière	2
Capitale-Nationale	Portneuf, Rivière	2
Centre-du-Québec	Orignaux, Rivière aux	2
Mauricie	Yamachiche, Rivière	2
Saguenay--Lac-Saint-Jean	Belle Rivière, La	2
Bas-Saint-Laurent	Rimouski, Rivière	1
Centre-du-Québec	Godefroy, Rivière	1
Chaudière-Appalaches	Boyer, Rivière	1
Chaudière-Appalaches	Etchemin, Rivière	1
Estrie	Leach, Ruisseau	1
Laurentides	Chiens, Rivière aux	1
Montérégie	La Guerre, Rivière	1
Saguenay--Lac-Saint-Jean	Cailles, Ruisseau aux	1
Saguenay--Lac-Saint-Jean	Ha! Ha!, Rivière	1
Saguenay--Lac-Saint-Jean	Métabetchouane, Rivière	1
Saguenay--Lac-Saint-Jean	Mistouk, Rivière	1
Saguenay--Lac-Saint-Jean	Ouiatchouan, Rivière	1
Saguenay--Lac-Saint-Jean	Péribonka, Petite rivière	1
Saguenay--Lac-Saint-Jean	Shipsaw, Rivière	1

BIBLIOGRAPHIE

- Anel, B. 2003. *Des systèmes agroforestiers incluant une production de feuillus nobles pour la mise en valeur de l'espace rural québécois : Essai présenté pour l'obtention du grade de Maître ès sciences*, Université Laval
- Arsenault, R., Beaulieu, L., Etcheverry, P., Olar, M., Nolet, J., Sauvé, C., De Baets, N., Vézina, A., Cyr, A., 2007, *Définition des biens et services écologiques BSE, Étape 2 du projet « Biens et services écologiques et agroforesterie : l'intérêt du producteur agricole et de la société »*, Activa Environnement inc.
- Bahri, M., Besnier, N., Bouzahzah, H., Cisse Djibrilla, H., Didur, O., Graignic, N., Laganière, J., Marou Dodo, M., Rivard, P., Simonet, G., Soucy, J., Turcotte, A., Vazquez Rascon, M., 2007, *Évaluation de l'efficacité de l'enjeu II du plan d'action gouvernemental sur la prolifération des algues bleu-vert au lac Champlain, dans la Baie Missisquoi : Travail présenté comme exigence partielle du cours Dynamique des systèmes environnementaux (ENV9501)*, Université du Québec
- Baldwin, C.S. et Jonhston, E.F., 1984. *Windbreaks on the farm*. Publication no 527. Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (OMAFRA), Ridgetown, Ontario. 20 p.
- BAPE, 2003, *L'inscription de la production porcine dans le développement durable*, Rapport 179, septembre 2003.
- Bonnieux, François, 1998, *Principes, mise en œuvre et limites de la méthode d'évaluation contingente*, Revue de l'Institut d'Économie Publique, no 1, Rennes, France, INRA – Économie
- Brandle, J.R., L. Hodges et X.H. Zhou. 2004. *Windbreaks in North American agriculture systems*, *Agroforestry Systems* 61: 65-78.
- Brandle, J., Wardle, T. et Bratton, G. 1996. *Opportunities to increase tree planting in shelterbelts and the potential impacts on carbon storage and conservation*. In *Forests and Global Change, Volume 2: Forest management opportunities for mitigating carbon emissions*, édité par Sampson, R. et Hair, D. American Forests, Washington, District de Colombia, USA. pp 157-176.
- Burken, J.G. et Schnoor, J.L. 1997. Uptake and metabolism of atrazine by poplar trees. *Environmental Science and Technology* 31:1399-1406.

- CAAAQ (Commission sur l'avenir de l'agriculture et de l'agroalimentaire québécois). 2007. *Agriculture et agroalimentaire : Choisir l'avenir; Document de consultation*, 48 p. [en ligne] Page consultée le 27 août 2007 : www.caaaq.gouv.qc.ca/consultations/documentcons.fr.html
- CEPAF. 2007. *Outil de simulation des impacts économiques de pratiques agroforestières, version 8.03* (août 2008), La Pocatière, Centre d'expertise sur les produits agroforestiers.
- Chesapeake Bay Program, 1999, *Riparian Forest Buffers, Linking Land and Water*, The Forest Bay Riparian Forest Buffer Initiative, Annapolis, 16 p.
- Côté, Jean-François. 2004. *Rentabilité et retombées économiques de la populiculture pour la société*, Rapport technique de Consultants forestiers DGR présenté au Réseau ligniculture Québec. 15 p.
- De Baets, N., S. Gariépy et A. Vézina. 2007. *Le portrait de l'agroforesterie au Québec*. Agriculture et Agroalimentaire Canada et Centre d'expertise sur les produits forestiers, Québec (Québec). 76 p.
- Deschênes, M., L. Bélanger et J.F. Giroux. 1999. *Étude comparative de l'utilisation par les oiseaux de divers types de bandes riveraines en milieu agricole*. Série de rapports techniques no 333, Région du Québec, Service canadien de la faune, Direction de la conservation de l'environnement.
- Dillaha, T.A. et S.P. Inandar. 1997. *Buffer zones as sediment traps or sources. In Buffer Zones: Their Processes and Potential in Water Protection*. N. E. Haycock et al. (ed.). p. 33-42.
- Dillaha, T.A., J.H. Sherrard, and D. Lee. 1989. *Long-Term Effectiveness of Vegetative Filter Strips*. *Water Environment and Technology* 1(3):419-421.
- Domon, G., Ruiz, J., 2007, *Paysage, et multifonctionnalité des territoires : enjeux et atouts pour l'agriculture de demain*, Mémoire présenté à la Commission sur l'avenir de l'agriculture et de l'agroalimentaire québécois (CAAAQ), Université de Montréal, Chaire en Paysage et Environnement
- Dosskey, M.G., M.J. Helmers, D.E. Eisenhauer, T.G. Franti et K.D. Hoagland. 2002. *Assessment of Concentrated Flow Through Riparian Buffers*. *Journal of Soil and Water Conservation* 57(6):336-343.
- Dosskey, M.G. 2001. *Towards Quantifying Water Pollution Abatement in Response to Installing Buffers on Crop Land*. *Environmental Management* 28(5):577-598.
- Dosskey, M, D. Shultz and T. Isenhardt. 1997. *Riparian buffers for agricultural land*. Agroforestry Note 3, USDA Natl. Agroforestry Ctr, Lincoln, NE.

- Duchemin, M., Majoub, R., 2004, *Les bandes végétales filtrantes de la parcelle au bassin versant*, Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), Vecteur Environnement, Vol. 37, no. 2, mars, p. 36-50
- Emerton, L, 1998, *Economic Tools for Valuing Wetland in Eastern Africa*, The World Conservation Union (IUCN)
- Gabor, T.S., A. K. North, L.. C. M. Ross, H. R. Murkin, J. S. Anderson et M. A. Turner. 2001. « *Buffer Strips.* » In: « *Beyond the Pipe : The Importance of Wetlands & Uplands Conservation Practices in Watersheds Management: functions & values for water quality & quantity* », Canards Illimités Canada, p 29-33
- Gagnon, É. et G. Gangbazo 2007. *Efficacité des bandes riveraines : analyse de la documentation scientifique et perspectives. Gestion intégrée de l'eau par bassin versant*, MDDEP Fiche no.7: 1-17.
- Goupil, J.Y. 1995. *Considération d'ordre environnemental sur la bande riveraine de protection en milieu agricole*. Québec : Ministère de l'environnement et de la faune. 43p.
- Gratton, L. 1989. *L'utilisation des plantes ligneuses dans la stabilisation des berges en milieu agricole*. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction de la gestion des habitats (Québec), 61 p.
- Honer, T.G., Ker, M.F. and Alemdag, I.S. 1983. *Metric timber tables for the commercial tree species of central and eastern Canada*. Maritimes For. Res. Centre. Info. Rep. M-X-140.
- Kort, John (1988). *Benefits of windbreaks to field and forage crops*, chapitre 9 de *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 22/23, pp. 165-190, Elsevier, Amsterdam
- Leaky R., 1996. *Definition of agroforestry revisited*, *Agroforestry today* 8: pp. 5-7
- Lease, N, 2006, *Générer des crédits de carbone par la gestion des sols agricoles?* Direction de l'environnement et du développement durable, MAPAQ [en ligne] Page consultée le 28 août 2008 : <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/NR/rdonlyres/584DB9BF-304D-4AB3-AFF1-E121E7DA9C63/8347/Conservation2.pdf>
- Lowrance, R., S. Dabney et R. Schultz. 2002. *Improving water and soil quality with conservation buffers*. *Journal of Soil and Water Conservation* 57(2): A36-A43.
- McAdam, J.H., McFerran, D.M., Toal, L., Agnew, R., Dennis, P., Sibbald, A.R., Teklehaimanot, Z., Jones, D. et Eason, W. 1997. *Developing silvopastoral systems and the enhancement of biodiversity*. In *L'agroforesterie pour un développement rural durable*. Comptes rendus de l'atelier international du 23-29 juin 1997, Montpellier, France. CIRAD – Forêts, Montpellier, France. pp 109-113.

- MacLeod, C, 2006, *Les crédits de carbone et l'état actuel du système canadien de compensation des GES*, Bulletin sur les crédits de carbone, Juillet 2006, Conseil canadien du porc, 4 p.
- Maisonnette, C. et S. Rioux. 2001. *Importance of Riparian Habitats for Small Mammal and Herpetofaunal Communities in Agricultural Landscape of Southern Québec*. Agriculture, Ecosystems and Environment 83(1-2):165-175.
- Marineau, A. 1999. *Rôles et fonctions des bandes riveraines sur l'entomofaune*. Concours de rédactions scientifiques – Premier Prix. Antennae, 6(3). Consulté en ligne : www.seq.qc.ca/antennae/archives/v6n3p5.htm
- MAPAQ (Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec). 2002. Politique ministérielle de développement durable. Site internet consulté le 28/03/02: <http://www.agr.gouv.qc.ca/polded.htm>
- Martel, S., Seydoux, S., Michaud, A., Beaudin, I. 2006. *Évaluation des effets combinés des principales pratiques de gestion bénéfiques (PGB) : Revue de littérature et schéma décisionnel pour la mise en œuvre de PGB*, Document rédigé dans le cadre de l'Initiative nationale d'élaboration de normes agroenvironnementales, Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), 133 p.
- MDDEP 2007a. *Portrait de la situation des cyanobactéries dans les lacs québécois : Un portrait de la situation selon les chercheurs du GRIL*. [En ligne] Page consultée le 11 août 2008 : <http://www.quebechebdo.com/article-118386-Portrait-de-la-situation-descyanobacteries-dans-les-lacs-quebécois.html>
- MDDEP 2007b. *Plan d'intervention sur les algues bleu-vert : prévenir, protéger et restaurer*. [En ligne] Page consultée le 11 août 2008 : http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/alguesbv/rendez-vous/plan_intervention_abv.pdf
- MDDEP (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs). 2002. *La politique nationale de l'eau*, 94 p. [en ligne] Page consultée le 28 août 2008 : www.mddep.gouv.qc.ca/eau/politique/index.htm.
- Meals, D.W. et R.B. Hopkins 2002. *Phosphorus reductions following riparian restoration in two agricultural watersheds in Vermont, USA*. Water Science and Technology 45: 51-60.
- Meals, D.W. 2001. *Water quality response to riparian restoration in an agricultural watershed in Vermont, USA*. Water Science and Technology 43: 175-182.
- Michaud, A., J. Deslandes et I. Beaudin 2006. *Modélisation de l'hydrologie et des dynamiques de pollution diffuse dans le bassin-versant de la Rivière aux Brochets à l'aide du modèle SWAT*. . Rapport final, IRDA, Février 2006: 117 pages.

- Mimeault, M. 2002. *Mise en valeur de la Baie Missisquoi et du lac Champlain*. Agrosol 13: Ministère des Transports du Québec 1997. Fiche de promotion environnementale : Entretien d'été, système de drainage, nettoyage de fossés. [En ligne] Page consultée le 28-10-2007 : http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/Librairie/Publications/fr/ministere/environnement/gestion_eco.pdf.
- Ministère de l'Environnement (MENV), 2003a, *Les coûts environnementaux engendrés par la production porcine: Réflexions et réponses aux trois questions demandées au ministère de l'Environnement du Québec dans le cadre des travaux de la Commission sur le développement durable de la production porcine au Québec*, février 2003, 50 pages. (Voir site du BAPE : MENV2003)
- Ministère de l'environnement (MENV), 2003b, *Synthèse des informations environnementales disponibles en matière agricole au Québec*, avril 2003, 143 pages. (Voir site du BAPE : BIO150)
- Nolet, Jean et Jacques, Louis-Samuel, 2007, *Comparaison financière de scénarioscénarios d'investissement agroforestiers sur les fermes québécoises : Rapport final présenté à l'Union des producteurs agricoles (Direction des recherches et politiques agricoles)*, Québec (Ste-Foy), ÉcoRessources Consultants
- 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 présenté au Ministère de l'Environnement du Québec*, Québec (Ste-Foy), ÉcoRessources Consultants
- Paquet, B. et C. Maisonneuve. 2004. *Fréquentation de la bande riveraine par la faune en milieu agricole : mythes et réalités*. Vecteur Environnement 37(2): 73-77.
- Patty, L., B. Real et J.J. Gril. 1997. *The use of grassed buffer strips to remove pesticides, nitrate and soluble phosphorus compounds from runoff water*. Pesticide Science 49: 243-251.
- Pelletier, F., S. Godbout et R. Joncas. 2004. *Connaître et réduire les émissions de gaz, de poussières et d'odeurs reliées aux productions animales*, Québec, Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (Commission de génie agroalimentaire et de l'environnement)
- Pretty, J, Brett, C, Gee, D, Hine, R, Mason, C, Morison, J, Rayment, M, Van der Bijl, G. et Dobbs, T, 2001, *Policy Challenges and Priorities for Internalising the Externalities of Modern Agriculture*, Journal of Environmental Planning and Management 44 (2), 263-283

- Ruiz, J, 2007, *Les zones d'intensification agricole sous la loupe du paysage : dynamique du territoire, valorisations et usages des populations*, thèse de doctorat (en finalisation), Université de Montréal
- Schultz, R.C., Colletti, J.P., Isenhardt, T.M., Marquez, C.O., Simpkins, W.W. et Ball, C.J. 2000. *Riparian forest buffer practices*. In *North American agroforestry : an integrated science and practice*. Édité par Garrett, H.E., Rietveld, W.J. et Fisher, R.F. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA. pp 189-281.
- Teklehaimanot, Z., Jarvis, P.G. et Ledger, D.C. 1991. *Rainfall interception and boundary layer conductance in relation to tree spacing*. Journal of Hydrology 123:261-278.
- Thomassin, P.J., Johnston, R., 2008, *Benefit Transfer of Water Quality Improvements from Agricultural Landscapes: A Meta Analysis*,
- UMCA, 2007b. *Agroforestry Practices : Riparian Forest Buffers* [En ligne] Page consultée le 15 septembre 2007 :
<http://www.centerforagroforestry.org/practices/rb.asp>
- UMCA, 2005. *Establishing and managing riparian forest buffers*. [En ligne] : Page consultée le 15 septembre 2007 :
<http://www.centerforagroforestry.org/pubs/ripbuf.pdf>
- Varian, H.R. 2003, *Analyse microéconomique*, 3^e tirage, Bruxelles (Belgique), Éditions De Boeck Université, 509 p.
- Vaughan, W.J. 1986. *The RFF Water Quality Ladder, Appendix B* in R.C. Mitchell and R.T. Carson, *The Use of Contingent Valuation Data for Benefit/Cost Analysis in Water Pollution Control, Final Report*. Washington: Resources for the Future.
- Vézina, A., De Baets, N., Cyr, A., 2008, *Élaboration de scénarios d'aménagement agroforestier à l'échelle des bassins versants en vue de générer des biens et services environnementaux en milieu agricole, Étape 5 – Volet 3 du projet « Biens et services écologiques et agroforesterie : l'intérêt du producteur agricole et de la société »*, La Pocatière, Québec, Centre d'expertise sur les produits agroforestiers (CEPAF)
- Vézina, A, Desbiens P. et Nadeau, N, 2007a. *Choix et arrangement des végétaux en haies brise-vents et en bandes riveraines*. Institut de technologie agroalimentaire, campus de La Pocatière
- Vézina, A., De Baets, N., Cyr, A., 2007b, *Les systèmes agroforestiers au Québec : état de situation, définitions et modèles pratiques, Étape 1 du projet « Biens et services écologiques et agroforesterie : l'intérêt du producteur agricole et de la société »*, La Pocatière, Québec, Centre d'expertise sur les produits agroforestiers (CEPAF)

- Vézina, A., De Baets, N., Cyr, A., 2007c, *Faisabilité technico-économique de l'implantation de deux systèmes riverains agroforestiers innovateurs au Québec, Étape 5 – Volet 2 du projet « Biens et services écologiques et agroforesterie : l'intérêt du producteur agricole et de la société »* La Pocatière, Québec, Centre d'expertise sur les produits agroforestiers (CEPAF)
- Vézina, A. 2005. *Farmstead shelterbelts: Planning, planting and maintenance*. Brochure du Conseil canadien du porc. La Pocatière, 9 p.
- Voulligny, E, Domon, G, Ruiz, J, 2007, *Assessment of ordinary landscapes by expert and lay people : landscape values in areas of intensive agriculture*, en préparation pour Land Use Policy
- Weitzman, M.L, 2003, *Income, Wealth, and the Maximum Principle*, Cambridge (Massachusetts), Harvard University Press, 341 p.

Sites Internet consultés

Agri-réseau

<http://www.agrireseau.qc.ca/navigation.aspx?sid=81&pid=0&r=budget>

CEPAF

http://www.cepaf.ca/hbv_intro.php#intro

Comité de bassin versant de la baie Missisquoi (CBVBM)

http://baiemissisquoi.esm.qc.ca/2005_04_13_baiemissisquoi_archive.html

Conseil canadien du porc

http://www.cpc-ccp.com/industry/environmental-shelterbelts_f.cfm

CRAAQ

<http://www.craaq.qc.ca/Publications>

Financement agricole Canada

<http://www.fcc-fac.ca/fr/index.asp>

Financière agricole du Québec

<http://www.fadq.qc.ca/index.php?id=1829>

Les algues bleu-vert, Gouvernement du Québec

<http://www.nosplansdeau.com/>

Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables

<http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/rives/index.htm>

Réseau Ligniculture Québec

http://www.rlq.uqam.ca/texteConnaissances_fr.asp#FichesDescriptives

Institut de recherche en biologie végétale (IRBV)

<http://www.irbv.umontreal.ca/francais/personnel/cogliastro-pub.htm>

Institut de la statistique du Québec

<http://www.stat.gouv.qc.ca/>