

# L'AGROFORESTERIE, UNE AVENUE DE DÉVELOPPEMENT DURABLE POUR L'AGRICULTURE QUÉBÉCOISE?

par  
Julie Simard

Essai présenté au Centre Universitaire de Formation en Environnement en vue de  
l'obtention du grade de maître en environnement (M.Env.)

Réalisé sous la direction de M. Alain Cogliastro, Ph.D. Chercheur au Jardin botanique de  
Montréal – Institut de recherche en biologie végétale

CENTRE UNIVERSITAIRE DE FORMATION EN ENVIRONNEMENT  
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Longueuil, Québec, Canada, mai 2012

*«En hiver, doucement, plus lentement, les arbres continuent de pousser».*

- Gilles Vigneault -

## **SOMMAIRE**

Mots-clés : Agroforesterie, système de culture intercalaire, agriculture durable, régions tropicales et tempérées, biens et services environnementaux, diversification des exploitations.

L'agroforesterie, une pratique culturelle ancestrale dont les diverses formes ont été développées autant en région tropicale que tempérée, est devenue une nécessité pour résorber les problématiques environnementales rencontrées en milieu agricole.

Les associations d'arbres et de cultures se subdivisent en de nombreuses formes qui poursuivent chacune des objectifs distincts. Les systèmes de culture intercalaire, les grands oubliés des politiques gouvernementales québécoises, sont parmi les plus adaptés pour offrir des solutions aux enjeux omniprésents dans les secteurs agricoles et forestiers, tels que la diversification des revenus et des productions, l'accès aux innovations techniques et scientifiques, ainsi que l'adaptation aux pressions communautaires. Toutefois, les systèmes de culture intercalaire sont peu développés au Québec et les agriculteurs sont hésitants à modifier leurs pratiques culturelles en ce sens.

Dans cette perspective, l'objectif premier de cet essai vise à analyser l'ensemble des contraintes sociales, économiques et techniques constituant un frein à l'expansion de l'agroforesterie sous forme de système de culture intercalaire au Québec. Pour ce faire, une revue et une analyse des modes d'implantation des pratiques agroforestières aux niveaux mondial, canadien et québécois ont été réalisées. De plus, une étude de cas a permis la clarification des éléments techniques à considérer pour optimiser les avantages environnementaux, sociaux et économiques des producteurs.

L'analyse comparative concernant l'agroforesterie entre le Québec et les autres nations a conduit à l'identification de mesures devant être concrétisées graduellement à court, moyen et long terme aux niveaux règlementaire, technique, économique, environnemental et social. Les recommandations ciblent particulièrement les manques de reconnaissances institutionnelles, de connaissances techniques, de formation professionnelle, de financement et de communication.

## **REMERCIEMENTS**

Avant toute chose, je remercie chaleureusement mon directeur d'essai, M. Alain Cogliastro, qui a su faire de ce périple une délicieuse aventure. Sa confiance, sa patience, son implication, son intérêt, son écoute et ses précieux conseils ont été une source d'inspiration et de motivation à chacune des étapes du projet.

Je porte également une mention spéciale aux collaborateurs qui ont généreusement répondu à toutes mes questions et qui m'ont fait part de conseils à la grandeur de leur expérience, soit Mme Joanne Lagacé, Mme Chantal D'Auteuil et M. Richard Lauzier. Merci également à M. Stéphane Daigle pour la réalisation des analyses statistiques de l'étude de cas de Saint-Paulin.

J'aimerais aussi remercier mes collègues de la maîtrise en environnement, dont particulièrement Isabelle Bastien, Mélissa Galipeau-Deland et Audrey Leclerc qui ont su me conseiller, me soutenir et me motiver dans la réalisation de ce projet de longue haleine.

Enfin, merci à ma famille et mes amis qui, par leur talent, leur originalité, leur courage et leur persévérance, m'ont procuré le meilleur des soutiens.

## TABLE DES MATIÈRES

<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>1 DESCRIPTION DE L'AGROFORESTERIE.....</b>	<b>5</b>
1.1 Définitions .....	5
1.2 Types de systèmes agroforestiers .....	7
1.2.1 Haies brise-vent .....	8
1.2.2 Bandes riveraines.....	9
1.2.3 Systèmes de cultures intercalaires .....	10
1.2.4 Systèmes sylvopastoraux .....	10
1.2.5 Cultures sous couvert forestier .....	11
1.3 Problématique .....	11
<b>2 PORTRAIT DE L'AGROFORESTERIE .....</b>	<b>13</b>
2.1 À l'international.....	13
2.1.1 Régions tropicales – Afrique .....	14
2.1.2 Régions tropicales – Amérique Centrale .....	15
2.1.3 Régions tropicales – Brésil (Amérique du Sud) .....	16
2.1.4 Régions tempérées – Chine.....	17
2.1.5 Régions tempérées – France .....	20
2.1.6 Régions tempérées – États-Unis .....	24
2.2 Dans les provinces canadiennes.....	29
2.2.1 Colombie-Britannique .....	29
2.2.2 Prairies .....	31
2.2.3 Ontario .....	33
2.3 Au Québec .....	34
<b>3 ÉTUDE DE CAS AU QUÉBEC.....</b>	<b>38</b>
3.1 Description du site et des paramètres de l'étude .....	39
3.2 Avantages et inconvénients directs.....	46
3.2.1 Environnement.....	46
3.2.2 Société.....	50

3.2.3	Économie .....	51
3.3	Analyse économique des externalités .....	52
<b>4</b>	<b>ANALYSE COMPARATIVE ENTRE LES SYSTÈMES AGROFORESTIERS MONDIAUX, CANADIENS ET QUÉBÉCOIS .....</b>	<b>59</b>
4.1	Volet règlementaire .....	59
4.2	Volet technique .....	62
4.3	Volet économique .....	65
4.4	Volet environnemental .....	67
4.5	Volet social .....	69
<b>5</b>	<b>IDENTIFICATION ET ÉVALUATION DES MESURES FAVORISANT L'EXPANSION DE L'AGROFORESTERIE AU QUÉBEC.....</b>	<b>74</b>
5.1	Volet règlementaire .....	74
5.2	Volet technique .....	76
5.3	Volet économique .....	77
5.4	Volet environnemental .....	80
5.5	Volet social .....	81
<b>6</b>	<b>RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>84</b>
	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>87</b>
	<b>RÉFÉRENCES .....</b>	<b>89</b>
	<b>ANNEXE – 1 PLAN DU SITE EXPÉRIMENTAL DE SCI À SAINT-PAULIN.....</b>	<b>107</b>

## **LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX**

Figure 3.1	Représentation schématique indiquant la biomasse ( $\text{g/m}^2$ ) de fourrage produit en fonction de la distance des lignes de peupliers hybrides (PH) et de chênes rouges (CHR).....	46
Figure 3.2	Schématisme de l'interception des eaux de ruissellement par les filets racinaires des arbres dans un SCI.....	49
Figure 4.1	Relation graphique entre les BSE et la production agricole selon les interactions privilégiées.....	69
Tableau 2.1	Description des programmes fédéraux de support aux agriculteurs pour les pratiques agroforestières.....	26
Tableau 2.2	Description des programmes de promotion des SCI de six états américains.....	28
Tableau 3.1	Résultats de l'analyse de variance effectuée pour la comparaison des deux cultivars de peuplier hybride.....	43
Tableau 3.2	Biomasse de fourrage produit à l'hectare sur les sites témoins et en présence de peupliers hybrides et/ou de chênes rouges.....	44

## **LISTE DES ACRONYMES, DES SYMBOLES ET DES SIGLES**

AAC	Agriculture et Agroalimentaire Canada
AFAF	Association française d'agroforesterie
AFAHC	Association française des arbres et haies champêtres
AFTA	Association for Temperate Agroforestry
AGIR	Agence de gestion intégrée des ressources
AIDI	Agroforestry Industry Development Initiative
APPEL	Aménagement de parcelles pluristratifiées associant élevage et ligniculture
BSE	Biens et services environnementaux
CAFN	Corporation d'Aménagement Forêt Normandin
CEPAF	Centre d'expertise sur les produits agroforestiers
CIFQ	Conseil de l'industrie forestière du Québec
cm	Centimètre
CRAAQ	Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec
CRDI	Centre de recherches pour le développement international
CRÉ	Conférences régionales des élus
DHP	Diamètre à hauteur de poitrine
GIRAF	Groupe interdisciplinaire de recherche en agroforesterie
g	Gramme
ha	Hectare
INRA	Institut national de la recherche agronomique
kg	Kilogramme
m <sup>2</sup>	Mètre carré
mm	Millimètre
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
MDDEP	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
MRC	Municipalité Régionale de Comté
MRNF	Ministère des Ressources naturelles et de la Faune

NASF	National Association of State Foresters
ONG	Organisme non gouvernemental
PCAA	Programme canadien d'adaptation agricole
PFNL	Produit forestier non ligneux
SAFE	Silvoarable Agroforestry For Europe
SCI	Système de culture intercalaire
USDA	United State Department of Agriculture

## LEXIQUE

Gélivure	Phénomène hivernal causé par la chute rapide des températures et provoquant la formation de fissures sur les troncs d'arbres (Larousse, 2012).
Sodicité	Teneur excessive en ions de sodium qui peut entraîner la déstabilisation des sols (Bois, 2005).
Zone agro-écologique	Région caractérisée par les conditions climatiques, pédologiques et végétales déterminant les modes d'utilisation des terres (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2012).

## INTRODUCTION

Au Québec, les dernières décennies ont été empreintes de nombreux changements au niveau de l'agriculture. La quête de la productivité a eu préséance sur la diversification des productions. C'est ainsi que la proportion du territoire allouée aux monocultures a pris de l'ampleur (Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), 2009). Ce phénomène s'est aussi jumelé à la hausse de la superficie des fermes et à la réduction du nombre d'agriculteurs. De 1990 à 2002, ce sont 49 158 hectares (ha) qui ont été déboisés en zone agricole dans les régions administratives de Lanaudière, de la Montérégie, du Centre-du-Québec et de Chaudière-Appalaches (Li *et al.*, 2003). De plus, le rythme de déboisement s'accélère et il est plus prononcé dans la région des Basses terres du Saint-Laurent (*ib.*). Tout cela a engendré des modifications majeures du paysage rural qui est maintenant remis en question.

En parallèle, l'industrie du bois d'œuvre a assisté à un déclin de sa production, et ce, de façon accrue depuis 2006 (Conseil de l'industrie forestière du Québec (CIFQ), 2011). Ce recul important est attribuable, entre autres, à la valeur à la hausse du dollar canadien, à la réduction de la demande d'environ 60 % depuis les cinq dernières années provenant d'un des principaux clients du Québec, soit les États-Unis, à l'augmentation des coûts de l'énergie et du transport, ainsi qu'à la hausse de la compétition internationale provenant des plantations d'arbres à croissance rapide (CIFQ, 2012; CIFQ, 2011; Messier *et al.*, 2009). Plus spécifiquement, les forêts de feuillus n'arrivent plus à soutenir des volumes de bois de haute qualité pour les industries de déroulage et de sciage. Depuis la fin des années 1990, ces volumes ont chuté d'environ 40 % comparativement à une hausse de 55 % pour les volumes de bois de feuillus de faible qualité utilisés pour les industries de pâtes et papiers (Commission d'étude sur la gestion de la forêt publique québécoise, 2004). Ainsi, pour répondre aux exigences des marchés identifiées par la Commission d'étude sur la gestion de la forêt publique québécoise de 2004, l'industrie forestière doit adapter ses méthodes pour augmenter l'offre de bois de feuillus de qualité.

Sous un autre angle, la *Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier*, adoptée en mars 2010 par le gouvernement québécois, vise l'implantation d'un aménagement écosystémique sur 75 % de la superficie forestière. Sa mise en vigueur qui aura lieu le 1<sup>er</sup>

avril 2013 conciliera l'économie et l'environnement. Cela sera possible en permettant le maintien de la production ligneuse globale par la sélection d'aires d'intensification tout en évitant la surexploitation de l'ensemble des écosystèmes forestiers par le maintien de la biodiversité. Bien que cela s'applique d'abord et avant tout aux forêts publiques, cette loi a aussi pour objectif d'encadrer l'aménagement des forêts privées par le biais des agences régionales de mise en valeur des forêts privées. L'intérêt politique pour la gestion durable des ressources est donc grandissant et devrait aussi avoir des répercussions sur les propriétaires privés.

Les milieux agricoles et forestiers font face à des enjeux communs, tel que la nécessité de la diversification des revenus pour assurer la rentabilité des pratiques, le besoin de soutien de la part des communautés et des gouvernements, ainsi que la possibilité d'accès aux innovations techniques et scientifiques (Pagé et Caron, 2006). Ainsi, les secteurs de l'agriculture et de la foresterie doivent actuellement trouver des solutions pour adopter des stratégies de développement durable afin de faire face à ces enjeux sociaux, économiques et environnementaux. Historiquement, ce n'est que depuis le début du 20<sup>e</sup> siècle, soit lors de la mécanisation des travaux, que l'agriculture et la foresterie ont été ségréguées au niveau spatial (Dupraz et Liagre, 2011). Cette spécialisation spatiale a conduit à l'artificialisation des pratiques agricoles, où l'ajout d'engrais et l'épandage de produits phytosanitaires devenaient monnaie courante (Agroforesterie produire autrement, 2009). Ainsi, un retour vers des techniques ancestrales d'agriculture, tel que l'agroforesterie, est envisagé par certains producteurs québécois.

L'agroforesterie qui combine les arbres et les cultures selon différents systèmes est une façon de réintégrer certaines fonctions écologiques dans les milieux ruraux. Ces derniers seraient donc considérés comme des éléments qui contribuent davantage au fonctionnement des écosystèmes régionaux en harmonisant les interrelations biologiques. À titre d'exemple, cela favorise, entre autres, la hausse de la biodiversité, la séquestration du carbone, l'amélioration de la qualité de l'eau et l'optimisation de la rentabilité des terres agricoles (MAPAQ, 2009; Rivest, 2008). Dans cette optique, l'agroforesterie et ses diverses formes présentent un grand potentiel de mitigation des impacts négatifs de l'agriculture intensive ainsi que de diversification des productions.

Au cours des dernières années, plusieurs programmes gouvernementaux jumelés à des projets pilotes ont été mis sur pied pour développer certains systèmes agroforestiers, dont les haies brise-vent (MAPAQ, 2010). Cependant, le système de cultures intercalaires (SCI) n'a jamais bénéficié d'une telle promotion auprès des agriculteurs. Plusieurs d'entre eux ne connaissent pas les caractéristiques d'une telle pratique, alors que d'autres doutent sérieusement des avantages à retirer d'un tel projet.

En effet, bien que la littérature portant sur les SCI démontre de nombreux avantages, ces systèmes demeurent un type de production marginal au Québec. Certaines contraintes constituent un frein à l'expansion de l'application des SCI par les producteurs. Ces derniers sont réticents à réaliser de telles cultures pour des raisons techniques, financières, légales et même environnementales (Marchand et Masse, 2008). Leurs préoccupations sont-elles fondées? Le présent essai a pour objectif principal d'analyser l'ensemble des contraintes sociales, économiques et techniques constituant un frein à l'expansion de l'agroforesterie sous forme de SCI au Québec, afin de proposer des recommandations quant à l'adoption de cette pratique qui a le potentiel d'améliorer les conditions écologiques en milieu rural.

D'abord, une description globale de l'agroforesterie est présentée pour clarifier cette pratique et cibler les enjeux québécois qui y sont liés. Ensuite, un portrait de l'agroforesterie sous forme de SCI est dressé aux niveaux mondial, canadien et québécois afin de mettre en évidence les divers contextes socio-économiques d'implantation et d'évaluer l'état des connaissances et du développement dans ce domaine. Ensuite, une synthèse des coûts et bénéfices des SCI est présentée par le biais d'une étude de cas. Puis, une analyse comparative des SCI aux niveaux mondial et canadien avec le Québec est réalisée concernant les caractéristiques réglementaires, techniques, économiques, environnementales et sociales. Enfin, des recommandations sont posées concernant le développement des SCI au Québec, afin d'identifier les orientations préférentielles pour faciliter la période de transition vers ce système de production du territoire.

Afin de mener à terme cet essai, une collecte d'informations diversifiée a été réalisée pour couvrir tous les aspects de la recherche. Ainsi, ce sont autant des articles de périodiques scientifiques, des monographies, des publications gouvernementales, des mémoires que des thèses qui ont été consultés. Différents sites Internet d'organisations reconnues en

agroforesterie et des personnes ressources ont aussi été interrogés. Puisque les objectifs de l'essai comprennent, notamment, la comparaison des différents degrés d'adoption des systèmes de cultures intercalaires québécois à ceux de d'autres pays, ainsi qu'une étude de cas au Québec, les travaux consultés ont donc couvert autant l'échelle régionale, nationale qu'internationale. De plus, l'étude de cas au Québec est basée sur des données expérimentales du site de plantation intercalaire de Saint-Paulin s'échelonnant de 2004 à 2011.

Pour assurer la crédibilité du travail, des critères d'analyse de la validité des sources d'information ont rigoureusement été suivis. Ces critères sont essentiellement basés sur ce qui a été développé par l'Université de Montréal (Université de Montréal, 2011). Dans tous les cas, ces critères servent à déterminer la réputation, l'expertise et l'indépendance des auteurs, ainsi que le niveau d'exactitude et de précision du contenu.

## 1 DESCRIPTION DE L'AGROFORESTERIE

L'agroforesterie subsiste sous la forme d'un concept vague, nébuleux, voir même inconnu, et ce, autant pour le grand public que les exploitants agricoles. En fait, suite à un sondage mené auprès d'agriculteurs québécois en 2008, environ 75 % des participants avouaient avoir un niveau initial de connaissance et d'expérience en agroforesterie inférieur à la moyenne (Marchand et Masse, 2008). Cette révélation est étonnante lorsque l'on considère que les plus anciennes formes d'agroforesterie remontent à des pratiques traditionnelles de l'Antiquité dans les régions européennes (Dupraz et Liagre, 2011; Rivest et Olivier, 2007). La présente section a pour objectif de mettre en lumière ce en quoi consistent les systèmes agroforestiers afin de cerner la définition s'accordant le mieux au contexte socio-économique québécois. De plus, étant donné les nombreuses possibilités de systèmes agroforestiers, une seule est sélectionnée pour les analyses subséquentes, soit les SCI. Les raisons justifiant la sélection de ce système sont détaillées à la section 1.2.3.

### 1.1 Définitions

Bien que l'agroforesterie soit une science antique, cela ne signifie pas qu'il s'agit d'un système désuet pour répondre aux besoins actuels des communautés. Toutefois, une définition revisitée s'impose au niveau international afin d'établir les frontières conceptuelles des pratiques agroforestières pour les distinguer des autres pratiques culturelles généralisées depuis le siècle dernier.

En réalité, le terme agroforesterie a été formulé pour la première fois en 1971 par Joseph H. Hulse, alors qu'il menait des études sur la foresterie sociale en Afrique pour le compte du Centre de recherches pour le développement international (CRDI) (CRDI, s. d.). Ainsi, à cette époque l'agroforesterie a d'abord été décrite de cette façon :

*«L'agroforesterie, un système contrôlé de la combinaison d'arbres avec d'autres cultures et élevages, offre l'opportunité d'accroître l'approvisionnement alimentaire pour les humains et les animaux».* (traduit de Hulse and Pearson, 1979, p. 13)

Cette description demeure assez ambiguë, car elle ne permet pas de distinguer nettement l'agroforesterie des autres pratiques agricoles qui sont elles aussi des systèmes contrôlés ayant pour but d'assurer l'approvisionnement en nourriture. De plus, le concept semble envisager l'agroforesterie uniquement comme une option intéressante plutôt qu'une

nécessité. Quelques années plus tard, Lundgren et Raintree ont proposé la définition suivante :

*«L'agroforesterie est un terme collectif pour des systèmes et des techniques d'utilisation des terres où des ligneux pérennes (arbres, arbustes, arbrisseaux et sous-arbrisseaux) sont cultivés ou maintenus délibérément sur des terrains utilisés par ailleurs pour la culture et/ou l'élevage, dans un arrangement spatial ou temporel, et où sont exploitées des interactions à la fois écologiques et économiques, pas forcément stables dans le temps, entre les ligneux et les autres composantes du système».* (1982, cités par De Baets, 2007, p. 19)

Cette définition, beaucoup plus complète, met l'accent sur les interactions biologiques entre les composantes de l'environnement qui sont associées de façon judicieuse dans le temps et l'espace. Les critères concernent à la fois l'environnement et l'économie dans une optique de long terme. Cela sous-tend également la multifonctionnalité des systèmes et leur multiplicité en genre. Ces concepts ont été repris de différentes façons par plusieurs autres auteurs, tels que Nair (1985) et Somarriba (1992). Depuis, c'est cette définition qui est priorisée par le World Agroforestry Center (Nair, 1993). En 1996, Leakey ajoute les concepts clés de production durable et de bénéfices sociaux qui seront repris par le United State Department of Agriculture (USDA) dans les années 2000 (De Baets, 2007; Johnson, 2006).

Afin de caractériser et distinguer plus précisément les pratiques agroforestières, quatre critères essentiels ont été établis par Gold *et al.* (2000). Premièrement, un système intentionnel considère que les combinaisons de cultures et/ou d'élevage et d'arbres doivent être instaurées et gérées ensemble plutôt que séparément. Deuxièmement, un système intensif traduit la prédominance des opérations techniques nécessaires au maintien de la productivité et des fonctions des parcelles. Troisièmement, un système intégré fait référence à la combinaison structurelle et fonctionnelle des composantes tant au niveau vertical qu'horizontal répondant aux besoins des usagers et conciliant les objectifs de hausse de productivité et de conservation (Association for Temperate Agroforestry (AFTA), s. d.). Quatrièmement, un système interactif relie les interactions biologiques et physiques entre les composantes pour mener à la production de biens et services environnementaux. L'agroforesterie doit donc être un système à la fois intentionnel, intensif, intégré et interactif qui tend vers un point d'équilibre.

Au Québec, le Groupe interdisciplinaire de recherche en agroforesterie (GIRAF) se base sur la définition de l'agroforesterie de Lundgren et Raintree de 1982 (GIRAF, 2011). Cependant, un sommaire exécutif de 2007 dressant le portrait de l'agroforesterie au Québec propose plutôt la définition suivante :

*«L'agroforesterie est un système intégré de gestion des ressources du territoire rural qui repose sur l'association intentionnelle d'arbres ou d'arbustes à des cultures ou à des élevages, et dont l'interaction permet de générer des bénéfices économiques, environnementaux et sociaux».* (De Baets et al., 2007, p. 5)

Cette dernière semble être davantage appropriée dans le contexte actuel et dans une perspective de développement durable. Une nouveauté concerne l'utilisation du terme bénéfiques qui rejoint non seulement la productivité des cultures, comme le soutenait la définition de 1979, mais aussi les gains environnementaux et sociaux. Cette variante est audacieuse, puisque les systèmes agroforestiers ne sont pas toujours les meilleures options envisageables pour tous les sites de production agricole ou forestière (Young, 1997). En fait, la notion de bénéfice est dépendante des objectifs visés suite à l'implantation des systèmes agroforestiers selon les contextes socio-économiques et environnementaux. En d'autres termes, au Québec, l'agroforesterie est orientée vers un système novateur qui se doit d'être plus avantageux et productif que les systèmes conventionnels, et ce, pour l'ensemble de la société. Les exigences et les attentes sont donc nettement élevées dès le départ. L'existence de risques peut restreindre certaines possibilités d'expérimentation de la part des producteurs.

## **1.2 Types de systèmes agroforestiers**

Il existe plusieurs classifications des systèmes agroforestiers dû à leur grande diversité. En effet, chaque système exerce des fonctions précises dans le milieu, ce qui mène à l'identification de nombreux critères différentiels. Toutefois, Nair (1985) est parvenu à restreindre la classification en cinq éléments. Le premier concerne la nature des composantes et fait référence à ce qui est intégré dans les systèmes agroforestiers. Dans le cas de l'agrosylviculture, il s'agit de la combinaison des arbres et des cultures; le sylvopastoralisme, de la combinaison d'arbres et d'élevages et l'agrosylvopastoralisme, de la combinaison d'arbres, de cultures et d'élevages (Centre de référence en agriculture et

agroalimentaire du Québec (CRAAQ) – Comité agroforesterie, 2011). Ces trois catégories visent la diversification des productions et des revenus à la fois dans le temps et l'espace (Anel, 2009; Schoeneberger, 2009). Le second élément tend à caractériser l'arrangement des composantes des systèmes agroforestiers afin de déterminer si elles coexistent simultanément à long terme, si elles coexistent seulement pour une période donnée ou si elles se succèdent dans le temps. Le troisième élément traite du rôle fonctionnel des systèmes, en appuyant leur différenciation sur leur objectif premier, soit la production ou la conservation. Quatrièmement, les zones agro-écologiques sont utilisées pour distinguer les systèmes en fonction des conditions climatiques et végétales, ainsi que le potentiel d'utilisation des terres. Finalement, la considération des caractéristiques sociales et économiques est une méthode basée sur une échelle de production et de complexité des technologies, telle que les niveaux de subsistance, intermédiaire ou commercial. En fait, les systèmes de subsistance sont essentiellement rencontrés dans les pays en voie de développement; la production est suffisante pour répondre aux besoins de la famille de l'agriculteur. À l'autre extrême, les systèmes commerciaux sont associés à des grandes productions sur des terres appartenant soit au gouvernement, à des industries ou des compagnies privées. Entre les deux, les systèmes de type intermédiaire visent les productions des petites et moyennes fermes où il est possible d'obtenir des revenus supplémentaires pour la famille du producteur. En d'autres termes, c'est la prospérité économique qui distingue les trois niveaux de production (Nair, 1985).

En se basant sur une telle classification, il est évident que chaque système est unique selon les conditions du milieu et les objectifs du propriétaire. Il est toutefois possible d'effectuer une brève revue des cinq principaux systèmes agroforestiers tempérés répertoriés à ce jour et reconnus officiellement par l'AFTA, soit les haies brise-vent, les bandes riveraines, les systèmes de cultures intercalaires, les systèmes sylvopastoraux et les cultures sous couverts forestiers. Pour chacun de ces systèmes, plusieurs variantes sont envisageables.

### **1.2.1 Haies brise-vent**

Les haies brise-vent consistent en un alignement d'une ou plusieurs rangées de végétaux ligneux (arbres ou arbustes) disposées à proximité des bâtiments ou à travers les champs ou les pâturages et dont la fonction première réside dans la capacité d'atténuer les

perturbations des terres cultivées attribuables aux vents nuisibles (CRAAQ – Comité agroforesterie, 2011; Fondation de la faune du Québec, 1996). Les rôles connexes de ces systèmes extensifs sont nombreux : protection contre l'érosion des sols, barrière contre la dispersion des pesticides, optimisation de la pollinisation de certaines cultures, atténuation des odeurs et réduction des accumulations de neige (Vézina, 2011; Schoeneberger, 2009). De cela découlent divers avantages socio-économiques et environnementaux, soit la réduction du stress des animaux d'élevage et donc de leur mortalité, l'augmentation des rendements des cultures, la production de bois, la réduction des coûts de chauffage des bâtiments, l'embellissement du paysage et la diversification des habitats pour la faune (De Baets, 2007; AFTA, s. d.). La nature des bénéfices encourus par une telle approche dépendent de divers facteurs techniques, tels que la hauteur, la densité, l'orientation, la continuité et la localisation des haies (Brandle *et al.*, 2000).

Au Québec, l'implantation des haies brise-vent a connu un essor important dans les années 1990, grâce à l'implication gouvernementale qui a instauré des programmes d'assistance technique et financière, tels que le programme provincial *Prime-Vert* et le *Programme fédéral de couverture végétale du Canada* (De Baets *et al.*, 2007; Marchand et Masse, 2007).

### **1.2.2 Bandes riveraines**

Les bandes riveraines sont des aménagements constitués d'arbres, d'arbustes et de divers végétaux localisés en bordure des cours d'eau qui contribuent à un apport de nombreux services écologiques (CRAAQ – Comité agroforesterie, 2011; De Baets, 2007). Elles sont des systèmes extensifs principalement utilisées pour contrôler la pollution de l'eau (captation des sédiments, de matières organiques et des contaminants présents dans les eaux de ruissellement) et réduire l'érosion des berges. Elles remplissent aussi plusieurs autres fonctions : amélioration des habitats fauniques, hausse de la biodiversité, régulation des cycles hydrologiques perturbés par les activités humaines, contrôle de la morphologie des cours d'eau et recharge des eaux souterraines (Schoeneberger, 2009; Johnson, 2006; Schultz *et al.*, 2000). De plus, des avantages économiques directs découlent de la vente de matière ligneuse suivant les activités de coupes sélectives nécessaires pour l'entretien des bandes riveraines (De Baets, 2007).

Au Québec, bien que le programme d'aide *Prime-Vert* couvre aussi l'implantation des bandes riveraines, ces aménagements demeurent peu répandus auprès des agriculteurs. Le manque de sensibilisation pourrait expliquer cette situation. C'est pourquoi plusieurs agents d'influence se sont impliqués au cours des dernières années pour mettre en valeur ces systèmes, tels que le MAPAQ, les organismes de bassin versant, la Fondation de la faune du Québec et l'Union des producteurs agricoles. (De Baets *et al.*, 2007)

### **1.2.3 Systèmes de cultures intercalaires**

Garrett et McGraw (2000) définissent les SCI comme une plantation de rangées d'arbres largement espacées et entre lesquelles des cultures agricoles ou horticoles sont produites. Les SCI sont des systèmes intensifs possédant les caractéristiques qui s'assimilent le mieux à la définition de l'agroforesterie, car l'association intentionnelle des arbres et des cultures est réalisée à grande échelle sur l'ensemble de la superficie cultivée et tend à intégrer davantage les fonctions écosystémiques naturelles. De plus, comparativement aux haies brise-vent et aux bandes riveraines, les interactions entre les arbres et les cultures sont présentes sur l'ensemble de la parcelle plutôt que restreintes à un seul secteur. C'est pour cette raison que les SCI ont été retenus pour les analyses subséquentes de la présente étude. Ces fonctions génèrent des bénéfices variés : protection des sols et des eaux, protection de la biodiversité, séquestration du carbone, augmentation des rendements agricoles, diversification de la production dans le temps et l'espace, stratification des habitats, etc. (Dupraz et Liagre, 2011; Schoeneberger, 2009; Garrett and McGraw, 2000). Afin de réaliser ces systèmes, une attention rigoureuse doit être portée envers la sélection des espèces associées pour optimiser les bénéfices.

Au Québec, aucun programme ne fait la promotion de ces systèmes et ils sont donc encore marginaux. Ainsi, la majorité des données pour la province proviennent de sites expérimentaux universitaires en Mauricie, en Gaspésie et en Montérégie (De Baets *et al.*, 2007).

### **1.2.4 Systèmes sylvopastoraux**

Les systèmes sylvopastoraux reposent sur la complémentarité entre les productions d'arbres, de cultures fourragères et d'animaux d'élevage (CRAAQ – Comité agroforesterie,

2011). Ainsi, plusieurs des bénéfices mentionnés précédemment pour les SCI s'appliquent également pour les systèmes sylvopastoraux, mais les objectifs sont quelque peu divergents. En effet, les revenus annuels reposent sur les animaux d'élevage plutôt que sur les cultures intercalaires (Clason and Sharrow, 2000). De plus, la possibilité de vendre des permis de chasse est une source de revenu supplémentaire (*ib.*). Il s'agit d'un système traditionnel assez répandu dans les pays développés puisque la diversification des productions constitue un avantage majeur face aux incertitudes économiques (De Baets, 2007). Cependant, peu de ces systèmes sont présents au Québec bien que certaines pratiques s'y rapprochent (*ib.*).

### **1.2.5 Cultures sous couvert forestier**

Les cultures sous couvert forestier correspondent à la production végétale sous couvert arboré (CRAAQ – Comité agroforesterie, 2011). Afin d'appartenir aux systèmes agroforestiers et d'être considéré comme un système intentionnel, ce type d'exploitation doit être instauré dans des peuplements forestiers naturels exploités ou des plantations. Ainsi, la simple récolte de plantes sauvages n'est pas considérée comme de l'agroforesterie. Les cultures sous couvert forestier génèrent des produits forestiers non ligneux (PFNL) qui sont très diversifiés et utilisés pour une multitude de produits dérivés : aliments, produits médicinaux, huiles essentielles, biocarburants, etc. (De Baets et Lebel, 2007). La diversification de la production s'étale sur sept niveaux de récolte : la canopée, la strate intermédiaire des arbres, la strate arbustive, la strate herbacée, la surface du sol, la rhizosphère et la strate verticale (Hill and Buck, 2000). Cette pratique favorise la diversification des cultures, la régulation du cycle hydrologique, la conservation des sols et la création d'habitats fauniques (*ib.*). Au Québec, il s'agit d'une pratique émergente (De Baets et Lebel, 2007).

### **1.3 Problématique**

Au Moyen-Âge, le cycle de déforestation, d'abandon des terres suivi de plantation forestière était d'ores et déjà une partie intégrante du mode de vie (Oelbermann *et al.*, 2004). Depuis cette lointaine époque, la situation ne semble pas avoir changée, puisque ce cycle perpétué constitue l'une des problématiques environnementale au Québec. En considérant à la fois les enjeux des secteurs forestiers et agricoles, ainsi que la définition de

l'agroforesterie adaptée au contexte socio-économique québécois, il est possible d'affirmer que les SCI pourraient devenir une nécessité dans un avenir rapproché pour assurer la pérennité des exploitations du Québec. En effet, les objectifs des agriculteurs concernant la hausse de productivité des cultures et l'adaptation à la forte compétitivité du marché s'intègrent difficilement aux pratiques actuelles. Ces dernières sont plutôt à l'origine de la dégradation des terres liée à la surexploitation de monocultures. En fait, les grandes cultures constituent environ 50 % de la superficie des terres agricoles du Québec (Statistique Canada, 2006).

À l'inverse, les objectifs des agriculteurs sont entièrement compatibles avec les SCI qui offrent plusieurs possibilités adaptables aux conditions du milieu. Comparativement aux autres systèmes agroforestiers, les SCI sont directement intégrés aux pratiques agricoles sur de grandes superficies. Toutefois, l'incertitude des producteurs vis-à-vis l'efficacité de ce système d'exploitation est prépondérante. C'est d'ailleurs ce qu'a révélé l'étude de Marchand et Masse réalisée en 2008 auprès des producteurs québécois. Les principales interrogations sont axées sur la rentabilité financière, le niveau réel de réduction des intrants à la ferme (fertilisants et produits phytosanitaires), la productivité des cultures intercalaires, les implications techniques (machinerie, aménagement et entretien) et la véracité des avantages environnementaux (Marchand et Masse, 2008).

Certaines limites au développement de l'agroforesterie ont été inventoriées en 2009 dans le cadre d'une réflexion sur le paysage rural au Québec (MAPAQ – Direction de la coordination et de l'appui aux régions, 2009). Elles se situent au niveau de quatre types de ressources : matérielles et foncières, humaines, financières et informationnelles. Connaître ces éléments restrictifs constitue des informations primaires essentielles en vue de favoriser l'expansion de l'agroforesterie et plus spécifiquement des SCI. Il s'avère tout aussi important de s'inspirer des expériences d'autres juridictions pour mieux adapter un potentiel plan de développement au Québec et ainsi optimiser les résultats.

## **2 PORTRAIT DE L'AGROFORESTERIE**

Ce qui suit constitue une brève mise en contexte des conditions dans lesquelles l'agroforesterie s'est implantée ici et ailleurs et plus spécifiquement de la situation des SCI. D'abord, une revue à l'international est réalisée pour les régions tropicales (diverses régions en Afrique et en Amérique Centrale ainsi que le Brésil en Amérique du Sud) et les régions tempérées (la Chine, la France et les États-Unis). Ensuite, la revue couvre certaines provinces canadiennes (la Colombie-Britannique, les prairies et l'Ontario). Enfin, le portrait des projets de SCI mis en place au Québec est effectué. Dans chacun des cas, les SCI mis en place sont décrits lorsque possible selon leur rentabilité, leur productivité, les implications techniques et les avantages environnementaux démontrés. Les aspects sociaux, ainsi que les acteurs d'intérêts sont aussi énoncés.

### **2.1 À l'international**

Avant d'aller plus loin, il semble essentiel de préciser une ultime distinction existant entre les systèmes agroforestiers, soit les zones tempérées et les zones tropicales et subtropicales. Dans certains cas, cette différence géophysique de climat peut constituer une limite à l'extrapolation des résultats d'expérimentation des SCI entre les deux zones. Toutefois, certains concepts généraux démontrés dans les tropiques peuvent inspirer et orienter les recherches menées dans les zones tempérées, et ce, d'autant plus que les études agroforestières ont débuté bien avant en milieu tropical. La première expérience concernant les SCI pour caractériser les interrelations entre les composantes environnementales ont été menées au Nigéria vers la fin des années 1970 par le CRDI (Oelbermann *et al.*, 2004). En fait, dans les tropiques, il est usuel de cultiver une diversité d'espèces afin de se rapprocher des structures verticales présentes dans les forêts naturelles (*ib.*).

Des différences fondamentales existent entre les tropiques et les régions tempérées, notamment en ce qui concerne la raison d'être de l'agroforesterie qui semble être dépendante du contexte socio-économique (Oelbermann *et al.*, 2004). En région tropicale, il est davantage question de satisfaire et de maintenir le niveau de subsistance des agriculteurs. Ainsi, l'agroforesterie est une pratique devenue nécessaire, voire même essentielle pour assurer la durabilité des pratiques agricoles (Gold *et al.*, 2000). Dans ces régions, l'agroforesterie tente d'émerger entre les enjeux du manque d'accès au crédit, des

coûts élevés des intrants (machinerie, engrais et produits phytosanitaires), des infrastructures rurales déficientes, de la distribution inéquitable des terres, des besoins locaux élevés en ressources naturelles, de la désertification et de la maximisation des productions (Gold *et al.*, 2000). Dans les régions tempérées, l'agroforesterie est plutôt perçue comme une nouvelle technologie attirante permettant de réduire les coûts de production et d'augmenter les valeurs immobilières (Oelbermann *et al.*, 2004). C'est donc l'optimisation des productions qui est visée, ainsi que la nécessité d'adapter les nouveaux systèmes d'exploitation à la machinerie existante (Gold *et al.*, 2000).

À la fois dans les zones tempérées et tropicales, des problèmes d'emplois ruraux sont identifiés et nécessitent la diversification de la production et des revenus. De plus, les deux régions tentent de s'orienter de plus en plus vers des systèmes d'utilisation durable des terres visant l'élimination des externalités environnementales négatives associées aux monocultures, soit la baisse de biodiversité, la perte d'habitats, l'érosion et l'épuisement des sols ainsi que la surexploitation (Gold *et al.*, 2000). Bref, que ce soit en zone tempérée ou tropicale, les SCI offrent un potentiel similaire en ce qui a trait aux services environnementaux (Oelbermann *et al.*, 2004).

### **2.1.1 Régions tropicales – Afrique**

Plus du deux tiers du continent africain possède un climat aride ou semi-aride. Les activités humaines ont conduit à de nombreux problèmes environnementaux, tel que la dégradation des terres et la désertification, l'augmentation de la population, la privatisation des terres, les perturbations du sol et des cycles hydrologiques, des problèmes de qualité de l'air, la perte de biodiversité et l'introduction d'espèces invasives (Jama and Zeila, 2005). Afin de faire face à ces enjeux, l'agroforesterie a été envisagée. Ses diverses formes sont de plus en plus courantes. Il est à noter que le pourcentage des pratiques liées aux SCI n'est pas évalué.

L'implication des organisations de recherche internationales ont commencé vers la fin des années 1980 avec, entre autres, le World Agroforestry Center. Le GIRAF a également instauré des programmes ciblés pour des territoires précis : le Mali, le Congo et d'autres pays de la région du Sahel (GIRAF, 2011). Ces initiatives visent en partie à fournir de la formation aux agriculteurs et de l'assistance pour la mise en place de parcelles

agroforestières. À ce jour, les résultats de ces recherches sont positifs, car de nombreux cas succès ont été démontrés pour les problématiques nationales précitées (Jama and Zeila, 2005).

Plus particulièrement, en Ouganda, une organisation volontaire non gouvernementale, Uganda Agroforestry Development Network, a été fondée en 2001 afin de faire la promotion de l'agroforesterie d'abord comme un moyen de maximisation de la production des cultures et ensuite comme moyen de protection de l'environnement (Russell *et al.*, 2010; Commonwealth Forestry Association, s. d.). Cela a permis l'instauration d'une stratégie de développement de l'agroforesterie de la part du gouvernement (Jama and Zeila, 2005). L'implication et la volonté gouvernementales sont des éléments majeurs dans le succès d'une telle entreprise, puisqu'elles sous-tendent généralement des impacts positifs quant aux programmes de sensibilisation (Russell *et al.*, 2010).

En 2005, le World Agroforestry Center énonçait une série de recommandations quant à l'expansion de l'agroforesterie en Afrique ayant trait à l'économie, à la gestion gouvernementale, à l'éducation, aux institutions et aux sites de démonstrations (Jama and Zeila, 2005). L'un des éléments d'importance concernait l'établissement de projets régionaux pour accentuer les impacts bénéfiques et pour développer des modèles autant économiques que techniques (choix des associations) pour les pratiques agroforestières.

### **2.1.2 Régions tropicales – Amérique Centrale**

L'Amérique Centrale fait aussi face à des problèmes de surpopulation et de déforestation. Sur le plan économique, cela s'est traduit par la prédominance du marché du bois comme filière énergétique (Current *et al.*, 1995). La ressource ligneuse subie donc une forte pression, d'où l'intérêt grandissant pour l'agroforesterie. Ce sont essentiellement des organisations non gouvernementales (ONG) qui assurent le suivi des projets, car aucune structure institutionnelle n'a été établie (*ib.*). Chacun des pays adopte une diversité de pratiques agroforestières en fonction des conditions particulières des terres cultivées. Les SCI se retrouvent de façon notable au Guatemala, au Honduras, au Nicaragua et en République Dominicaine (*ib.*). Le cas suivant constitue un exemple intéressant de l'influence gouvernementale dans les processus de changement de comportement à l'échelle nationale.

Au Costa Rica, les problématiques environnementales concernent surtout l'érosion et la dégradation des sols dû à l'exploitation de monocultures (Oelbermann *et al.*, 2004). Initialement, les seules exploitations de matières ligneuses provenaient des forêts naturelles (Montagnini *et al.*, 2004). Ainsi, les premiers SCI ont été mis à l'essai en 1982 pour mesurer la productivité des cultures et pour vérifier la capacité à maintenir la fertilité des sols sans ajouter de suppléments externes (Oelbermann *et al.*, 2004). Une fois leur efficacité démontrée, le gouvernement a instauré différents programmes pour inciter les agriculteurs à changer leurs pratiques. L'un des plus avantageux est le paiement pour les services environnementaux (Montagnini *et al.*, 2004). En fait, depuis 1996, la loi forestière du Costa Rica reconnaît et alloue une valeur à certains services environnementaux, dont la séquestration du carbone, la protection des eaux urbaines et rurales, la protection de la biodiversité, l'usage durable et la valeur esthétique des paysages (*ib.*). De cette façon, l'agroforesterie devient une source de revenu directe pour les agriculteurs qui reçoivent un paiement sous forme de redevance. Pour financer ce programme, le gouvernement a, d'une part, imposé une taxe sélective sur l'essence et, d'autre part, sollicité des fonds internationaux pour les crédits de carbone (*ib.*). Les résultats sont concluants, car dans les années 2000, la demande pour le paiement des services environnementaux était supérieure de 70 % aux fonds gouvernementaux disponibles (*ib.*). L'intérêt des agriculteurs pour l'agroforesterie n'est donc plus un enjeu majeur lorsque de telles mesures sont appliquées. Toutefois, ce système de financement ne devrait pas être permanent, car le développement des pratiques agroforestières vise à atteindre un développement durable autosuffisant et donc rentable (Current *et al.*, 1995).

### **2.1.3 Régions tropicales – Brésil (Amérique du Sud)**

Les problématiques rencontrées au Brésil concernent particulièrement la promotion de l'agriculture d'exportation et de la culture des plantes à des fins énergétiques plutôt que pour la production d'aliments (Lavoie, 2011). De plus, l'exode rural s'intensifie dû aux faillites des fermes familiales non rentables (*ib.*). Le spectre de la dépendance alimentaire vers l'extérieur plane auprès du gouvernement. Des mesures strictes devaient être prises. C'est dans ce contexte que le Réseau Brésilien Agroforestier a été créé en 1990 par un groupe de professionnels appuyés par l'Ambassade du Canada (Bauer, 2004). Il s'agit d'un ONG sans but lucratif dont le rôle est d'assurer la qualité de vie des agriculteurs et la

conservation des forêts indigènes en effectuant la promotion des systèmes agroforestiers (Lavoie, 2011).

Lavoie (2011) a dressé un portrait fidèle de la diversité des pratiques agroforestières dans le *Nordeste* au Brésil et il semble que les SCI soient marginaux comparativement aux plantations sous couvert forestier, aux systèmes agrosylvopastoraux et aux jardins de case familial. Toutefois, il est possible de tirer certaines conclusions. Ainsi, les variabilités territoriales influencent le mode de vie des communautés et permet de mettre en valeur la multifonctionnalité des pratiques agroforestières. L'agroforesterie a bonne réputation au Brésil, car c'est une méthode qui s'est avérée efficace pour réduire les risques attribuables aux imprévus climatiques, biologiques et économiques (Lavoie, 2011). De plus, les moyens utilisés pour assurer la promotion de ces systèmes sont relativement simples. En fait, plusieurs acteurs d'intérêt ont été incités à collaborer, tel que différentes associations environnementales, locales et forestières, ainsi que des syndicats et des ONG. Les agriculteurs apprécient le caractère innovateur de ces pratiques qui permettent de diversifier leur production, la présence et l'accès à des sources d'informations externes plus qualifiées et l'adaptabilité des systèmes aux conditions physiques et géographiques contraignantes des terres (*ib.*).

Cependant, l'importance des traditions a constitué un obstacle dans certains cas, particulièrement pour les SCI. Aussi, le problème de dépendance financière des agriculteurs envers le gouvernement qui offre certaines redevances se présente encore une fois. Les technologies agroforestières devront être adaptées pour assurer une rentabilité durable afin d'atteindre entièrement l'objectif de lutte à la pauvreté particulièrement dans le secteur de l'agriculture familiale. (*ib.*)

#### **2.1.4 Régions tempérées – Chine**

Depuis 1990, la Chine connaît un essor fulgurant sur le plan du développement économique et de la croissance de sa population (Zhaohua *et al.*, 1991). Il s'agit du pays le plus peuplé au monde avec 1 331 398 000 habitants et dont 80 % sont des fermiers (National Geographic Society, 2011; Zhaohua *et al.*, 1991). Généralement, un développement aussi rapide entraîne inévitablement des modifications majeures de l'utilisation du territoire (World Agroforestry Centre, 2007). En effet, les terres forestières se sont rapidement

converties en terres agricoles (Jianbo, 2006). Ainsi, la déforestation est une problématique prédominante et persistante dans le temps. En fait, en 1991, la déforestation était chiffrée à 3 millions d'hectares par an (Zhaohua *et al.*, 1991). En 1997, elle est passée à environ 0,44 million d'hectares par an (Huang *et al.*, 1997). En 2006, les terres forestières occupaient seulement 14 % de la superficie totale du pays (Jianbo, 2006; Yin and Sun, 2007). Non seulement les ressources naturelles sont surexploitées, mais aussi, pour répondre à la demande intérieure croissante, les importations, notamment de bois et d'aliments, sont une nécessité. Le besoin de maximiser et d'optimiser la productivité des terres agricoles est donc criant. Outre les conditions économiques, certaines régions ont pris conscience de l'importance de la conservation du territoire. Par exemple, l'un des bassins versants les plus vastes est une source d'eau potable pour 1,5 milliards de personnes en Chine et aussi pour d'autres pays limitrophes (World Agroforestry Centre, 2007). C'est dans ce contexte que l'agroforesterie a été considérée sérieusement comme système efficient d'exploitation et de conservation du territoire.

Les gouvernements ont offert un support financier dès le début des années 1990 pour assurer le développement des différents systèmes agroforestiers. Les 72 millions de dollars américains investis sur sept ans ont permis le développement de 6,7 millions d'hectares d'agroforesterie (Zhaohua *et al.*, 1991). Dans les années 2000, le ministère chinois des ressources d'eau en collaboration avec les bureaux locaux de la conservation des sols et de l'eau et un groupe de recherche canadien ont instauré une stratégie de développement pour la Chine de l'ouest visant à freiner la dégradation des terres agricoles et dans laquelle l'agroforesterie détient un rôle de premier plan (Filson, 2001). Plus récemment, en 2004, l'agroforesterie a été intégrée au plan d'action forestier pour l'*Agenda 21* de la Chine dans une optique de développement durable (Wenhua, 2004). À cela s'ajoute un volet de renforcement des connaissances des technologies en science forestière impliquant la formation de professionnels dans le domaine et la création de centres de recherche (*ib.*).

La Chine a ceci de particulier que son territoire couvre à la fois les régions tempérées, arides et tropicales. Une agroforesterie moderne y est pratiquée sur plus de 45 millions d'hectares (Dupraz, 2011; Huang *et al.*, 1997). L'agrosilviculture est l'une des pratiques les plus dominantes dans toutes les régions. Plus précisément, les SCI sont surtout retrouvés

dans les régions montagneuses du sud de la Chine (en région tropicale) et au niveau des plaines centrales (en région tempérée) (Huang *et al.*, 1997; Zhaohua *et al.*, 1991). Ils couvrent une superficie de 4,96 millions d'hectares (Huang *et al.*, 1997).

Depuis 2002, le World Agroforestry Center s'est établi en Chine afin d'assurer le lien entre différents acteurs d'intérêt, tel que des ONG internationaux, des organisations gouvernementales, des académies scientifiques, des groupes de consultations et des associations régionales (World Agroforestry Centre, 2007). Le World Agroforestry Center a développé un plan d'intervention à moyen terme s'échelonnant de 2008 à 2012 et visant, entre autres, à fournir une assistance et un support technique, ainsi qu'un programme d'intégration des connaissances pour chacune des régions (*ib.*).

Les expériences chinoises ont démontré que la production d'une parcelle est optimisée lorsque de faibles densités d'arbres sont intégrées à l'exploitation (Dupraz, 2011). Ces pratiques permettent aussi d'adapter les aménagements aux machineries agricoles utilisées. À titre d'exemple, les espacements entre les rangées d'arbres peuvent varier de 18 à 80 mètres selon les caractéristiques des cultures (Huang *et al.*, 1997). De plus, l'objectif premier d'optimiser la productivité a été démontré. En effet, un indicateur (la surface équivalente agroforestière) a estimé que les produits obtenus à partir d'un seul hectare où est pratiqué les SCI correspondent aux produits obtenus à partir de 1,51 à 2,53 ha de monocultures (*ib.*). La production est donc doublée, ce qui est un avantage incontournable. Aussi, l'agroforesterie permet dans la majorité des cas d'augmenter les revenus, de créer des emplois, d'atténuer la pauvreté, de diminuer les risques liés aux extrêmes de température et de stimuler l'économie nationale (Yin and Sun, 2007; Jianbo, 2006; Wenhua, 2004).

Au niveau environnemental, autant des effets à l'échelle régionale que locale sont constatés. Ainsi, les résultats sont probants concernant la diminution de la dégradation des terres, tel que la réduction de l'érosion des sols, la diminution de l'évaporation, la stabilisation journalière des températures (Wood, 2005; Wenhua, 2004). De plus, une hausse de la matière organique, de l'irrigation et de l'azote total dans le sol est prouvée (Wood, 2005; Junwei and Hongkiang, 1991).

Cependant, plusieurs obstacles se dressent à l'expansion de l'agroforesterie en Chine. D'abord, les régions arides et semi arides qui sont plus restrictives dû aux conditions climatiques moins propices couvrent un peu plus de la moitié de l'ensemble du territoire. Un support technique accru devrait être fourni aux producteurs afin de déterminer les associations les plus adaptées à ces conditions (Huang *et al.*, 1997). Ensuite, des conflits sont susceptibles d'émerger entre les producteurs locaux et les agences forestières gouvernementales qui n'ont pas les mêmes intérêts. Les premiers désirent uniquement obtenir un maximum de revenus avec leurs cultures sans avoir à investir temps et argent supplémentaires dans la gestion de nouvelles pratiques agroforestières. Alors que les seconds souhaitent augmenter les superficies forestières et orienter les producteurs vers des pratiques de conservation (*ib.*). Enfin, l'augmentation des rendements des terres entraîne un besoin accru en transport de produits de la ferme. Le surplus de produits, ne pouvant pas être consommé localement, est difficile à expédier lorsque les fermes se trouvent en régions isolées inaccessibles (*ib.*).

### **2.1.5 Régions tempérées – France**

À l'échelle de l'Europe, divers systèmes agroforestiers faisaient partie intégrante des pratiques agricoles des producteurs. Toutefois, au début du siècle dernier et particulièrement après les périodes de guerre, l'intensification des productions et la hausse des rendements sont devenues des objectifs incontournables (Eichhorn *et al.*, 2006; Dupraz, 1994a). L'arrivée de la mécanisation a permis de parvenir à l'exploitation de plus en plus courante de monocultures. Ces changements radicaux conduisant à l'élimination draconienne des arbres sur les terres agricoles ont engendré nombre de problématiques. En effet, les agriculteurs ont, petit à petit, oublié les connaissances ancestrales en agroforesterie, les paysages se sont uniformisés, les productions ont cessé d'être multifonctionnelles privant les agriculteurs de revenus alternatifs et, tout cela, sans compter les problèmes environnementaux qui sont par la suite apparus (Dupraz *et al.*, 2005).

En France, bien que l'agroforesterie de petite échelle, dite de jardinage, ait toujours persisté, ce n'est qu'en 1985 que les premiers sites expérimentaux en agroforesterie moderne ont été créés (Dupraz, 2010; Eichhorn *et al.*, 2006). Ce réseau, dénommé APPEL (Aménagement de Parcelles Pluristratifiées associant Élevage et Ligniculture), a mis en

évidence que les taux de croissance des arbres appartenant à des systèmes agroforestiers sont supérieurs à ceux des arbres appartenant à des peuplements forestiers. Toutefois, ce n'est qu'en 1995 que les premiers SCI sont expérimentés en vue de productions commerciales.

Ces essais empreints de découvertes prometteuses n'ont pas permis le développement accru de ces systèmes, car parallèlement, les instances gouvernementales européennes appliquaient des mesures conservatrices. En fait, la *Politique agricole commune pour l'Europe* ne considérait pas les arbres comme faisant partie intégrante des exploitations agricoles (Dupraz *et al.*, 2005). Ce n'est qu'en 2001 que les pratiques agroforestières sont clairement définies et dissociées des systèmes de production forestière pour être reconnues entièrement comme des systèmes agricoles (Tartera *et al.*, 2012). Cela facilite les procédures de financement qui constituaient auparavant un obstacle majeur pour les agriculteurs qui perdaient leur éligibilité pour les superficies plantées d'arbres.

Cette avancée a entraîné le coup d'envoi d'un projet à grande échelle mené de 2001 à 2005 à travers toute l'Europe : Silvoarable Agroforestry For Europe (SAFE). Plus de 70 chercheurs ont collaboré sous la coordination de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) de Montpellier pour déterminer la façon de réintroduire les arbres dans les exploitations agricoles en Europe (Dupraz *et al.*, 2005). La France a hérité de plus de 40 sites de démonstration sur son territoire (Liagre *et al.*, 2011). Les principales conclusions démontrent que l'agroforesterie, sous sa forme extensive à faible densité d'arbres, est adaptée aux techniques agricoles d'aujourd'hui lorsque des schémas d'aménagement précis sont respectés. De plus, il semble y avoir une productivité supérieure dû à l'utilisation optimale des ressources du milieu et une rentabilité démontrée.

En 2002, le ministère de l'Agriculture et de la Pêche de la France associe et reconnaît pas moins de sept avantages à l'instauration des pratiques agroforestières pour les producteurs, soit la production d'arbres de qualité, le maintien du revenu agricole, la conservation de la qualité de l'environnement, la création d'une nouvelle image pour le milieu agricole au sein de la société, la diversification des exploitations, l'apprentissage de nouvelles connaissances et la transmission d'un patrimoine vivant (MAPAQ, 2009).

En 2006, la France accorde une éligibilité pour les SCI comprenant moins de 50 arbres/ha. De ce fait, toute la surface agroforestière est compilée, et ce, également pour la surface plantée d'arbres. Par la suite, le *Programme national de développement agricole et rural* a permis d'initier, par le biais du Compte d'affectation spéciale au développement agricole et rural de 2006 à 2008, d'autres recherches visant l'amélioration continue des systèmes agroforestiers. D'ailleurs, ce programme a été renouvelé jusqu'en 2011 (Tartera *et al.*, 2012).

Ces initiatives de la part des chercheurs et des gouvernements ont eu nombre de répercussions positives auprès des agriculteurs. Sur plus de 260 fermiers sondés à travers l'Europe, 40 % désiraient pratiquer l'agroforesterie (Dupraz *et al.*, 2005). En France, cela s'est concrétisé pour 12 % des agriculteurs qui ont commencé à exploiter ces systèmes seulement deux ans après avoir été sondés dans les années 2000 (*ib.*).

En 2009, la France modifie son *Plan de développement rural hexagonal de 2007-2013*. Ce changement concerne la possibilité de financement lors de la première installation de systèmes agroforestiers sur des terres agricoles (Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du territoire, 2010). Ces aides provenant de diverses collectivités territoriales (associations et fondations), des Agences de l'eau et du Fonds européen agricole pour le développement rural s'adressent aux terres non boisées sur lesquelles des exploitations agricoles ont eu lieu lors des deux années précédentes et couvrent de 70 à 80 % des frais (*ib.*).

Enfin, en 2010, la densité d'arbres éligible aux financements passe de 50 à 200 arbres/ha (Tartera *et al.*, 2012). Bien que cela ne permette que l'exploitation de systèmes extensifs, il n'en demeure pas moins une reconnaissance de plus en plus croissante du rôle que jouent les systèmes agroforestiers dans le paysage rural français.

Les combinaisons entre arbres et cultures en France sont multiples. Il peut s'agir d'associations de vignes et de céréales ou d'arbres fruitiers, de chênes et de pâturages, de noyers ou d'oliviers et de céréales (tel que le blé et le chanvre), de peupliers et de maïs, etc. Ainsi, les cultures d'arbres fruitiers sont les plus courantes, car elles optimisent et diversifient davantage les productions. Actuellement, les espèces d'arbres autorisées sont

règlementées pour les plantations dans les SCI et ce sont particulièrement les espèces indigènes provenant de sélections locales qui sont favorisées (Tartera *et al.*, 2012).

Des projets régionaux visent maintenant la résolution de problématiques à l'échelle des bassins versants, tel que contrer les inondations et améliorer la qualité des eaux, ainsi que réduire la pression phytosanitaire par une agriculture biologique dont l'arbre devient la composante principale (AGROOF, 2012; Liagre *et al.*, 2010). D'ici 2035, la plantation d'un demi million d'hectares est prévue à travers la France (Liagre *et al.*, 2011). Les impacts environnementaux et socio-économiques d'un tel changement sont donc à envisager.

Cette évolution tout de même fulgurante des systèmes agroforestiers en France au cours des 10 dernières années n'aurait pu être possible sans l'implication de nombreux acteurs d'intérêt, tels que l'INRA (un institut de recherche), AGROOF (un bureau d'étude spécialisé dans la formation et le développement des pratiques agroforestières) et le ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche. De plus, les sources de financement pour les projets des agriculteurs sont diverses et proviennent, en plus de ceux nommés précédemment, des conseils régionaux, des conseils généraux, de la Direction départementale de l'agriculture et de la forêt, du Centre régional de la propriété forestière et de la Chambre départementale d'agriculture (Tartera *et al.*, 2012; Dupraz et Liagre, 2011). Il est à noter que l'état français ne s'implique d'aucune manière en ce qui a trait au financement et délègue ce rôle à chaque région, contrairement à plusieurs pays européens, tels que la Belgique et l'Italie, où l'état assume cette responsabilité (Dupraz, 2010). La multiplicité de ces intervenants nécessite également la présence d'organisations qui assurent la communication entre les différents paliers décisionnels, soit l'Association française d'agroforesterie (AFAF) et l'Association française des arbres et haies champêtres (AFAHC) (Tartera *et al.*, 2012). Enfin, afin d'assurer un support particulier aux agriculteurs, des personnes ressources détenant de bonnes connaissances en agroforesterie sont disponibles dans plusieurs régions françaises pour conseiller les producteurs. Cette mesure s'avère efficace, puisqu'en bénéficiant de ces experts, les producteurs observent une réduction d'environ 4 % des taux de mortalité lors de l'initiation des projets (*ib.*).

Malgré tout, plusieurs obstacles au développement de l'agroforesterie sont omniprésents en France : le manque de connaissances des agriculteurs par rapport à ces systèmes, la

difficulté de quantifier les retombées à long terme dû à la lente croissance des arbres et la prédominance des intérêts envers les monocultures pour hausser les rendements à court terme. (Eichhorn *et al.*, 2006)

### **2.1.6 Régions tempérées – États-Unis**

La colonisation des États-Unis a conduit à une conversion rapide et étendue des terres forestières en zones agricoles. Ce n'est qu'un peu avant les années 1960, que des initiatives citoyennes de protection des terres agricoles ont été instaurées dans différentes régions des États-Unis (Lassoie and Buck, 2000). Des millions d'arbres ont ainsi été plantés en bordure des terres comme haies brise-vent dans le but de contrer l'érosion des sols. Par la suite, vers 1970, l'arrivée de nouvelles pratiques agricoles, tels que les systèmes d'irrigation à pivot central, a causé l'élimination systématique des arbres encore présents dans les champs cultivés afin de faciliter la mécanisation (Fisher, 2011). Les monocultures se sont répandues rapidement afin de permettre une production accrue. Toutefois, à la même époque et de façon parallèle à ces changements, de nouvelles parcelles forestières se sont ajoutées à travers le paysage traduisant l'intérêt de certains groupes pour les services environnementaux comblés par les arbres (Garrett and Buck, 1997). Ces activités demeurant marginales n'ont pas empêché le développement d'une agriculture ne correspondant pas à une production durable et nécessitant un soutien financier gouvernemental rapproché pour être rentable (*ib.*). De plus, les problèmes environnementaux qui étaient déjà observés au début du siècle se sont accrus et mettent aujourd'hui en jeu l'intégrité des ressources naturelles.

Suite au constat de la situation environnementale, le gouvernement fédéral a opté pour la création du USDA National Agroforestry Center dans le projet de loi agricole de 1990 qui a d'abord le mandat de collaborer avec le United State Forest Service (Fisher, 2011). En 1995, le Natural Resources Conservation Service se joint au groupe dont l'objectif est de favoriser le développement de l'agroforesterie à travers le pays tout en facilitant la création de partenariats entre divers professionnels et chercheurs (Garrett and Buck, 1997). Le programme s'intensifie et permet le développement de nouvelles technologies, la création de sites de démonstration et des programmes de formation. Le financement du National Agroforestry Center est relativement faible, ce qui pousse les chercheurs à développer des

systemes agroforestiers économiquement viables (Garrett and Buck, 1997). Ces mesures du gouvernement fédéral ont été le déclencheur de la création d'une série de programmes de support aux agriculteurs pour les pratiques agroforestières : *South-Central Family Farm Research Center*, *Stewardship Incentive Program*, *Agricultural Conservation Program* et *Environmental Easement Program*. De plus, des programmes spécifiques à la valorisation des SCI ont été mis en place : *Conservation Reserve Program*, *Sustainable Agricultural Research and Education*, *Environmental Quality Incentive Program*, *Conservation Security Program* et *Forest Land Enhancement Program* (Schoeneberger, 2009; Garrett and Buck, 1997). Leurs rôles respectifs sont énoncés au tableau 2.1. Seuls les trois derniers programmes mentionnés sont décrits plus en détail dû à l'importance qu'ils allouent spécifiquement aux SCI.

L'*Environmental Quality Incentive Program* a été créé par le USDA Natural Resources Conservation Service en 1996 et vise l'atteinte de nombreux objectifs d'amélioration de la qualité de l'environnement concernant, notamment, la qualité des sols et de l'eau, la conservation de la biodiversité et la création d'habitats. Dans chaque état, des priorités locales sont identifiées pour assurer la juste distribution des fonds. Les contrats de partage des coûts d'implantation pour les exploitations agricoles peuvent s'appliquer pour une période variant d'un à dix ans et couvrant de 50 à 75 % des coûts. Plus précisément, les agriculteurs désirant investir pour l'implantation de SCI bénéficient d'un paiement d'environ 125 dollars américain par hectare pour les trois premières années. Il est à noter que seulement un maximum de 50 % de la superficie sous culture peut être admissible à ce financement. (Godsey, 2005)

Le *Conservation Security Program* a été créé suite à la réforme du projet de loi agricole de 2002 pour financer les agriculteurs ayant des pratiques durables, tel que contrer l'érosion des sols, réduire les produits phytosanitaires et les fertilisants et créer des habitats (Lehrer, 2009; De Baets, 2007). Il correspond au *Conservation Stewardship Program* du projet de loi agricole de 2008 encore en vigueur aujourd'hui. Ce n'est qu'au cours de l'année 2012 que le projet de loi sera révisé (National Association of State Foresters (NASF), 2012). Ce programme traite explicitement des SCI et envisage les considérations sociales et environnementales des pratiques. Les modalités d'éligibilité sont variables selon les

objectifs de conservation des agriculteurs (Godsey, 2005). Encore une fois, le financement fait défaut et cela oblige la priorisation de zones critiques (Lehrer, 2009). Une telle situation peut entraîner des répercussions négatives quant à la promotion de l'agroforesterie, car certains producteurs n'étant pas priorisés risquent d'abandonner leur projet.

**Tableau 2.1 Description des programmes fédéraux de support aux agriculteurs pour les pratiques agroforestières (Garrett and Buck, 1997).**

Programmes	Description
<i>South-Central Family Farm Research Center</i>	Vise à concevoir et évaluer les systèmes agroforestiers possibles selon le contexte socio-économique et environnemental de la région au sud des Appalaches.
<i>Stewardship Incentive Program</i>	Partage les coûts d'implantation des pratiques agroforestières dans les forêts privées non industrielles.
<i>Agricultural Conservation Program</i>	Partage les coûts et assiste les producteurs qui intègrent les arbres à leurs pratiques agricoles pour fin de conservation. Plusieurs espèces d'arbres sont disponibles à partir de pépinières financées par le programme.
<i>Environmental Easement Program</i>	Il s'agit d'un programme public d'acquisition de terres privées afin d'assurer la conservation des terres pour une longue période. Le propriétaire voit ses activités d'intervention dans le milieu restreintes.
<i>Conservation Reserve Program</i>	Finance les producteurs pour qu'ils ne cultivent pas pendant 10 ans les terres qui subissent fortement l'érosion des sols. Partage les coûts d'implantation des SCI et offre des rentes.
<i>Sustainable Agricultural Research and Education</i>	Finance divers projets de recherche d'intérêt et subventionne les producteurs.
<i>Environmental Quality Incentive Program</i>	Partage les coûts d'implantation des SCI et offre certaines primes aux producteurs.
<i>Conservation Security Program</i>	Partage les coûts d'implantation des SCI et offre des rentes.
<i>Forest Land Enhancement Program</i>	Partage les coûts d'implantation des SCI.

Le *Forest Land Enhancement Program* est une initiative du USDA Forest Service qui a lui aussi pris forme lors de la réforme du projet de loi agricole de 2002. Ce programme vise l'atteinte de sept objectifs, dont l'expansion des pratiques agroforestières, incluant les SCI. Pour bénéficier du partage des coûts d'implantation, il est nécessaire d'être un propriétaire forestier d'une terre ayant minimalement 4 ha et de collaborer avec des conseillers pour élaborer un plan d'aménagement conforme aux pratiques priorisées. Le programme doit souvent affronter des problèmes de financement, ce qui retarde la création des projets. (Godsey, 2005)

Plus récemment, en 2010, une équipe spécialisée en agroforesterie (Interagency Agroforestry Team) a été mandatée pour développer le *USDA Agroforestry Strategic Framework* (Mason, 2011). L'équipe est constituée de membres de cinq associations : USDA Farm Service Agency, USDA Agricultural Research Service, National Institute for Food and Agriculture, National Association of State Foresters et National Association of State Conservation Districts (Fisher, 2011). Ce plan vise le développement rural, la production agricole durable et l'amélioration de la qualité de l'eau (*ib.*).

Outre le gouvernement fédéral, plusieurs états ont développé eux-mêmes des programmes visant la promotion des pratiques agroforestières, tel que New York, New Jersey et Indiana. Plus spécifiquement, six états ciblent explicitement les SCI. Les programmes de ces derniers sont indiqués au tableau 2.2. Actuellement, dû à la difficulté de financer ces programmes, plusieurs de ces états ont choisi de simplement appliquer les programmes fédéraux, comme le *Conservation Reserve Program* (Nebraska Forest Service, 2012). Toutefois, d'autres états ont poursuivi leur programme agroforestier. Dans le cas du Missouri, le succès des premiers investissements a poussé cet état à instaurer deux autres programmes pour supporter les SCI (Godsey, 2005).

Les pratiques agroforestières se retrouvant aux États-Unis consistent essentiellement aux cinq systèmes reconnus par l'AFTA et décrits précédemment. Aussi, les SCI sont davantage répandus dans l'ouest et le sud du pays. Les expériences américaines ont démontré que le bois produit en SCI a une qualité supérieure à ce qui est produit en milieu forestier (Garrett and Buck, 1997). De plus, les revenus sont à la hausse lorsque le SCI est complexe (association et complémentarité des espèces optimales) et qu'il se trouve sur un

sol de qualité. Les usages répertoriés des SCI sont variés. Mentionnons la combinaison d'une céréale (*Panicum virgatum*) avec des peupliers pour produire de l'énergie à partir de la biomasse ligneuse au Mississippi (Blazier *et al.*, 2011) ou encore la production de grandes cultures (maïs et soya) et de noyers de grande valeur au Missouri (Fisher, 2011). L'Alabama oriente une bonne partie de sa production vers les associations de pacaniers et de pommes de terre, alors qu'en Géorgie ce sont différentes céréales ou encore des pêchers qui remplacent les pommes de terre dans ce système (Williams and Gordon, 1992).

**Tableau 2.2 Description des programmes de promotion des SCI de six états américains (Kurtz, 2000; Garrett and Buck, 1997).**

États	Description du programme
Missouri	Instauré en 1990; partage des coûts d'implantation jusqu'à 75 % et paiement annuel.
Iowa	Instauré en 1990; partage des coûts d'implantation jusqu'à 75 % (valeur monétaire plafond).
Maryland	Instauré en 1984; partage des coûts jusqu'à 87,5 % (valeur monétaire plafond).
Nebraska	Instauré en 1986; partage des coûts jusqu'à 90 %.
Virginie	Instauré en 1984; partage des coûts jusqu'à 75 % et paiement annuel à l'hectare en fonction des pratiques.
Dakota du sud	Instauré en 1985; partage des coûts et paiement annuel.

Les programmes d'éducation et de formation dans les collèges et les universités sont relativement plus développés qu'ailleurs dans le monde; le Missouri étant l'une des têtes d'affiche dans le domaine (Garrett and Buck, 1997).

L'une des limites sociales importante vis-à-vis de l'expansion de l'agroforesterie aux États-Unis concerne le fait que les agriculteurs préfèrent poursuivre leurs exploitations comme ils l'ont toujours fait, soit en perpétuant la ségrégation des usages des terres (*ib.*). Toutefois, les pressions sociales semblent avoir un impact non négligeable sur les agriculteurs qui désirent s'ajuster jusqu'à un certain point aux demandes du marché.

## **2.2 Dans les provinces canadiennes**

Le Canada a, lui-aussi, subi les contrecoups de l'étalement des monocultures, de l'agrandissement des fermes et de la mécanisation à grande échelle des activités agricoles (Gordon *et al.*, 2008). C'est par nécessité que certaines régions ont dû se tourner vers l'agroforesterie pour résoudre des problématiques environnementales. Toutefois, les systèmes les plus communs demeurent les haies brise-vent et les bandes riveraines (*ib.*). De façon générale, peu d'intérêt est porté envers les SCI. Le gouvernement fédéral a créé le Centre du développement de l'agroforesterie, basé en Saskatchewan, qui est supervisé par la Direction générale des services agroenvironnementaux d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) (AAC, 2011a). Ce Centre du développement de l'agroforesterie a pour mandat de développer la recherche, d'orienter le transfert des technologies et d'assurer la production et la distribution d'arbres afin de permettre une gestion durable des exploitations agricoles du Canada (*ib.*). Leurs études expérimentales sont orientées en deux axes principaux, soit la meilleure compréhension des pratiques agroforestières (répercussions et fonctions, plan d'aménagement et intégration des paysages) et l'amélioration de la santé et du rendement des arbres (génétique, biologie et culture des espèces) (*ib.*).

### **2.2.1 Colombie-Britannique**

Les premiers systèmes agroforestiers à être introduits en Colombie-Britannique sont les systèmes sylvopastoraux. L'expansion de ces pratiques a surtout eu lieu autour des années 1960, époque à laquelle l'exploitation forestière a connu un tournant majeur (Powell *et al.*, 2011). Des problèmes de régénération forestière ont suivi dans les années 1970 (*ib.*). Cependant, les bénéfices procurés par les systèmes sylvopastoraux ont incité les gouvernements à investir pour un développement durable et intégré des exploitations agricoles. L'avantage prépondérant présenté aux agriculteurs concerne la possibilité d'obtenir des revenus autant à court qu'à long terme (Federation of British Columbia Woodlot Associations, 2012).

C'est dans ce contexte que l'Agroforestry Industry Development Initiative (AIDI) de la Colombie-Britannique a été créé et financé par AAC sous le *Programme canadien d'adaptation agricole* (PCAA). L'objectif de l'AIDI est de porter assistance au développement des pratiques agroforestières en favorisant la communication entre les

intervenants et en partageant les connaissances acquises dans le domaine (*ib.*). Dans le cadre de ce mandat, un premier plan stratégique pour l'industrie agroforestière de la Colombie-Britannique a été adopté pour la période de 2003 à 2008 (Powell, 2009). Cette première initiative visait principalement à établir les communications entre les agences gouvernementales provinciales, les consultants des secteurs privés, les communautés, les organismes de conservation et les producteurs, ainsi qu'à mettre en place un réseau de sites de démonstration. De plus, dès le départ, le développement d'outils économiques était préconisé afin de fournir des prévisions de rendement aux producteurs. C'est ainsi que le *BC Sustainable Agroforestry Calculator* a été créé pour faciliter la gestion du potentiel des systèmes agroforestiers dans cette région du Canada (Sipos, 2005). Cet outil considère à la fois les indicateurs écologiques, sociaux et économiques.

Au niveau social, un point important concerne le fait que dans toutes les étapes du processus, les intérêts des parties prenantes sont toujours sérieusement considérés et les actions instaurées sont adaptées en conséquence. C'est de cette manière qu'il a été possible de déterminer que les SCI sont les systèmes agroforestiers les moins connus, et ce, autant auprès des producteurs que des différentes organisations impliquées. De plus, les Premières Nations doivent, par obligation légale, être consultées pour les aménagements prévus sur les terres de la Couronne afin de considérer leurs besoins distincts. (Powell, 2009)

Ainsi, ce premier plan servait à mettre la table pour le deuxième volet préconisant un développement intégré de l'agroforesterie de 2009 à 2013 (*ib.*). Dans cette seconde version, les SCI sont spécifiquement définis et recommandés.

Les deux plans stratégiques ont été financés par un partenariat entre les gouvernements fédéral et provincial, soit respectivement Agri-Food Futures Fund et Investment Agriculture Foundation of British-Columbia (*ib.*).

Toujours dans le cadre du plan stratégique, plusieurs limites au développement de l'agroforesterie en Colombie-Britannique ont été identifiées, soit les réglementations complexes, les incertitudes économiques liée à la crise actuelle, les fluctuations du marché du bois, les changements climatiques qui pourraient influencer les rendements des cultures

et le manque de support et de partage des connaissances (tel l'absence de programmes de formation professionnelle en agroforesterie) (Powell, 2009).

### **2.2.2 Prairies**

Depuis le début du siècle dernier, les trois provinces des prairies ont su tirer avantage des bénéfiques environnementaux procurés par les pratiques agroforestières. Dans cette région du Canada, les problématiques de sécheresse jumelées à l'érosion des terres étaient la cause de perte massive des sols agricoles (Pollock and deGooijer, 2011). Des épisodes de plantations intensives de haies brise-vent en bordure des terres cultivées ont d'abord eu lieu en Saskatchewan. En 1935, dû à la nécessité d'effectuer rapidement une gestion de ces pratiques à grande échelle sur le territoire, le Field Shelterbelt Association a été créé (*ib.*). La première année de sa mise en place, ce sont 91 000 arbres qui ont été plantés. Puis seulement deux ans plus tard, étant donné la gravité de la situation liée à l'érosion des sols, le nombre d'arbres plantés a plus que décuplé pour atteindre un million (*ib.*). Jusqu'à aujourd'hui, cette association a poursuivi ses activités, bien que depuis une trentaine d'années ce soit dans une moindre mesure. En effet, la mécanisation a entraîné le changement des pratiques agricoles et a conduit à l'élimination systématique des arbres en bordure des champs (*ib.*). Afin d'éviter un retour aux conditions précaires des terres agricoles, il est maintenant nécessaire de redoubler d'effort pour mettre en valeur le rôle de l'arbre en milieu rural.

Au Manitoba, la demande industrielle en bois d'œuvre n'a jamais été suffisamment importante pour générer des retombées significatives pour les producteurs. Toutefois, grâce au *Plan d'action sur les changements climatiques* de la province, l'intérêt pour la plantation d'arbres afin d'assurer la qualité des habitats était grandissant. C'est dans ce contexte que l'*Agro Woodlot Program* du Manitoba a été lancé en 1992 afin de valoriser l'insertion des arbres dans les champs. Plus spécifiquement, ce sont les haies brise-vent et le sylvopastoralisme qui y sont visés (Manitoba Agriculture, Food and Rural Initiatives, 2012). De plus, Keystone Agricultural Producers, une association d'agriculteurs manitobains, a mis sur pied avec Delta Waterfold, un organisme basé au Manitoba et voué à la protection de la sauvagine, le projet *Alternate Land Use Services*. Cette initiative consiste à implanter des projets pilotes notamment au Manitoba et en Saskatchewan pour

inciter les producteurs à produire des biens et services environnementaux. De ce fait, une variété de pratiques culturales est valorisée, dont l'agroforesterie comme pratique permanente essentiellement sous forme de bandes riveraines et de haies brise-vent. Depuis 2004, AAC finance aussi la création de projets pilotes de ce genre à l'échelle du Canada, et ce, d'abord sous le *Programme pour l'avancement du secteur canadien de l'agriculture et de l'agroalimentaire* (AAC, 2011b). Pour la période 2009-2014, ce programme a été remplacé par le PCAA qui a essentiellement les mêmes objectifs. (De Baets, 2007)

Dans le nord de l'Alberta, des sites de démonstration de SCI composés de peupliers hybrides associés au fourrage ont été instaurés en 2009 (Macaulay *et al.*, 2011). Cette expérimentation a pour but d'évaluer les impacts de ces pratiques au niveau des accumulations de neige, de l'humidité et de la compaction des sols, ainsi que de la productivité ligneuse. Le comportement du bétail est aussi à l'étude dans les cas où les parcelles font l'objet de sylvopastoralisme (*ib.*).

Afin de bénéficier rapidement des avantages procurés par les arbres, ce sont les peupliers hybrides à croissance rapide qui sont préconisés depuis plusieurs années dans les prairies (AAC, 2011a). Les études réalisées par le Centre du développement de l'agroforesterie d'AAC en Saskatchewan et au Manitoba pour des essais agroforestiers où les champs sont ceinturés d'arbres démontrent une augmentation des rendements de 3,5 % pour le blé et de 6,5 % pour la luzerne (*ib.*). Bien que ce ne soit pas des SCI, le potentiel d'un rendement supérieur et de la mitigation des impacts environnementaux liés aux exploitations agricoles semble être prometteur.

L'absence de définition consensus de l'agroforesterie pour l'ensemble du Canada pose problème particulièrement pour les prairies, car les systèmes agroforestiers extensifs ne sont pas reconnus. En effet, en Saskatchewan, les plantations d'arbres à croissance rapide à de hautes densités sur des lots agricoles sont considérées comme des pratiques agroforestières, alors qu'il y a une nette dissociation des exploitations ligneuses et des cultures agricoles (Oelbermann *et al.*, 2004). En Alberta, certaines associations, tel l'Agroforestry and Woodlot Extension Society, utilisent le terme agroforesterie dans leur mandat et leurs objectifs, mais sans en définir exactement les limites (Agriculture and Rural Development – Government of Alberta, 2012). Ainsi, il y a une reconnaissance de plus en

plus grande de l'agroforesterie, mais le concept demeure encore nébuleux au niveau des organisations. Enfin, les SCI demeurent rarissimes à l'exception des activités scientifiques.

### **2.2.3 Ontario**

Depuis 1987, des expérimentations sur les systèmes agroforestiers sont réalisées en Ontario, et ce, autant sur les haies brise-vent, les bandes riveraines, les SCI que les systèmes sylvopastoraux. Toutefois contrairement aux autres régions canadiennes, les plus étudiés demeurent les SCI (Thevathasan and Gordon, 2004). En fait, trois principaux groupes investissent temps et énergie en faveur du développement des SCI.

Premièrement, les chercheurs de l'Université de Guelph ont initié les premiers dispositifs expérimentaux en 1987 et 1988 sur une superficie totalisant 56 ha (Dupraz, 1994a). Jusqu'à aujourd'hui, ce sont une dizaine d'espèces d'arbres (telles que l'érable argenté, le noyer noir, l'érable à sucre, le frêne d'Amérique et le chêne rouge) combinés à trois types de cultures annuelles (soit le maïs, le soya et le blé d'hiver) qui ont été testés (Thevathasan and Gordon, 2004). Cela a permis de déterminer les associations d'espèces optimales en fonction des conditions d'exploitation. Les résultats sont probants : la teneur en matière organique, la diversité des oiseaux et des insectes et l'abondance des vers de terre sont supérieurs dans les SCI à ce qui est retrouvé dans les systèmes agricoles courants (*ib.*). À cela s'ajoute également un potentiel de séquestration du carbone de quatre fois supérieur, une réduction des fertilisants azotés et des rendements de production équivalents (*ib.*). Des analyses économiques ont aussi été effectuées pour évaluer la rentabilité des SCI. Les conclusions indiquent que ces pratiques sont profitables lorsque les taux d'intérêts sont inférieurs à 5 %, mais cette donnée est sujet à changement selon les espèces d'arbres utilisées (fluctuation des valeurs sur le marché du bois) (Gordon *et al.*, 2008). De plus, dans ces projets, le partage des connaissances a été un facteur de premier plan, puisqu'environ la moitié des parcelles d'essai ont été mises en place en terre privée chez les producteurs (Dupraz, 1994a). Aussi, il existe un centre de formation en agroforesterie sur l'un des campus de l'Université de Guelph depuis 1991, soit l'Agroforestry Education Centre. Leurs programmes s'adressent à la plupart des intervenants dans le domaine : producteurs, grand public, industries et agences gouvernementales (University of Guelph, 2009). Dans la même optique, l'Université de Guelph organise couramment des visites guidées de ses

installations pour les associations d'agriculteurs et les autres départements de recherche afin d'assurer le transfert du savoir technique (Gordon *et al.*, 2008).

Deuxièmement, le ministère des Ressources naturelles de l'Ontario a aussi commencé à initier des sites de démonstration de SCI à partir des années 1991. Les premières espèces étudiées étaient similaires à celles de l'Université de Guelph, mais de nouvelles associations ont suivi. En effet, les peupliers hybrides ont été combinés avec des cultures de pommes de terre, de choux et de courges. (Williams and Gordon, 1992)

Troisièmement, certains producteurs ontariens ont utilisé activement les SCI sur leurs terres agricoles et leurs associations sont composées d'éléments précurseurs pour le Canada. Plusieurs ont développé une variété de cultures maraîchères (tomates, citrouilles, maïs sucré et fraises) entre des rangées de pêchers dans la péninsule du Niagara (*ib.*).

Malgré toutes ces initiatives au cours des dernières décennies, le développement des SCI est limité en Ontario dû aux modèles de financement du gouvernement pour les agriculteurs qui ne considèrent pas les externalités des biens et services environnementaux procurés par l'agroforesterie (Thevathasan and Gordon, 2004). Une meilleure évaluation des coûts et des bénéfices réels à court et long terme pourraient permettre de valoriser davantage les SCI en réduisant les facteurs d'incertitude pour les producteurs.

### **2.3 Au Québec**

Dans la belle province, aucun projet d'expérimentation des SCI n'a été réalisé de façon structurée par des organisations avant les années 2000. Bien que certains centres de recherche œuvrent dans ce domaine depuis plusieurs années, ce n'est qu'en 2004 que l'un d'eux a obtenu une reconnaissance officielle de la Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation de l'Université Laval: le GIRAF (GIRAF, 2011). La même année, le Centre d'expertise sur les produits agroforestiers (CEPAF) a été créé. Il s'agit d'un organisme à but non lucratif ayant pour objectif de:

*«Contribuer au développement durable de l'agroforesterie et des PFNL dans les communautés rurales du Québec, en offrant des services axés sur les besoins de cette industrie québécoise en émergence».* (De Baets et Lebel, 2007, p. 31)

Le rôle du CEPAF est donc complémentaire au mandat de recherche et développement du GIRAF, puisqu'il s'attarde davantage à fournir des services conseils en ce qui a trait à la production et la transformation des produits agroforestiers, ainsi qu'à la diffusion de l'information pour favoriser les partenariats entre les différents intervenants (De Baets et Lebel, 2007).

Au Québec, il existe trois sites expérimentaux de SCI. L'un d'eux a été initié à l'an 2000 à Saint-Rémi en Montérégie et les deux autres en Mauricie, soit en 2001 à Saint-Édouard-de-Maskinongé et en 2004 à Saint-Paulin (Bergeron *et al.*, 2011; Bambrick *et al.*, 2010). Divers projets se sont succédé à ces sites lors des années subséquentes. Dans le cas de la combinaison de peupliers hybrides à croissance rapide et de cultures de soya, il a été déterminé que le type de clone de peuplier, l'espacement entre les arbres sur une même rangée ainsi qu'entre les différentes rangées, l'orientation des parcelles et les traitements sylviculturaux choisis entraînent une réduction des effets négatifs de la compétition pour les ressources entre les composantes du système (Rivest *et al.*, 2009). D'autres expérimentations sur des systèmes similaires combinant peupliers hybrides et/ou feuillus nobles avec des cultures de soya, de blé, de canola ou de maïs ont démontré l'augmentation de la biomasse microbienne du sol et une hausse de la fertilité du sol en azote (Bambrick *et al.*, 2010; Rivest *et al.*, 2010). De plus, dans un cas, la surface équivalente agroforestière obtenue était de 2,4, (*ib.*) ce qui est comparable aux valeurs supérieures atteintes dans les études françaises et chinoises (Dupraz et Liagre, 2011; Huang *et al.*, 1997).

De 2005 à 2009, la Municipalité Régionale de Comté (MRC) du Rocher-Percé a été l'hôte d'un projet agroforestier d'envergure consistant en la mise en place d'un réseau de 14 sites de démonstration, dont trois spécifiquement pour étudier les SCI (Anel, 2009). Il est important de noter que ce sont surtout des exploitations d'élevage qui se retrouvent dans cette région (De Baets, 2007). Cela explique en partie pourquoi il n'y a pas davantage de SCI instaurés. Ces trois systèmes associaient une production fourragère et des arbres sur des rangées espacées de 25 mètres (*ib.*). L'objectif premier de ce projet cible la mise en valeur de l'espace rural de la MRC en soutenant une agriculture multifonctionnelle. En fait, ces systèmes multifonctionnels visent à concilier à la fois les intérêts des propriétaires et ceux des agriculteurs qui louent les terres (Anel, 2009). Les premiers peuvent tirer des

revenus de la plantation d'arbres à long terme, alors que les seconds bénéficient de revenus annuels issus des cultures de céréales. Des SCI novateurs pour le Québec combinant arbustes et productions maraîchères, tels que le sureau blanc et la pomme de terre ou encore l'amélanchier et la courge d'hiver, sont aussi à l'essai dans cette région (De Baets et Lebel, 2007). La nouveauté réside dans le fait que les espèces arbustives produisent des petits fruits qui génèrent aussi un revenu sur une base annuelle (De Baets, 2007). Cela est un facteur d'importance lorsque l'on considère que 13 producteurs de cette région sur 26 sont prêts à innover en changeant leurs pratiques culturales à la condition que ce soit plus payant que leurs exploitations actuelles (Anel, 2009). Ajoutons qu'une forte réticence provient des agriculteurs les plus âgés qui sont rébarbatifs aux investissements et au changement (*ib.*).

Le secteur forestier a aussi initié le développement de projets agroforestiers pour résoudre un conflit d'utilisation du territoire dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean vers la fin des années 1990. En effet, la Corporation d'Aménagement Forêt Normandin (CAFN), un organisme sans but lucratif, a réussi à concilier la production de matières ligneuses et de bleuets dans cette région. Trois des quatre techniques développées correspondent à la définition de l'agroforesterie et s'assimile aux SCI. Premièrement, les bleuetières par mini bandes reboisées consistent à aménager, après récolte entière de la superficie boisée, des bandes de forêt et bleuets à des largeurs régulières de 5 à 15 mètres. Deuxièmement, les bleuetières par mini bandes alternées sont composées de bandes de 30 ou 40 mètres de forêt et de bandes de 15 ou 20 mètres de bleuets. Troisièmement, les bleuetières par bandes alternées permettent l'insertion de bandes de 42 mètres de forêt entre des bandes de 60 mètres de bleuets. Il est à noter que l'interrelation entre les composantes de ce type de SCI diffère de ce qui peut se retrouver dans les systèmes impliquant l'alternance d'une seule rangée d'arbres. De plus, l'exploitation est intensive plutôt qu'extensive (De Baets *et al.*, 2007). Toutefois, plusieurs des bénéfices environnementaux sont similaires dans les deux cas, notamment en ce qui a trait à la régularisation du couvert de neige et à la protection des cultures contre les forts vents (CAFN, s. d.).

D'autres organismes sans but lucratif comme CAFN se sont regroupés sous la bannière de l'Agence de gestion intégrée des ressources (AGIR) et assistent les producteurs dans l'établissement de plans d'aménagement de bleuetières de type forêt-bleuet (AGIR, 2010).

Suivant cette initiative, le ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec (MRNF), en collaboration avec le Service canadien des forêts, a appuyé le développement du concept forêt-bleuet dans quatre régions du Québec, soit la Gaspésie, le Saguenay-Lac-Saint-Jean, la Côte-Nord et la Mauricie (De Baets *et al.*, 2007). De nos jours, il y a donc environ 2 000 ha de forêt-bleuet répartis sur le territoire.

Actuellement, les instances gouvernementales québécoises ne reconnaissent pas encore officiellement les systèmes agroforestiers et donc encore moins les SCI. Seules les haies brise-vent et les bandes riveraines sont éligibles à certains programmes incitatifs. De façon détournée, le *Programme de mise en valeur de la forêt privée du MRNF* pourrait dans certaines situations particulières s'appliquer aux SCI, bien qu'il y ait de fortes résistances (*ib.*). Enfin, selon les objectifs du projet agroforestier, certains organismes pourraient aussi être intéressés à verser des fonds, mais cela n'est pas encore devenu pratique courante.

Au Québec, un seul programme de formation en agroforesterie existe à l'Université Laval depuis quelques années. Il s'agit de la maîtrise en agroforesterie qui couvre autant les systèmes tempérés que tropicaux (Université Laval, 2012). De ce fait, les agriculteurs québécois n'ont pas facilement accès à des conseillers expérimentés en SCI.

À la lumière de ce bref constat, les principales faiblesses associées à l'implantation de l'agroforesterie au Québec concernent les manques de financement, de communication entre les intervenants, de connaissances techniques, de reconnaissance institutionnelle, ainsi que de la formation professionnelle limitée dans ce domaine (De Baets *et al.*, 2007).

### 3 ÉTUDE DE CAS AU QUÉBEC

Faire connaître les SCI auprès des producteurs québécois passe d'abord et avant tout par la capacité de comprendre les procédés d'implantation et d'entretien de ces systèmes, ainsi que leurs processus de fonctionnement (interrelations des composantes). Pour ce faire, l'examen d'un site expérimental de SCI en Mauricie est réalisé, dans un premier temps, afin de mieux concevoir les implications techniques suivant l'implantation d'un SCI pour les producteurs québécois. De plus, cette étude permet de comparer la productivité ligneuse de deux cultivars de peupliers hybrides, ainsi que la productivité obtenue pour la culture intercalaire selon différents espacements et choix d'espèces d'arbres.

Ensuite, l'analyse de la productivité des parcelles selon les paramètres de l'étude, ainsi que des interactions entre les composantes du système permet d'identifier l'ensemble des avantages et inconvénients directs. Cela non seulement pour l'étude de cas dont il est question, mais aussi de façon générale pour une diversité de SCI. En fait, les types d'aménagement mis en place sont fonction des objectifs du producteur selon les conditions particulières du site. Certains éléments peuvent donc être favorisés par rapport à d'autres selon le cas.

Enfin, il est impossible de passer outre les analyses économiques qui sont essentielles au producteur pour prévoir la rentabilité du système. Néanmoins, une difficulté réside dans le fait que la majorité des analyses n'ont d'autre choix que de se baser sur des modélisations dû à la faible quantité de données et à la relative jeunesse des sites expérimentaux. Les résultats varient considérablement selon les paramètres utilisés et le type de SCI (choix d'espèces, type d'aménagement, etc.) (Rivest et Olivier, 2007). De plus, chacun des modèles sont spécifiques à certaines pratiques agroforestières. À titre d'exemple pour les haies brise-vent, le programme WBECON a été développé et utilisé par le Centre du développement en agroforesterie d'AAC en se basant particulièrement sur les paramètres techniques du site, soit la direction du vent, la localisation géographique, la superficie sous culture, les espèces d'arbres et de cultures choisies, le type d'aménagement des brise-vent (orientation et nombre) et les caractéristiques pédologiques (Brandle and Kort, 2000). Les résultats sont dépendants du taux d'actualisation choisi et permettent de dégager les bénéfices annuels jusqu'à la maturité des arbres, ainsi que le rendement des cultures. Il est à

noter que les coûts initiaux d'implantation du système et les coûts récurrents d'entretien sont aussi inclus. Au Québec, l'unique outil de simulation des impacts économiques de pratiques agroforestières a été développé plus particulièrement pour les haies brise-vent et les bandes riveraines (Vézina *et al.*, 2011). La principale différence avec les autres modèles existants concerne le fait que certains des biens et services environnementaux (BSE) sont chiffrés, dont la séquestration du carbone. Le prix pour les crédits de carbone produits correspond à 7,50 \$ la tonne (*ib.*). De plus, les économies liées à la réduction des pertes de sol devraient aussi être ajoutées sous peu.

Les analyses de sensibilité ont confirmé l'importance de la hausse de la rentabilité que permettrait l'intégration des valeurs non-marchandes liées aux externalités positives des SCI (Rivest et Olivier, 2007). Puisque peu d'études se sont concentrées sur ce sujet, la section 3.3 vise à analyser ces externalités provenant des BSE pour identifier les options envisageables afin d'intégrer ces valeurs aux futures analyses économiques.

### **3.1 Description du site et des paramètres de l'étude**

Le site expérimental de SCI a été mis en place en 2004 chez un producteur privé de la municipalité de Saint-Paulin dans la MRC de Maskinongé en Mauricie. À titre indicatif, cet endroit présente une température annuelle moyenne de 4 °C et des précipitations annuelles moyennes de 1 113 mm (Bambrick *et al.*, 2010). De plus, le sol du site présente une faible acidité avec un pH de 6,2 et une texture correspondant au loam (mélange de sable, de limon et d'argile). Enfin, le Système Canadien de Classification des Sols qualifie le sol comme un brunisol dystrique ayant un potentiel modéré pour l'agriculture (*ib.*).

Le site comprend quatre parcelles principales séparées chacune en deux blocs de 900 m<sup>2</sup> correspondant aux sous-parcelles (annexe 1). Lors des trois premières années d'expérimentation, sur chacune des parcelles, la moitié de la superficie était exploitée sous forme de SCI, alors que l'autre était seulement recouverte d'un nombre d'arbres équivalent, mais sans la présence de la culture intercalaire. Il s'agissait plutôt d'entretiens annuels au vibroculteur (hersage) qui étaient effectués. Cela permettait de déterminer les facteurs limitant pouvant affecter la production ligneuse dû à la compétition entre arbre et culture. Lors des années subséquentes, le SCI a été appliqué à l'ensemble de la superficie à l'étude.

Ce SCI est une plantation mélangée qui combine à la fois des feuillus nobles (bois dur) et des peupliers hybrides (bois tendre). Ainsi, au niveau des sous-parcelles, les rangées d'arbres se succèdent aux 12 m. Plus précisément, une rangée de chênes rouges (*Quercus rubra*) est suivie d'une rangée de peupliers hybrides (*Populus* sp.) qui est, elle-même, suivie d'une rangée alternant les chênes rouges et les cerisiers tardifs (*Prunus serotina*). Tout cela en répétition, pour atteindre une densité d'environ 200 peupliers par ha et 139 feuillus nobles par ha. Sur une même rangée, les feuillus nobles sont distancés de 3 m, alors que les peupliers hybrides sont distancés de 2 m. Aléatoirement, certains espaces n'ont pas été plantés d'arbres afin de représenter les pratiques culturales courantes. La culture intercalaire annuelle a été modifiée d'année en année, en passant par l'avoine, le sarrasin et le canola. En 2011, la culture était essentiellement du fourrage composé de trèfle et de mil.

La combinaison de peupliers hybrides et de feuillus nobles est avantageuse pour le producteur, car elle permet de réduire les impacts de l'ombrage sur les cultures intercalaires. En effet, entre la quinzième et la vingtième année, les peupliers sont prêts à être récoltés s'ils ont atteints un diamètre à hauteur de poitrine (DHP) de 40 cm. À ce moment, seuls les feuillus nobles qui occupent davantage d'espace provoquent l'ombrage des cultures. Selon les essences choisies, les feuillus nobles ne seront récoltés qu'entre la cinquantième et la quatre-vingtième année. Il est à noter que deux éclaircies sont prévues pour permettre d'abord un espacement de six mètres entre les arbres d'un même rang, puis de 12 mètres.

Avant d'implanter un site semblable, plusieurs caractéristiques doivent être considérées en fonction des objectifs du producteur. D'abord, le choix des espèces ligneuses et herbacées à associer est l'élément principal. Elles doivent être adaptées au site, être compatibles entre elles et leurs caractéristiques doivent concorder avec les objectifs du producteur. Il est important de considérer les compétitions possibles entre les espèces à différents niveaux, soit la compétition racinaire pour l'eau et les nutriments, ainsi que la compétition pour la lumière. En effet, dans certains cas, la présence des arbres n'interfèrent pas avec l'assimilation des nutriments par les cultures, car les arbres vont puiser leurs ressources en profondeurs. C'est d'ailleurs ce qui a été démontré pour l'azote, alors que l'inverse a été observé pour le phosphore (Kho, 2000). Dans toutes les situations, il est évident que la

productivité est directement proportionnelle à la disponibilité initiale des ressources dans le sol (*ib.*). Une étude québécoise portant sur l'association de peupliers hybrides et de soya en SCI indique que les effets d'ombrage peuvent être contrôlés en ajustant le patron d'aménagement (espacement entre lignes d'arbres et entre les arbres d'une même rangée), ainsi qu'en choisissant les cultivars qui génèrent le moins d'ombrage (Rivest, 2008).

De plus, dans l'étude de cas présent, les rangées d'arbres ont été aménagées selon une orientation nord-sud afin d'assurer l'homogénéité de la luminosité pour la culture intercalaire. Cela évite les inégalités de croissance engendrant des délais imprévisibles au moment de la récolte. Bien sûr, cette orientation doit aussi être compatible aux autres caractéristiques physiques du site, tel la pente (Dupraz et Liagre, 2011). Le plan d'aménagement de ce site expérimental correspond à de l'agroforesterie extensive, aussi qualifiée d'évolutive. Cela s'explique par le fait que les conditions de croissance de la culture intercalaire, particulièrement en ce qui a trait à la luminosité, seront modifiées dû à la présence des arbres. Ainsi, il sera nécessaire de réduire la surface cultivée ou encore de choisir une autre espèce qui aura des conditions de croissance compatibles (*ib.*).

Enfin, lors des années suivant la plantation des arbres, il ne faut pas négliger l'entretien qui se présente sous différentes formes, soit la substitution des arbres morts, la maîtrise de la compétition, la protection contre les rongeurs (particulièrement lors des premières années), ainsi que la réalisation de tailles de formation et d'élagage pour assurer la qualité du bois et aussi le passage de la machinerie agricole. Contrairement aux croyances populaires, la machinerie agricole n'est pas une cause majeure de mortalité des arbres si la plantation a été préalablement aménagée en fonction de ce critère (Agroforesterie produire autrement, 2009). Aussi, les heures de travail nécessaires pour les entretiens ne dépassent pas de beaucoup les exigences pour les cultures agricoles pures. À titre d'exemple, pour une densité de 50 feuillus par ha, moins de trois heures par ha sont requises pour procéder aux entretiens annuels (Dupraz et Liagre, 2011).

L'analyse subséquente des rendements issus de la production ligneuse du site expérimental de Saint-Paulin tient uniquement compte des peupliers hybrides. Ces derniers ont atteint une taille appréciable en seulement sept ans. En septembre 2011, leur DHP présentait une moyenne de 14,6 cm avec un écart-type de 3,4 cm et leur hauteur moyenne observée était

de 10,1 m avec un écart-type de 1,4 m. Ces résultats diffèrent significativement de ceux produits par les feuillus nobles qui nécessitent une plus longue période de croissance. En effet, à titre d'exemple, le chêne rouge qui atteint à maturité un DHP d'environ 45 à 50 cm, avait en septembre 2011, un DHP moyen de 4,6 cm avec un écart-type de 1,6 cm et une hauteur moyenne de 3,7 m avec un écart-type de 0,8 m. La plus grande vitesse de croissance des peupliers hybrides par rapport aux feuillus à bois dur est donc clairement démontrée. En fait, ce sont deux cultivars provenant de croisements entre des peupliers deltoïdes (*Populus deltoïdes*) et des peupliers noirs (*Populus nigra*) menant aux clones DN-3570 originaire de Belgique et DN-3333 originaire d'Ontario (D'Orangeville *et al.*, 2007).

Le choix de ces deux cultivars a été basé sur des recommandations du ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF) qui assure l'approvisionnement en peupliers hybrides pour toutes les régions du Québec. Ses pépinières produisent annuellement 1,5 million de plants de peupliers pour répondre à la demande qui est à la hausse depuis 1998 (MRNF, 2012). Le MRNF expérimente depuis plus de 25 ans des centaines de clones. Initialement, l'objectif était de reboiser les forêts privées principalement dans le Bas Saint-Laurent (Dumont, 1997). Aujourd'hui, les industries agissant sur le territoire forestier public expérimentent une telle production. Aussi, certaines agences régionales établissent également des objectifs de reboisement en peupliers en fonction des catégories de terrains (*ib.*). Cela a permis de constituer une base de données associant les cultivars les mieux adaptés aux diverses zones écologiques du Québec (*ib.*).

Afin de comparer la productivité ligneuse des deux cultivars de peuplier hybride, une analyse de variance a été effectuée pour cinq caractéristiques, soit le DHP, la hauteur, les accroissements du DHP et de la hauteur au cours de l'année 2011 et la biomasse contenue dans le fût des arbres, partie éventuellement exploitable par l'industrie (tableau 3.1). Rappelons que le traitement fait référence au hersage ayant eu lieu sur certains blocs lors des trois premières années suivant l'implantation du système. Le seuil de significativité a été établi à une valeur *alpha* de 0,05. Il est à noter que le test présente une forte sensibilité avec des valeurs de  $R^2$  (coefficient de détermination) variant de 0,3 à 0,71.

**Tableau 3.1 Résultats de l'analyse de variance effectuée pour la comparaison des deux cultivars de peuplier hybride.**

Cultivar		DHP (cm)	Hauteur (m)	Accroissement du DHP (cm)	Accroissement de la hauteur (m)	Biomasse (kg)
3570		15,6	10,81	2,7	1,50	26,8
3333		13,7	9,41	2,8	1,48	20,7
ANOVA	d.l.	P > F	P > F	P > F	P > F	P > F
Traitement	1	0,2345	0,3634	0,1016	0,2189	0,3257
Clone	1	<b>0,0444</b>	<b>0,0031</b>	0,7024	0,8281	0,0519
Traitement X Clone	1	0,1363	0,0971	0,7441	0,9137	0,1326
R <sup>2</sup>		0,60	0,71	0,30	0,54	0,51

Ce test statistique a démontré une significativité pour les paramètres de DHP et de hauteur dénotant une différence de productivité associée à l'adaptabilité au site. Il est donc juste d'affirmer que les deux cultivars se distinguent au niveau de leur croissance au cours des ans, mais cette différence n'a pas pu être démontrée au cours de l'année de croissance de 2011. Ainsi, globalement, c'est le clone 3570 qui a été le plus productif. C'est d'ailleurs une relation qui avait déjà été observée dans le cadre d'une autre expérimentation québécoise (D'Orangeville *et al.*, 2007). Ce constat pourrait s'expliquer par le fait que le clone 3333 est davantage sujet aux gélivures en hiver ce qui affecte la croissance des arbres. Toutefois, ce phénomène ne se serait pas produit au cours des dernières années, d'où l'absence de différence de l'accroissement 2011 entre les deux clones (Cogliastro, 2012, commentaire personnel). De plus, il est possible que certains facteurs limitant liés à la prise de mesure aient biaisé les résultats relatifs à l'accroissement pour l'année 2011. Lorsque ces biais sont accumulés sur plusieurs années, le bilan global identifie tout de même une différence notable de croissance entre les deux cultivars.

En ce qui concerne la biomasse ligneuse, elle tient uniquement compte du bois composant le fût des arbres (exclusion des branches, des feuilles et des racines). Son estimation a été basée sur l'équation développée par Fortier *et al.* (2010), soit  $Y = 0,0531x^{2,2445}$  où Y correspond à la biomasse et x au DHP. De plus, cette équation a été élaborée à partir de données où le fût est limité en hauteur jusqu'à ce que le fin bout ait un diamètre de 3 cm et où les arbres présentaient des DHP variant entre 3,6 et 25,1 cm (Fortier *et al.*, 2010). Puisque le DHP moyen des peupliers du site de Saint-Paulin est de 14,6 cm avec un écart-

type de 3,4 cm, aucune extrapolation du modèle n'est nécessaire pour calculer la biomasse de l'étude présente. Bien que cette équation soit spécifique au clone 3570, elle a aussi été utilisée pour le clone 3333 dans cette étude. Cet élément peut constituer une limite à la juste évaluation de la biomasse. Alors, le tableau 3.1 indique que la variance pour la comparaison de la biomasse entre les clones dépasse à peine la limite supérieure du seuil de significativité (0,0519). Il y a donc tout de même une forte tendance à ce que la biomasse des fûts diffère entre les deux cultivars de peuplier hybride à l'avantage du cultivar 3570.

Au niveau de la productivité du fourrage, le tableau 3.2 met d'abord en évidence l'influence des conditions du site sur la croissance de la culture intercalaire. En effet, les parcelles occupées par les peupliers hybrides présentent une différence notable au bloc 4 où la biomasse de fourrage est environ deux fois plus élevée qu'ailleurs. Quant aux parcelles occupées par les chênes rouges, elles présentent aussi une variabilité de production du fourrage en fonction des blocs qui n'est toutefois pas proportionnelle aux valeurs des témoins. À ce sujet, le ratio indique le rapport entre la biomasse produite en présence d'arbres et celle des témoins. Le meilleur rendement est observé pour le bloc 2 des parcelles occupées par les chênes rouges où il atteint 92 % de la production des sites témoins.

**Tableau 3.2 Biomasse de fourrage produit à l'hectare sur les sites témoins et en présence de peupliers hybrides et/ou de chênes rouges.**

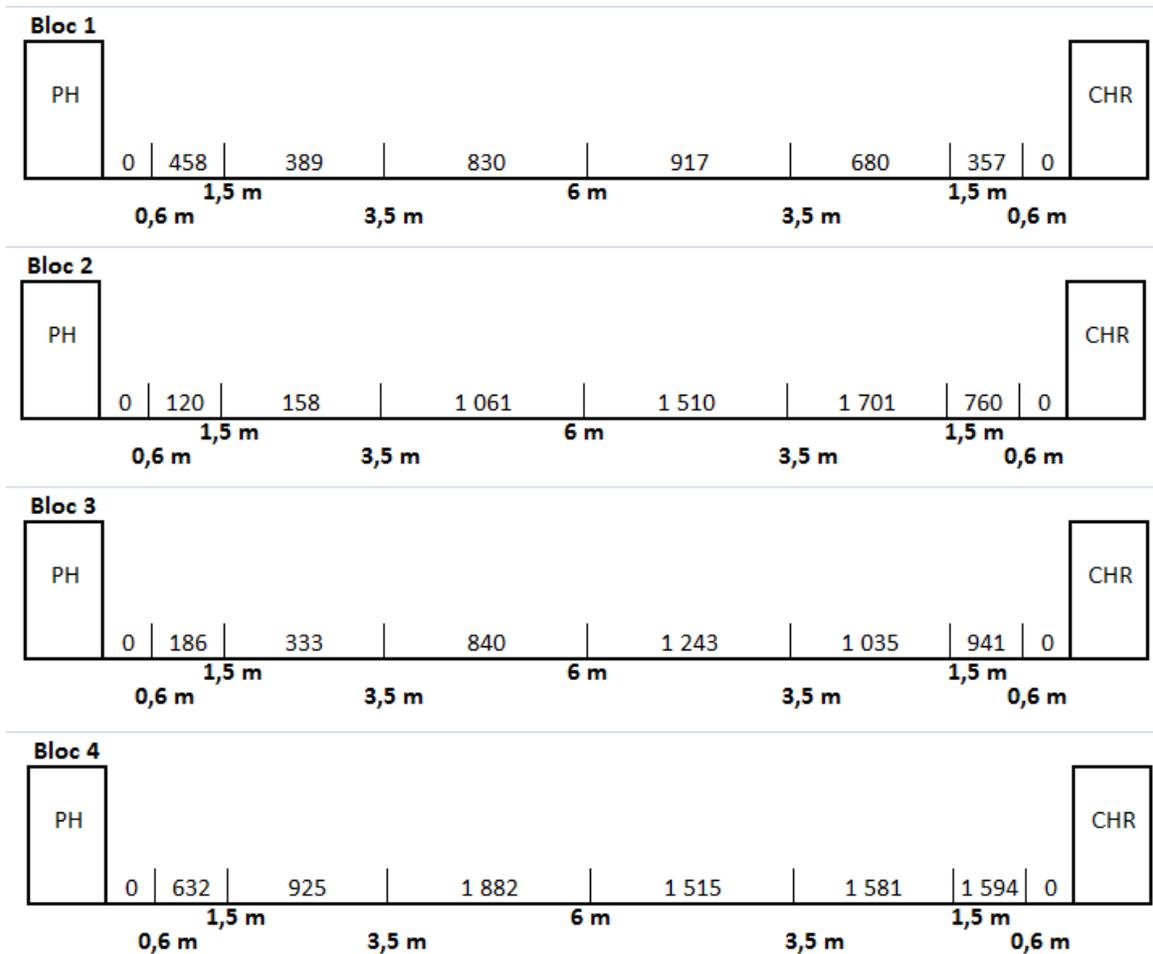
Bloc	Témoin	Peuplier hybride		Chêne rouge		Plantation mélangée	
	Biomasse (kg/ha)	Biomasse (kg/ha)	Ratio	Biomasse (kg/ha)	Ratio	Biomasse (kg/ha)	Ratio
1	13 440	5 457	0,41	6 630	0,49	6 044	0,45
2	14 240	5 158	0,36	13 096	0,92	9 127	0,64
3	17 560	4 904	0,28	10 049	0,57	7 477	0,43
4	18 240	11 902	0,65	13 971	0,77	12 937	0,71
Moyenne	15 870	6 855	0,43	10 937	0,69	8 896	0,56

De plus, la différence de biomasse entre les parcelles occupées par les peupliers et celles occupées par les chênes peut être expliquée par trois principaux facteurs. Premièrement, les deux essences n'ont pas le même stade de croissance. Deuxièmement, les densités d'arbres sur les rangées ne sont pas identiques. Troisièmement, les deux espèces n'interagissent

certainement pas de la même manière avec la culture intercalaire. En fait, les deux premiers facteurs influencent la disponibilité de la lumière pour le fourrage. Puisque les chênes rouges en sont à un stade de croissance plus jeune et ont un plus grand espacement sur une même rangée, ils produisent moins d'ombrage. Le troisième facteur est plus difficile à quantifier, puisque toutes les interactions possibles n'ont pas été mesurées dans cette étude.

Enfin, une dernière relation est mise en lumière à la figure 3.1 à la page suivante, où la production de fourrage est représentée en  $g/m^2$  pour certaines distances des lignes d'arbres. Il est à noter que la valeur est toujours nulle pour la distance de 0,6 m, puisque cette superficie correspond à la présence d'un paillis de plastique. En fait, cela démontre l'effet de proximité des arbres qui cause la réduction de la production des cultures intercalaires. Toutefois, dans tous les cas, la progression de la biomasse en fonction de l'éloignement des lignes d'arbres n'est pas proportionnelle. Dans un cas, soit du côté des chênes rouges dans le bloc 4, il y a même une constance de la productivité.

Bref, ces constats mènent à conclure que les productivités de matières ligneuses et de cultures intercalaires sont dépendantes à la fois des espèces choisies en fonction des conditions du site et du patron d'aménagement préconisé. Le contrôle des espacements et de la densité des arbres peut favoriser soit les cultures, soit les arbres selon les objectifs de rendement du producteur. Dans cette étude, les paramètres ne sont pas optimaux pour assurer la rentabilité du système : des espacements plus larges entre rangées et sur les lignes d'arbres devraient être testés.



**Figure 3.1 Représentation schématique indiquant la biomasse ( $\text{g/m}^2$ ) de fourrage produit en fonction de la distance des lignes de peupliers hybrides (PH) et de chênes rouges (CHR).**

### 3.2 Avantages et inconvénients directs

Suite à la démonstration concrète des implications techniques liées à la mise en place d'un SCI, il est maintenant possible de mettre en relief les principaux avantages et les quelques risques de contraintes sur les plans de l'environnement, de la société et de l'économie de ces systèmes agroforestiers. Advenant l'expansion des SCI sur le territoire québécois, les impacts positifs de ces prérogatives, selon le cas, se feront ressentir autant à l'échelle locale, régionale que globale dans les écosystèmes.

#### 3.2.1 Environnement

Au niveau de l'environnement, les avantages sont reliés, d'une part, à de nouvelles fonctions attribuables à l'insertion des arbres dans le système agricole et, d'autre part, aux

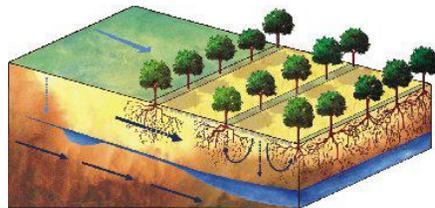
interactions écologiques entre les composantes de ce système. Les avantages se subdivisent en cinq principales classes. Premièrement, le potentiel de séquestration du carbone n'est pas négligeable dans le contexte des changements climatiques actuels et les répercussions des gaz à effet de serre au niveau mondial (Kohli *et al.*, 2008). Ainsi, en considérant les problématiques de déforestation des tropiques et l'utilisation de combustibles fossiles en région tempérée, il est d'autant plus évident que la séquestration du carbone devient un avantage majeur de l'agroforesterie (Oelbermann *et al.*, 2004). Les arbres agissent comme un puits de carbone grâce à leur capacité de l'accumuler dans leur biomasse autant souterraine qu'aérienne (Jose, 2009; Malézieux *et al.*, 2009). Bien que la capacité de séquestration du carbone soit légèrement plus faible en milieu tempéré que tropical, elle est directement liée au choix des essences d'arbres et évolue avec le temps selon les stades de croissance (Jose, 2009; Oelbermann *et al.*, 2004). Par exemple, une étude menée en Ontario sur un SCI a combiné une culture d'orge et de peupliers hybrides à une densité de 111 arbres à l'hectare. Les conclusions de la recherche indiquent qu'au bout de 13 ans d'exploitation, les peupliers ont permis la séquestration de 15,1 tonnes de carbone par hectare (Peichl *et al.*, 2006). Cela n'est pas sans importance, lorsque l'on considère qu'en 2009, les émissions de carbone attribuable au secteur agricole québécois se chiffraient à 6,45 millions de tonnes d'équivalent de CO<sub>2</sub> (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), 2011). Bref, dans ce cas, les répercussions positives seraient perceptibles de façon globale (Jose, 2009).

Deuxièmement, la fertilité du sol nécessaire pour la croissance des cultures est grandement améliorée par la présence des arbres, et ce, pour plusieurs des composantes pédologiques. En effet, les arbres provoquent des modifications quant aux propriétés physiques (amélioration de la structure, la porosité et la perméabilité), chimiques (réduction de l'acidité, de la salinité et de la sodicité) et biologiques (augmentation des activités microbienne et de l'activité enzymatique, amélioration de la minéralisation et de la fixation de l'azote et augmentation des populations d'invertébrés) des sols agricoles (Jose, 2009; Rivest et Olivier, 2007; Young, 1997). Plus exactement, les arbres fournissent, de par leur litière de feuilles et leurs résidus racinaires, une quantité essentielle de matière organique qui confère la fertilité aux sols (Dupraz et Liagre, 2011; Rivest et Olivier, 2007; Young, 1997). La matière organique procure aux cultures une part importante de leurs éléments

nutritifs nécessaires à leur croissance (Eichhorn *et al.*, 2006). Malgré la dépendance aux conditions du milieu, plusieurs études ont démontré une hausse de la teneur en azote (Kohli *et al.*, 2008; Johnson, 2006). Au centre de recherche de l'Université de Guelph en Ontario, la teneur en azote provenant de la litière de peupliers hybrides âgés de six ans en SCI a été évaluée à environ 7 kg/ha par année (Thevathasan and Gordon, 2004). Donc, dans un tel système l'utilisation des ressources est optimisée, puisque les nutriments ne sont pas rapidement perdus par ruissellement ou lixiviation comme c'est le cas lors de l'ajout de fertilisants chimiques. Au contraire, la nature du matériel foliaire favorise une décomposition graduelle. Dans une moindre mesure, le couvert de feuilles assure également une certaine protection des sols contre l'érosion éolienne et hydrique (Eichhorn *et al.*, 2006). Cet effet demeure plus prononcé lors des périodes où les cultures sont absentes ou lorsqu'elles en sont dans leur premier stade de croissance (*ib.*).

Troisièmement, la disposition régulière des arbres en rangées parallèles confèrent de nombreux bénéfices au système. Selon l'orientation de l'aménagement, il est possible de créer un effet brise-vent efficace pour garantir l'épaisseur du couvert de neige en hiver, contre l'érosion éolienne des terres, ainsi que limiter la dérive des pesticides dans l'air (Dupraz et Liagre, 2011; De Baets, 2007). Il est à noter que l'effet brise-vent comparativement à une haie vive se répartit sur toute la superficie agricole, mais qu'il peut être moins prononcé dû à la plus faible densité sur une même ligne d'arbres (Dupraz et Liagre, 2011). En fait, les arbres modifient le patron de distribution de la neige en réduisant son transport par le vent (Kort *et al.*, 2011; Anel, 2009). Cela est favorable à la réduction de la perte de neige par sublimation et permet donc une utilisation accrue par les cultures des apports d'eau printaniers provenant des précipitations hivernales par la recharge des nappes d'eau souterraines (Kort *et al.*, 2011; Pesant, 2005). La protection du champ agricole contre le vent est bénéfique non seulement pour la conservation des sols, mais aussi pour le rendement des cultures qui sont protégées des vents forts (Garrett *et al.*, 1994). De plus, les pertes d'eau du sol, par évaporation, et des plantes, par évapotranspiration, sont réduites (Eichhorn *et al.*, 2006; Pesant, 2005). De cette manière, les impacts lors des périodes de sécheresse sont atténués (Eichhorn *et al.*, 2006). Enfin, les corridors d'arbres modifient le microclimat notamment au niveau de l'humidité du sol et de la température ambiante (Avelino *et al.*, 2011; Garrett *et al.*, 1994).

Quatrièmement, les systèmes racinaires des arbres ont un rôle de premier plan dans la lutte contre l'érosion hydrique des sols (Kohli *et al.*, 2008). Cette problématique d'érosion causée par le ruissellement de surface et de subsurface est l'une des sources de la pollution diffuse des cours d'eau au Québec (MAPAQ, 2012). Par leur filet racinaire, les arbres facilitent l'infiltration de l'eau, captent les eaux de ruissellement et interceptent les éléments nutritifs qui sont emportés en profondeur par lixiviation (figure 3.1) (Dupraz et Liagre, 2011; Johnson, 2006). Au Québec, une étude, portant sur des SCI âgés entre cinq et huit ans et combinant des rangées de peupliers hybrides et de feuillus nobles espacées de 6 m, a démontré cet effet de réduction notable de l'azote organique dissout (Bergeron *et al.*, 2011). La proportion de réduction était dépendante du type de sol (*ib.*). Ainsi, selon certaines conditions (espacement des arbres, structure du sol et fréquence des précipitations), une densité de 50 arbres par hectare s'avèrerait suffisante pour éliminer complètement la lixiviation (Dupraz et Liagre, 2011). De plus, le processus d'ascenseur hydraulique permet de redistribuer l'eau des profondeurs dans les horizons de surface, ce qui optimise la disponibilité en eau pour les cultures (Eichhorn *et al.*, 2006). La qualité des eaux s'en trouve aussi rehaussée (Malézieux *et al.*, 2009).



**Figure 3.2 Schématisation de l'interception des eaux de ruissellement par les filets racinaires des arbres dans un SCI (tirée du ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 2011, p. 14).**

Cinquièmement, les SCI sont propices à hausser la biodiversité des terres agricoles, au niveau de la richesse, de l'abondance, de la diversité et de la composition en espèces (DeClerck and Salinas, 2011). La présence des arbres constitue un habitat primaire ou secondaire pour plusieurs espèces (petits mammifères et oiseaux) bien qu'elles doivent être adaptées aux perturbations fréquentes causées par les activités agricoles (Rivest et Olivier, 2007; Kohli *et al.*, 2008; Malézieux *et al.*, 2009). Les rangées d'arbres assurent aussi la connectivité entre les habitats et auraient le potentiel d'être un des maillons de trames vertes à l'échelle régionale (Dupraz et Liagre, 2011; Jose, 2009). La hausse de biodiversité

concerne également les communautés de vers de terre, de microarthropodes et de bactéries du sol (Rivest *et al.*, 2010; Lacombe *et al.*, 2009). Une étude ontarienne a mis en évidence la plus forte densité de vers de terre au niveau des rangées d'arbres comparativement au niveau du champ agricole dans un SCI (Price and Gordon, 1999). De plus, la densité semble varier en fonction des essences choisies (*ib.*). Enfin, la biodiversité du milieu serait susceptible de maîtriser les ravageurs par leurs ennemis naturels plutôt que par l'épandage de pesticides (Cassman *et al.*, 2005). Ainsi, la biodiversité a le potentiel d'assurer certains services écosystémiques (Jose, 2009). L'inconvénient réside dans le fait que d'autres espèces nuisibles pourraient être attirées par ces nouveaux habitats (Dupraz et Liagre, 2011).

Les risques de nuisance possible entre les arbres et les cultures associés concernent essentiellement la compétition pour les ressources et les interactions négatives causées par l'allélopathie (Kohli *et al.*, 2008). En effet, lorsque les arbres atteignent un stade de croissance appréciable, ils créent de l'ombrage sur les cultures et cela peut en affecter le rendement (*ib.*). Une relation similaire est observable pour les nutriments et les réserves en eau (*ib.*). D'où l'importance de bien choisir les espèces selon leur tolérance et leurs exigences, ainsi que de prévoir les espacements en conséquence et l'élagage des branches basses pour assurer, par la même occasion, la qualité du bois produit. La complémentarité des espèces devraient être optimisée (Dupraz et Liagre, 2011).

### **3.2.2 Société**

Au niveau social, la diversification des activités sur les terres agricoles et l'aménagement multiressources permis par l'agroforesterie est un élément précurseur à la création d'emplois ou, du moins, un incitatif pour préserver la main-d'œuvre en milieu rural (De Baets et Lebel, 2007). De plus, l'insertion des arbres dans les champs entraîne une modification du paysage lui accordant une valeur esthétique supérieure (De Baets, 2007; Johnson, 2006). Cette nouvelle visibilité est susceptible d'améliorer la perception des communautés en lien avec les pratiques agricoles qui seront davantage respectueuses des normes environnementales (MAPAQ, 2009). Enfin, l'exploitation durable des superficies agricoles sera optimisée particulièrement en ce qui a trait aux terres marginales (*ib.*).

L'un des obstacles majeur à la reconnaissance des progrès environnementaux des agriculteurs par les communautés est l'absence d'un statut particulier des SCI. Les législations actuelles, notamment au niveau municipal, peuvent constituer un obstacle aux initiatives des agriculteurs et mener à l'avortement de leurs projets. Enfin, de façon globale, il est prévisible que l'exploitation multiresources conduise à la diminution des superficies agricoles vouées à l'alimentation, mais cela ne signifie pas que la productivité est moindre (Dupraz et Liagre, 2011). Au contraire, lorsqu'il y a une complémentarité des espèces, les SCI sont plus productifs globalement (Graves *et al.*, 2007).

### **3.2.3 Économie**

Au niveau économique, les SCI, de par les nombreuses associations possibles, sont la source de la diversification des activités agricoles, des productions et donc des revenus (Schoeneberger, 2009; De Baets, 2007). En fait, cela confère une certaine stabilité et une sécurité financière pour les producteurs en cas de variation des prix sur le marché (Malézieux *et al.*, 2009). Ces derniers ont donc la possibilité de réduire le risque économique associé à une mauvaise saison de production pour les cultures, et ce, particulièrement dans le contexte des changements climatiques. Des modélisations démontrent que les SCI sont plus stables que les monocultures en cas de variation du climat dû à l'interaction entre les composantes (Dupraz et Liagre, 2011). La diversification est également bénéfique pour introduire de nouveaux produits sur le marché, ce qui est prometteur pour le développement régional (De Baets, 2007).

De plus, le risque d'investissement initial est réparti dans le temps, puisque les arbres seront récoltés à long terme (De Baets, 2007). La simple hausse de la valeur foncière de la propriété dû à la présence d'arbres est un avantage non négligeable (*ib.*). En effet, cela peut constituer une garantie pour d'éventuels prêts bancaires (Dupraz et Liagre, 2011). Toutefois, à long terme, l'incertitude économique ne permet pas de garantir un revenu déterminé de la vente de bois. C'est d'ailleurs l'un des risques qui est le plus appréhendé par les producteurs. Toutefois, la hausse de la population mondiale et incidemment des besoins en bois porte à croire que ce serait tout de même un bon calcul économique (Agroforesterie produire autrement, 2009).

Cette association entre arbre et culture peut aussi concilier les intérêts d'un propriétaire louant ses terres à ceux d'un exploitant agricole. Le propriétaire perçoit un montant annuel pour la location et a une garantie d'un capital boisé, bien que ce dernier soit inférieur à une plantation pure (Dupraz et Liagre, 2011). Alors que le locataire bénéficie des avantages agronomiques et environnementaux liés à la présence d'arbres et récolte des profits annuels de l'exploitation des cultures (*ib.*).

En ce qui concerne la productivité, les arbres des SCI démontrent des caractéristiques plus régulières que ceux des forêts, car la compétition est réduite (Dupraz et Liagre, 2011; AFAF, 2006). Des plantations expérimentales françaises ont d'ailleurs démontré une accélération de la croissance en diamètre des arbres de l'ordre de 80 % sur six ans (*ib.*). Le bois satisfait donc toutes les exigences du marché où la demande pour le bois de qualité est croissante (Agroforesterie produire autrement, 2009). Toutefois, certains facteurs collatéraux peuvent affecter la productivité des cultures annuelles engendrant des coûts, tels que l'augmentation de l'humidité et le bris des drains agricoles par les racines.

Aussi, l'espace cultivable est optimisé et permet l'occupation des terres marginales auparavant improductives (De Baets, 2007). La rentabilité est donc supérieure. Pour le vérifier, un indicateur a été créé, soit la surface économique équivalente de l'agroforesterie qui mesure les surfaces en monoculture et en forêt nécessaires pour obtenir la même rentabilité qu'un hectare d'agroforesterie (Graves *et al.*, 2007). Cet indicateur comparé à la surface équivalente agroforestière a permis de mettre en évidence que les avantages économiques sont supérieurs aux avantages agronomiques (Dupraz et Liagre, 2011).

Tout cela sans compter les biens et services environnementaux qui procurent des économies substantielles malgré leur sous-estimation actuelle, notamment au niveau de la réduction d'utilisation de fertilisants et de pesticides (Malézieux *et al.*, 2009). La possibilité d'obtenir des crédits carbone s'insère aussi dans ce volet.

### **3.3 Analyse économique des externalités**

Le concept d'externalité résulte d'une défaillance du marché dans laquelle les coûts et bénéfices sociaux et environnementaux, issus des activités d'un agent économique et influençant d'autres agents extérieurs, ne sont pas comptabilisés (Field and Olewiler, 2011;

Alavalapati *et al.*, 2004). Cela conduit donc à un débalancement de l'offre et de la demande sur le marché qui pose un obstacle à l'atteinte d'un équilibre socialement efficient (Field and Olewiler, 2011). Ainsi, les externalités négatives se traduisent par des coûts affectant l'offre. Les coûts sociaux réels sont équivalents à la somme des coûts privés et des coûts provenant des externalités négatives (*ib.*). Actuellement, l'absence de l'internalisation de ces coûts externes fait en sorte d'obliger l'ensemble de la société, par l'entremise du gouvernement, à investir des sommes substantielles pour résorber les problématiques environnementales générées.

D'un autre côté, les externalités positives se traduisent par des BSE et sont tout autant omises des bilans économiques. Les BSE sont l'ensemble des bénéfices que les humains peuvent obtenir du capital naturel (Rapidel *et al.*, 2011a; MAPAQ – Direction des politiques agroenvironnementales, 2005). Selon le Millenium Ecosystem Assessment, il existe quatre principales catégories de BSE dans le milieu agricole et ces derniers sont tous omniprésents dans les SCI. Premièrement, l'approvisionnement en ressources qui assure la disponibilité de divers produits, tels que la nourriture, l'eau et les fibres. Deuxièmement, la régulation des processus écosystémiques naturels, entre autres, au niveau du climat. Troisièmement, le support à la production d'autres services écosystémiques, tels que la formation des sols et le cycle des nutriments. Quatrièmement, l'aspect culturel issu des avantages esthétiques, récréatifs et éducatifs (Rapidel *et al.*, 2011a; Cassman *et al.*, 2005). D'ailleurs, il a été démontré que les systèmes agroforestiers génèrent une hausse des BSE comparativement aux pratiques agricoles conventionnelles (Palma *et al.*, 2007). Plus précisément, ces propriétés permettent de conférer aux SCI une valeur supplémentaire liée à leur caractère d'exploitation multifonctionnelle (MAPAQ – Direction des politiques agroenvironnementales, 2005).

Ces BSE peuvent bénéficier à la fois au propriétaire privé et à la société. Il est ardu de les dissocier, car le propriétaire fait lui-même parti de la société. Toutefois une dualité existe entre ces deux parties dû au contexte socio-économique actuel. En effet, le propriétaire recherche uniquement des BSE qui lui rapportent directement une valeur monétaire tangible et qui se traduisent donc par la hausse de rendement de ses productions grâce à l'association arbre et culture (hausse du nombre de pollinisateurs, réduction des ravageurs,

enrichissement du sol, effet brise-vent, etc.) (Jose, 2009; Dyack *et al.*, 1999). Ainsi, sans interaction positive dans le SCI, ce système n'est pas fructueux pour le producteur; le défi est d'identifier le seuil de rentabilité (*ib.*). À l'inverse la société bénéficie d'un grand nombre de BSE, bien qu'il n'y ait pas encore de valeur monétaire leur étant associée sur les marchés, tels que la séquestration du carbone, la hausse de biodiversité, l'amélioration de la qualité de l'eau de surface et de l'air, ainsi que l'amélioration du paysage (AAC, 2009; Jose, 2009).

Cette opposition d'intérêts entre les deux partis est causée par le fait que les BSE sont publics et ont comme principale caractéristique d'être non-rival et non-exclusif. Ainsi, le coût d'implantation des SCI revient au propriétaire agricole, mais les bénéfices qui ne sont associés à aucun droit de propriété sont répartis à toute la société. Le propriétaire est donc perdant dans une telle situation, car il n'y a pas de partage des coûts et son coût d'opportunité est négatif. D'où l'importance d'internaliser les BSE dans les évaluations économiques privées en leur attribuant une valeur déterminée (Rapidel *et al.*, 2011b).

La valeur économique totale pour un bien ou un service représente la somme des valeurs d'usage (direct, indirect et d'option) et de non-usage (valeur de legs et d'existence) (Dupras, 2010). Afin de chiffrer les valeurs des BSE intangibles, il existe plusieurs méthodes d'évaluation monétaire. Certaines d'entre elles ont déjà été utilisées au Québec pour les haies brise-vent et les bandes riveraines, soit l'évaluation contingente, la méthode déclarative, la méthode hédonique, la méthode du transfert de bénéfices, la méthode de productivité et l'économie expérimentale (AAC, 2009; Roy-Vigneault, 2009). Certaines de ces évaluations permettent de cibler la volonté de payer des résidents pour assurer la production de BSE. Il est complexe de généraliser les résultats, car ils sont dépendants des situations socio-économiques, de la population environnante, de la variabilité des systèmes agroforestiers où les études ont été réalisées et, dans certains cas, des biais hypothétiques (Dupraz et Liagre, 2011; AAC, 2009; Roy-Vigneault, 2009; Dyack *et al.*, 1999). Enfin, il est essentiel de considérer que la valeur non marchande des SCI s'accroît avec le temps dû à l'évolution constante des composantes (Dupraz et Liagre, 2011).

Chose certaine, il n'est pas représentatif d'évaluer de façon isolée les BSE. En effet, ils doivent être considérés dans leur ensemble pour éviter toute sous estimation. Au niveau du

propriétaire privé, c'est ce qui a été mis en évidence dans le projet visant l'estimation du potentiel de vente de crédits provenant de la séquestration du carbone par des haies brise-vent dans le bassin versant de la rivière L'Ornière au Québec (AAC, 2008). L'étude a conclu qu'avec un prix de vente de 5 \$ la tonne de CO<sub>2</sub>, il n'est toujours pas rentable pour le propriétaire d'investir dans ces systèmes agroforestiers (*ib.*). Cependant, les conclusions sont différentes lorsque l'augmentation du rendement des cultures, dû à la présence des haies, est aussi considérée (*ib.*). En fait, le ratio entre les bénéfices et les coûts est près de un (AAC, 2009). Il est possible de présager que ces avantages pourraient être décuplés dans le cas des SCI, puisque les interactions sont réparties sur l'ensemble de la surface cultivée plutôt qu'uniquement en bordure. À ces deux éléments pourraient aussi s'ajouter les économies provenant de la réduction d'épandage de fertilisants et de pesticides. En effet, tel qu'indiqué précédemment, la litière des feuilles en SCI fournit un apport non négligeable en azote et les systèmes racinaires permettent de capter une plus grande quantité des nutriments du sol. Une valeur équivalente au coût des engrais azotés peut y être associée. Cela prend davantage d'importance lorsque l'on considère la hausse majeure des prix des engrais azotés depuis l'an 2000 (USDA Economic Research Service, 2011). La réduction des produits phytosanitaires, quant à elle, est attribuable à une diminution de la pression faite par les ravageurs. Aux États-Unis, Stamps *et al.* (2009) ont démontré pour un SCI combinant une culture de luzerne et de noyers noirs, dans le Missouri, que le taux de mortalité d'un des ravageurs de la culture intercalaire est supérieur à ce qui est observé en monoculture. La présence des arbres permet d'attirer les parasites et les prédateurs naturels de ces ravageurs (Stamps *et al.*, 2009). Cela a aussi pour résultat d'augmenter le rendement. D'ailleurs, Savary *et al.*, (2006) ont déjà modélisé les pertes de rendement des cultures attribuables aux conditions environnementales (maladies, ravageurs et dommages causés par le vent) afin d'y associer par la suite une valeur monétaire. Bref, en considérant l'ensemble des BSE privés, le bilan des coûts et des bénéfices du propriétaire serait positif dans plusieurs cas.

Au niveau de la société, une évaluation économique globalisée pour l'ensemble du Québec a estimé la valeur de l'implantation de haies brise-vent au double des coûts privés des propriétaires pour le scénario prévoyant la plus grande superficie allouée aux haies brise-vent et qui détient donc un maximum de BSE (AAC, 2009). Un bénéfice social net est donc

clairement démontré pour les haies brise-vent. Un résultat comparable a aussi été mis de l'avant de façon détaillée pour les bandes riveraines boisées au Québec (Simard, 2009). Il n'est pas exclu qu'une relation similaire soit observable pour les SCI, mais des études supplémentaires devront clarifier la question.

À partir de ce constat, il est nécessaire de résoudre la problématique liée au débalancement entre les coûts privés du propriétaire et les bénéfices sociaux. À ce sujet, les opinions sont passablement partagées. D'un côté, certains prônent l'internalisation des externalités par l'intervention des gouvernements. Au départ, cette école de pensée, initiée par Arthur C. Pigou dans les années 1930, visait surtout les externalités négatives et se traduisait par l'imposition de taxes à la pollution, de directives et de normes (Field and Olewiler, 2011). Toutefois, il est possible d'allouer un rôle au gouvernement quant à la gestion des externalités positives. En effet, des programmes d'investissement peuvent soutenir les efforts des producteurs lorsque leurs pratiques entraînent la production de BSE favorables à l'ensemble de la société. Bien sûr, pour que ce soit réalisable, il doit y avoir une volonté gouvernementale (Rapidel *et al.*, 2011b). À l'international, dans les régions tropicales, il s'agit d'une pratique répandue (Rapidel *et al.*, 2011a). À titre d'exemple, le gouvernement du Costa Rica a investi 14 millions de dollars américains en 1997 pour encourager la création de BSE liés à la reforestation (Montagnini *et al.*, 2004). De cet investissement, 80 % provenait de la taxe sur les combustibles fossiles et 20 % de la vente de crédits carbone sur la scène internationale provenant des espaces naturels publics protégés (*ib.*). Aux États-Unis, à la ville de New York, c'est une taxe sur la consommation de l'eau qui a permis de financer un programme comprenant divers volets de conservation des bassins versants, touchant notamment les pratiques agricoles (Pires, 2004). De cette manière, les producteurs ont une source de motivation supérieure pour investir dans des pratiques agricoles durables, puisqu'ils bénéficient d'un revenu direct réduisant leurs coûts initiaux (Garrett *et al.*, 1994).

D'un autre côté, Ronald Coase a développé un théorème selon lequel l'attribution de droits de propriété définis permet de laisser les lois du marché s'appliquer à la gestion des externalités positives et négatives sans qu'il y ait intervention du gouvernement. Les lois du marché font en sorte de tendre vers un point d'équilibre pour chaque problématique

environnementale définie, bien que certaines limites se dressent à l'atteinte de cette solution optimale. Pour ce faire, il faudrait attribuer des droits de propriété aux biens publics qui se traduiraient ensuite par des permis de droits échangeables sur le marché. De ce fait, l'existence d'un marché pour les BSE constitue aussi une source de motivation supplémentaire pour les producteurs visant à adopter des pratiques agricoles durables. (Alavalapati *et al.*, 2004)

Plusieurs autres approches existent afin d'inciter les producteurs à changer leurs pratiques et constituent dans certains cas des variantes des deux approches précédentes. L'approche réglementaire permet au gouvernement d'assurer un niveau minimal de production de BSE en fonction des critères normatifs décisionnels (MAPAQ – Direction des politiques agroenvironnementales, 2005). L'approche écoconditionnelle est une façon d'obliger les agriculteurs à produire certains BSE afin d'avoir accès à des programmes d'aide au financement de certaines activités (*ib.*). L'approche volontaire vise à solliciter les initiatives de production durable des agriculteurs qui peuvent bénéficier d'aide technique, notamment des clubs-conseils en agroenvironnement (*ib.*). Le marketing environnemental, fournissant une valeur ajoutée aux produits de la ferme, comprend toutes les mesures de certification et d'éco-label prônant une production écologiquement responsable (*ib.*). Cela est susceptible de générer un revenu supplémentaire aux producteurs. À titre d'exemple, les États-Unis ont démontré une volonté de payer de 10 à 15 % plus cher pour du bois produit de façon écoresponsable (Elevitch and Wilkinson, 2000). Enfin, les paiements directs ponctuel et continu sont des options envisageables pour le partage des coûts respectivement à court et long terme. Dans cette optique, des index écologiques ont été créés pour estimer les BSE provenant d'un changement de pratiques sur une terre agricole (Villanueva *et al.*, 2011). Pour chaque critère correspondant à des niveaux de conservation précis, un nombre de points est alloué. Puis une allocation financière fixe est accordée pour chaque point (*ib.*). Dans ces cas, le financement peut provenir du gouvernement ou encore de différentes compagnies privées et d'organismes environnementaux.

Bref, les externalités provenant des pratiques agroforestières sont clairement identifiées dans la littérature et ont même été estimées dans certains cas concrets. Actuellement, leur valeur non marchande dû à leur exclusion du marché pose un problème pour leur estimation

précise. Toutefois, les approches visant à les internaliser sont nombreuses et n'attendent qu'une volonté gouvernementale pour se concrétiser.

## **4 ANALYSE COMPARATIVE ENTRE LES SYSTÈMES AGROFORESTIERS MONDIAUX, CANADIENS ET QUÉBÉCOIS**

La diversité des systèmes agroforestiers et plus précisément des SCI constitue un trait distinctif majeur en comparaison des pratiques agricoles usuelles. Le portrait dressé à l'international a permis de mettre en évidence les caractéristiques qui ont influencé la décision d'implanter ces systèmes, ainsi que le choix des aménagements et des associations préconisées entre les composantes. Pour plusieurs aspects, le Québec aurait avantage à s'inspirer de ce qui a déjà été expérimenté ailleurs afin d'orienter ses stratégies de développement. Ainsi, pour chacun des cinq volets identifiés dans ce chapitre, les facteurs limitant rencontrés au Québec sont d'abord clarifiés. Ensuite, la comparaison avec d'autres nations permettra de déterminer, d'une part, si ces contraintes se sont également présentées ailleurs et, d'autre part, s'il existe un éventail de solutions.

### **4.1 Volet règlementaire**

Étant donné l'exclusion concrète du terme agroforesterie dans les plans, les politiques et les stratégies du gouvernement québécois, aucun d'entre eux ne concerne directement l'établissement de projets de SCI. Cependant, certaines lois actuelles régissent les activités agricoles et, de ce fait, sont susceptibles de se rapporter à ces nouvelles pratiques. Ce volet vise à identifier ces lois et politiques constituant un point de départ dans le domaine afin de déterminer si elles sont suffisamment incitatives ou au contraire passablement restrictives pour les producteurs agricoles québécois.

L'agroforesterie, dû à l'absence d'un statut particulier, touche autant les secteurs de la foresterie que de l'agriculture qui sont tous deux de compétence provinciale au niveau législatif. Malgré cela, l'orientation stratégique du gouvernement fédéral n'est pas négligeable lorsqu'il s'agit de soutenir le développement de nouvelles technologies dans ces domaines. En effet, malgré son retrait du protocole de Kyoto en décembre 2011, le Canada a poursuivi l'application de diverses mesures concernant les changements climatiques. L'une d'entre elles a d'ailleurs pour objectif de réduire les émissions de gaz à effet de serre de 17 % par rapport aux niveaux de 2005, et ce, d'ici 2020 (Gouvernement du Canada, 2012). Pour ce faire, la séquestration du carbone est présentée comme l'une des solutions majeures. Ainsi, le secteur agricole est particulièrement visé par le *Programme de*

*lutte contre les gaz à effet de serre en agriculture* où il est fait mention du développement de la recherche en agroforesterie (AAC, 2011c). De façon connexe, le *Cadre stratégique agricole canadien* comporte une orientation environnementale dans laquelle la réduction de la pollution diffuse en milieu agricole est visée (Marchand et Masse, 2007). Dans les deux cas, il a été démontré précédemment que les SCI présentent une opportunité envisageable pour permettre l'atteinte de ces objectifs environnementaux à l'échelle nationale. En d'autres termes, les SCI constituent un outil de prédilection pour la concrétisation des orientations gouvernementales fédérales.

Au niveau provincial, il existe également une Stratégie énergétique qui a conduit à l'élaboration d'un *Plan d'action du Québec 2006-2012 sur les changements climatiques* (MDDEP, 2012a). Dans ce plan, un programme de soutien à la recherche et à l'innovation doit être créé pour permettre la réduction des émissions de gaz à effet de serre ainsi que la séquestration du carbone (Marchand et Masse, 2007). Encore une fois, les SCI seraient une alternative tangible d'action dans le secteur agricole.

Concrètement, six lois québécoises ont des répercussions sur la manière dont les SCI peuvent être implantés dans le milieu agricole. D'abord, la *Loi sur la protection du territoire et des activités agricoles* qui assure la pérennité des activités agricoles pose certaines contraintes à l'établissement de SCI. En effet, si un agriculteur souhaite obtenir du financement pour la plantation d'arbres, une seule option s'offre à lui. Il pourrait obtenir du financement du MRNF, par le biais des agences forestières des différentes régions administratives du Québec, à la condition de planter une densité de 500 à 800 arbres par hectare. Cette densité est nettement trop élevée pour les SCI extensifs qui semblent être les plus rentables en région tempérée. De plus, l'agriculteur aurait besoin de l'autorisation du MAPAQ pour boiser sa terre, puisqu'il y aurait un changement d'exploitation. L'option de combinaison d'arbres et de cultures n'est donc pas considérée. Cela malgré la définition du terme agriculture dans cette loi, qui comprend les activités suivantes :

*«La culture du sol et des végétaux, le fait de laisser le sol sous couverture végétale ou de l'utiliser à des fins sylvicoles, l'élevage des animaux [...]» (Loi sur la protection du territoire et des activités agricoles, L.R.Q., c. P-41.1, art.1(1))*

Comme l'indiquent Marchand et Masse (2007), cette définition n'exclut pas les exploitations de type sylvicoles. Toutefois, une ambiguïté persiste concernant la possibilité de les combiner aux cultures. En s'inspirant du modèle français, le MAPAQ devrait reconnaître l'éligibilité au financement des systèmes agricoles extensifs ayant des densités inférieures à 200 arbres par hectare (Tartera *et al.*, 2012). De cette façon, la gestion des activités agricoles ne serait pas partagée avec le MRNF. Cela semble n'être qu'une question de temps, car le MAPAQ valorise depuis 2011, pour certaines régions cibles du Québec, un *Programme pilote d'appui à la multifonctionnalité de l'agriculture* (MAPAQ, 2011a). Les SCI y sont mis en valeur comme pratiques agroforestières aux côtés des haies brise-vent, des bandes riveraines et des systèmes sylvopastoraux (*ib.*). Ce programme a pour but d'identifier les balises nécessaires à l'intégration réglementaire de ces pratiques, ainsi que d'effectuer les bilans environnementaux, sociaux et économiques.

Ensuite, la *Loi sur la mise en marché des produits agricoles, alimentaires et de la pêche* et la *Loi sur les producteurs agricoles* proposent déjà des alternatives pour la réalisation de plans conjoints en ce qui a trait à la mise en marché de produits agricoles et ligneux (Marchand et Masse, 2007). Toutefois, la démarche administrative semble onéreuse et pourrait donc faire l'objet d'améliorations.

Puis, en vertu de la *Loi sur l'aménagement et l'urbanisme*, chaque MRC détient le pouvoir de réglementer de façon spécifique la plantation ou l'abattage d'arbres en terre privée, et ce, autant en zone urbaine, périurbaine qu'agricole. Puisque les SCI constituent un changement majeur dans la structure du paysage s'ils sont instaurés à grande échelle sur le territoire, leur implantation doit s'intégrer aux objectifs des schémas d'aménagement (MAPAQ, 2011a).

Enfin, la *Loi sur la qualité de l'environnement* doit être respectée lors de la réalisation des ouvrages sur les terres agricoles, de même que les normes environnementales, pour que les agriculteurs obtiennent du financement provenant de la Financière agricole (Financière agricole, 2012).

Bref, les lois québécoises actuelles sont insuffisantes pour encadrer une éventuelle expansion des pratiques agroforestières et cela complique la tâche aux agriculteurs. Puisque

l'agriculture est de compétence provinciale, il n'est pas envisageable pour le Canada d'appliquer des politiques similaires à la *Loi agricole* des États-Unis ou encore à la *Politique agricole commune* de l'Europe. Le Québec est cependant en mesure d'intégrer l'agroforesterie, et particulièrement les SCI, dans sa législation comme a commencé à faire la Colombie-Britannique avec la création d'un plan stratégique de développement de l'industrie agroforestière (Powell, 2009).

#### **4.2 Volet technique**

Les SCI peuvent être considérés comme une nouvelle technologie au Québec, car ces systèmes sont marginaux et majoritairement développés dans des contextes expérimentaux. Ainsi, le principal facteur limitant technique concerne le manque d'expertise des ressources humaines, et ce, autant au niveau des conseillers agricoles que des agriculteurs. Cette problématique est prédominante dans les régions des milieux tempérés, car il y a une absence d'appui institutionnel et organisationnel découlant du vide législatif en lien aux pratiques agroforestières. En milieu tropical, ce problème a été résolu par la sensibilisation et la promotion gouvernementale, ainsi que par l'implication de diverses organisations environnementales (Lavoie, 2011; Russell *et al.*, 2010; Montagnini *et al.*, 2004). Les pratiques agroforestières sont devenues une partie intégrante du mode de vie des agriculteurs sur les fermes familiales. Au départ, ces derniers ont aussi accepté le risque de développer leur expertise sur le terrain, puisqu'ils bénéficiaient du support financier des gouvernements.

Pour toutes ces raisons, les agriculteurs québécois sont rébarbatifs à l'implantation des SCI. En fait, les inconvénients anticipés sont associés à 56 % au volet technique (Marchand et Masse, 2008). En réalité, plusieurs solutions ont été proposées pour réduire ou éliminer ces désavantages techniques. Dans tous les cas, il est crucial de retenir que les SCI peuvent prendre diverses formes au niveau de leur aménagement et des associations entre espèces. Il suffit d'abord et avant tout d'identifier les objectifs et les besoins de l'agriculteur afin de les adapter de façon optimale à la terre agricole. Certains agriculteurs craignent d'être obligés de modifier leur équipement et d'acquérir de nouvelles machineries (*ib.*). Cela n'est qu'en partie vrai. En effet, la présence d'arbres dans les champs nécessite l'adaptation de la machinerie, car de nouvelles activités d'exploitation apparaissent, tel l'élitage. Toutefois,

les machineries utilisées pour les cultures peuvent être conservées en aménageant les lignes d'arbres en conséquence, soit au niveau de l'orientation et de l'espacement. De plus, tel qu'indiqué dans l'étude de cas, la machinerie n'est pas une cause de mortalité majeure des arbres. Au contraire, moins de 0,2 % des arbres sont affectés par les activités agricoles (Agroforesterie produire autrement, 2009). Aussi, les inquiétudes des agriculteurs concernant l'obturation des drains souterrains par les racines d'arbres sont justifiées, mais il est encore une fois possible d'adapter les aménagements et de sélectionner les espèces les moins dommageables (Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario, 2011; Dupraz, 1994b). Enfin, les expériences françaises ont développé de nombreuses pratiques adaptées pour contrer les problèmes techniques susceptibles de se présenter, notamment en ce qui concerne les méthodes de labour en allées (Dupraz et Liagre, 2011). Dans la même optique, le manque de lumière causé par l'ombrage des arbres peut devenir un problème pour certaines cultures qui devront être remplacées par d'autres espèces lorsque le rendement sera affecté (*ib.*). Bien sûr, cet effet d'ombrage est nettement moindre que pour une haie brise-vent dû aux élagages et aux grands espacements entre les arbres. Bref, toute nouvelle pratique requiert un certain niveau d'adaptation et les SCI ne font pas exception à la règle.

D'ailleurs, certaines pratiques actuelles des agriculteurs québécois sont susceptibles de porter atteinte à l'efficacité des SCI. En effet, au cours des dix dernières années, le MDDEP a noté l'augmentation des concentrations de glyphosate dans les cours d'eau provenant de la hausse de l'épandage du pesticide *Roundup* (MDDEP, 2012b; MDDEP, 2007). Ce produit phytosanitaire systémique est utilisé pour les cultures transgéniques *Roundup Ready* de maïs et de soya. Ces cultures gagnent en popularité auprès des agriculteurs dû à la hausse de rendement et à la diminution des coûts d'entretien. En SCI, ce pesticide peut affecter la survie des arbres associés à ces cultures, particulièrement aux jeunes stades de croissance, suite à la dérive causée par le vent. Cette pratique est donc peu adaptée aux SCI et devra être modifiée.

De ce fait, la nécessité des changements de pratiques traduit l'importance de poursuivre l'implantation des projets pilotes auprès des producteurs québécois. De cette manière, les problématiques régionales pourront être analysées plus spécifiquement. Le projet

d'envergure européen SAFE en est d'ailleurs un très bon exemple. Tout comme les expérimentations chinoises, il a permis de démontrer qu'en région tempérée, la forme extensive des SCI est la plus adaptée aux pratiques agricoles actuelles (Dupraz, 2011; Dupraz *et al.*, 2005). Aux États-Unis, les expérimentations se sont concentrées sur la rentabilité des systèmes et sur les modèles économiques pour tenter de permettre aux agriculteurs de tirer un maximum de bénéfices (Garrett and Buck, 1997). De plus, la Chine peut être considérée comme un véritable cas succès au niveau des défis techniques. En effet, malgré la diversité des conditions climatiques et environnementales, les SCI couvrent des millions d'hectares à travers le pays (Huang *et al.*, 1997).

Au Québec, l'initiative d'implantation de projets pilotes n'est certainement pas nouvelle. En effet, il serait possible de s'inspirer du *Programme de mise en valeur de la biodiversité des cours d'eau en milieu agricole 2005-2010* réalisé en collaboration entre la Fondation de la faune du Québec et l'Union des producteurs agricoles (Fondation de la faune du Québec, 2012). Ce programme a permis d'effectuer des expérimentations multiples au niveau des modèles d'aménagement tout en valorisant une approche multidisciplinaire, ainsi qu'un suivi étroit des projets auprès des propriétaires terriens (Fondation de la faune du Québec et L'Union des producteurs agricoles, 2011).

L'établissement de projets pilotes fait en sorte de générer une demande de la part des agriculteurs pour les SCI. Afin de répondre à cette demande grandissante, il devient crucial de soutenir la création de programmes de formation professionnelle en agroforesterie. En 2009, l'AFAHC a identifié les compétences requises pour les conseillers agroforestiers. Ces derniers doivent posséder des connaissances au niveau des caractéristiques des essences d'arbres et des cultures, ainsi que des interactions existant entre ces deux composantes (AFAHC, 2009). De plus, l'aménagement des systèmes nécessite la considération des enjeux environnementaux locaux s'intégrant dans le cadre biophysique particulier du site visé (*ib.*). À cela s'ajoute aussi la connaissance des programmes d'aide à la gestion des systèmes, ainsi que de la réglementation applicable selon les cas. Il s'agit donc de combiner des aptitudes multidisciplinaires survolant à la fois les connaissances scientifiques, réglementaires et de gestion pour conseiller adéquatement les agriculteurs.

La présence d'experts s'est déjà montrée bénéfique en France, où les taux de mortalité des arbres sont réduits (Tartera *et al.*, 2012). La Chine a réalisé l'importance de l'intégration des connaissances, puisqu'elle a récemment investi pour la formation de professionnels qualifiés (Wenhua, 2004). Enfin, les États-Unis ont des programmes universitaires de maîtrise dans le domaine de l'agroforesterie dans plusieurs états (Missouri, Michigan, Colorado et New York) qui sont similaires à ce qui est actuellement offert à l'Université Laval au Québec (Garrett and Buck, 1997). Considérant ces éléments, le Québec aurait avantage à développer ses programmes de formation pour demeurer compétitif dans le domaine.

### **4.3 Volet économique**

La rentabilité des SCI peut difficilement être évaluée pour le Québec, dû à l'absence de modèles économiques spécifiques à cette pratique. De plus, il n'y a pas d'équivalence avec les modèles des autres nations en raison de la variabilité associée, entre autres, au choix des cultures et au taux d'intérêt utilisé pour calculer les valeurs actualisées. L'incertitude économique actuelle est aussi un facteur limitant à la prévision à long terme des conditions du marché pour les matières ligneuses. De manière générale, il semble y avoir autant d'études qui démontrent des rentabilités positives que négatives suite à l'implantation des systèmes.

Ainsi, l'estimation est différente pour chaque projet. À cette échelle, il a été démontré que la rentabilité est dépendante des connaissances techniques des agriculteurs, car ce facteur influence les rendements des productions (Rivest et Olivier, 2007). Aussi, les agriculteurs doivent détenir les ressources financières suffisantes pour assumer l'investissement initial de la mise en place des SCI, ce qui n'est pas toujours le cas. Cet élément, combiné au risque de non rentabilité est une entrave majeure au développement des SCI au Québec (MAPAQ, 2009). À partir de ce constat, il est incontestable qu'un incitatif financier pourrait résoudre une partie de cette problématique. Toutefois, afin de ne pas reproduire la même situation qu'en milieu tropical, où les agriculteurs sont devenus dépendants des aides financières gouvernementales, le financement devrait être temporaire et s'échelonner uniquement sur quelques années. Cela serait suffisant pour que les agriculteurs développent leur propre expertise. Dans cette optique, l'implantation d'un plus grand nombre de SCI

entraînerait le développement de nouvelles technologies et faciliterait la compréhension des facteurs déterminants pour la rentabilité en fonction des conditions environnementales québécoises.

Pour assurer ce financement, trois options sont envisageables et font appel à divers agents économiques. Premièrement, le gouvernement provincial québécois pourrait instaurer des programmes d'aide au financement comme mesure incitative. C'est d'ailleurs l'une des pratiques les plus répandue à l'international. Depuis 2001, la France améliore constamment ses programmes d'aide à l'établissement des pratiques agroforestières et en compte quatre actuellement, soit l'aide à la plantation des arbres dans les parcelles agricoles, l'aide pour les cultures semées entre les arbres, l'aide pour compenser la perte de revenu dû à la plantation d'arbres sur une terre agricole, ainsi que la mesure Agro-Environnement de type national (MAPAQ, 2009). Selon le cas, ces aides persistent pour une période variant de trois à dix ans et concerne soit des taux de subvention ou des montants fixes à l'hectare (*ib.*). Les États-Unis ont aussi des programmes d'aide au financement pour les SCI à la fois au niveau national que pour chaque état. Une situation similaire est observée dans les régions tropicales où l'aide gouvernementale est prédominante.

Actuellement, aucun programme québécois ne s'applique pour les SCI. Cependant, le programme *Prime-Vert* du MAPAQ offre une opportunité d'inclusion de cette pratique agroforestière. En effet, ses objectifs visent, entre autres, la réduction de la pollution diffuse causée par les activités agricoles et soutiennent déjà deux autres systèmes agroforestiers, soit les haies brise-vent et les bandes riveraines (*ib.*). Aussi, l'écoconditionnalité mis sur pied par le MAPAQ a pour objectif de fournir une aide financière selon l'atteinte de cibles environnementales (MAPAQ, 2011b). Il y aurait avantage à intégrer les SCI de façon explicite dans ces programmes. À l'échelle canadienne, le *Programme de couverture végétale du Canada* présente aussi une occasion d'élargir ses perspectives en ce qui a trait aux SCI. Bien sûr, la création d'un fonds spécifique pour les SCI serait beaucoup plus avantageuse, car il y aurait une plus grande accessibilité aux ressources financières pour ces projets.

Deuxièmement, le paiement pour les BSE est l'une des actions pouvant aussi permettre un financement temporaire pour favoriser la transition des pratiques agricoles (Rapidel *et al.*,

2011a). Ces paiements, s'ils proviennent des gouvernements, seront simplement un transfert d'investissement pour résorber la source même des problématiques environnementales. Ainsi, plutôt que d'investir pour réduire les conséquences de la pollution diffuse, il y aura un financement des bonnes pratiques agricoles. Le résultat fera en sorte qu'il y aura davantage de bénéficiaires (municipalités, industries touristiques, consommateurs, etc.) (*ib.*). De plus, un tel système est axé sur le changement de pratique et du mode d'utilisation des terres et s'inscrit donc davantage dans les objectifs de développement durable des politiques actuelles (Le Coq *et al.*, 2011). En la matière, le Costa Rica en est un exemple concluant. Généralement, les principaux obstacles à l'implantation de cette mesure consistent, d'une part, à l'obligation de développer de nouveaux marchés pour financer cette méthode (par exemple, les crédits carbone) et, d'autre part, à développer des normes et des critères pour l'attribution monétaire (*ib.*).

Troisièmement, la certification et l'éco-label s'appliquent plutôt à la reconnaissance de la qualité d'un produit. Dans ce cas, c'est le consommateur qui juge, au final, la pertinence des critères de sélection. De nombreuses balises peuvent être utilisées pour mettre en valeur ces produits. Certaines font uniquement référence à des critères de traçabilité, de pratiques agricoles respectueuses de l'environnement, alors que d'autres dépendent de caractéristiques nutritionnelles. En effet, en régions tropicales, les cultures de café certifiées mettent en valeur diverses propriétés organoleptiques (Dupraz et Liagre, 2011). Les SCI semblent présenter un potentiel similaire de mise en valeur, puisque des études ont démontré que certaines céréales cultivées sous un certain niveau d'ombrage possèdent des teneurs supérieures en protéines (*ib.*). La certification est difficile à intégrer dans les marchés, car ces produits présentent bien souvent un prix supérieur pour les consommateurs. Ainsi, l'absence de valeur sociale pour ces produits peut nuire au succès d'une telle entreprise (Rapidel *et al.*, 2011b). Encore une fois, la volonté de payer de la part de la communauté pour le respect des normes environnementales est un facteur critique.

#### **4.4 Volet environnemental**

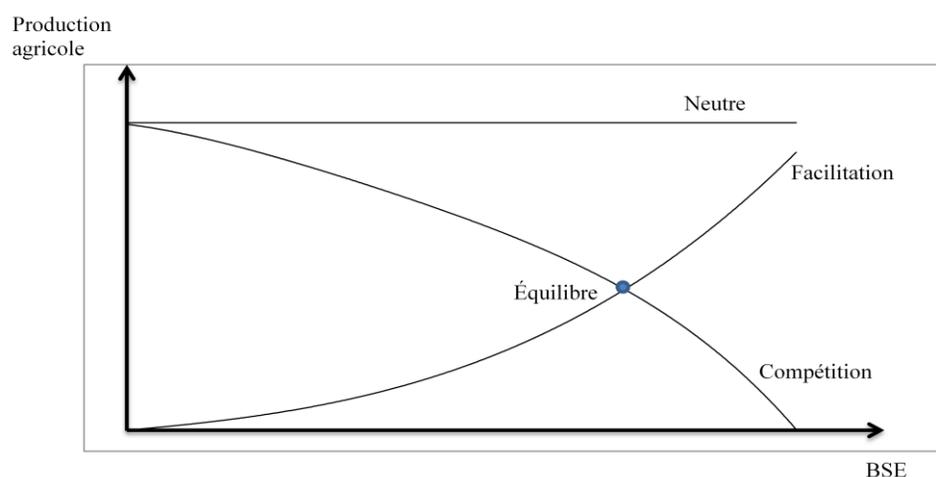
Les conditions climatiques du Québec ne représentent pas un empêchement à l'implantation des SCI. En effet, les caractéristiques des milieux tempérés se sont montrées favorables aux pratiques agroforestières autant en Chine, en France, aux États-Unis, qu'au

Canada. D'ailleurs, les États-Unis et la France utilisent dans leurs SCI certaines espèces qui sont adaptées aux milieux québécois, telles que les associations de peupliers hybrides et de grandes cultures. L'Ontario, province voisine du Québec, a aussi réussi à développer des systèmes expérimentaux productifs sans avoir à confronter des contraintes environnementales de taille.

Bien sûr, le climat de l'Amérique du Nord ne permet pas une croissance des feuillus aussi rapide que dans les régions tropicales (Lassoie and Buck, 2000). De plus, la majorité des espèces d'arbres indigènes donnent souvent lieu à la mise en marché d'un seul produit, en l'occurrence la matière ligneuse (*ib.*). Ainsi, le rendement de la ferme s'en trouve affecté, puisque les retombées économiques se font seulement ressentir à long terme. Le rendement pourrait sembler être plus difficile à soutenir qu'en milieu tropical. Toutefois, les innovations des dernières décennies en Amérique du Nord ont permis de développer des essences à croissance rapide (peuplier hybrides) et des associations d'arbustes fruitiers et de cultures maraîchères pour remédier à la situation (Rivest *et al.*, 2009; De Baets et Lebel, 2007). De plus, une étude québécoise portant sur les cultures intensives de feuillus a démontré que certaines essences ont un taux de croissance significativement supérieur à ce qui est observé dans les forêts naturelles (Achim *et al.*, 2009). C'est notamment le cas du chêne rouge dont les arbres des plantations ont atteint une croissance deux fois plus rapide qu'en forêt naturelle et cela sans compromettre les caractéristiques physico-mécaniques du bois (*ib.*). Il ne faut pas oublier que malgré les possibilités de rendements supérieurs dans les milieux tropicaux, des incitatifs financiers ont tout de même été nécessaires pour assurer et soutenir le développement des systèmes agroforestiers. Le Costa Rica et le Brésil en sont des exemples explicites (Lavoie, 2011; Montagnini *et al.*, 2004).

Sous une perspective locale, chaque SCI doit être adéquatement adapté au site d'implantation. Les considérations écosystémiques sont prépondérantes et doivent assurer les interrelations entre les différentes composantes, soit le climat, la biodiversité, le sol, l'eau, le paysage et la production (AFAHC, 2009). De cette manière et en considérant les objectifs des agriculteurs, il est possible de déterminer les associations optimales ainsi que des patrons d'aménagement convenables.

Bien que l'intégration des SCI aux pratiques agricoles vise en partie à répondre aux enjeux économiques des agriculteurs, ultimement, ce sont les bénéfices environnementaux qui sont aussi privilégiés pour assurer un développement durable. L'assurance de BSE ne doit pas se faire au détriment de la production agricole. La figure 4.1 démontre qu'il est possible de trouver un point d'équilibre entre ces deux éléments pour les pratiques qui ne sont pas sans effet sur l'environnement. En fait, dans un tel système, une partie de la production alimentaire est transformée en production de BSE. De plus, lorsque qu'un BSE est produit, il peut favoriser d'autres BSE dû aux interactions qui sont présentes (Rapidel *et al.*, 2011b).



**Figure 4.1 Relation graphique entre les BSE et la production agricole selon les interactions privilégiées (modifiée de Rapidel *et al.*, 2011b, p. 382).**

Pour qu'un tel processus soit rentable pour le producteur, le paiement des BSE produits pourrait être une option à la compensation des pertes de productions agricoles. Tel qu'indiqué précédemment dans le volet économique, il y a encore plusieurs éléments à préciser pour développer cet outil en fonction des enjeux locaux et régionaux avant d'élaborer un programme de ce genre.

#### 4.5 Volet social

L'insertion des SCI comme nouvelles pratiques culturelles sur le territoire québécois engendre nécessairement des répercussions aux divers paliers de la société. Cette dernière se définit d'abord au niveau des individus, puis des communautés et enfin de la société élargie (Rule *et al.*, 2000). La distinction entre ces niveaux est prédominante, puisque les effets du changement de pratique sont distincts pour chacun d'eux. En effet, les individus,

se composant d'agriculteurs et de divers agents d'intérêt impliqués en agroforesterie (personnes ressources), priorisent, par exemple, leurs besoins et leurs responsabilités familiales (Rule *et al.*, 2000). Alors que les communautés vont se préoccuper du niveau de reconnaissance de l'agroforesterie par leurs pairs, ainsi que du statut institutionnel des SCI afin d'avoir accès à des programmes d'assistance (*ib.*). Enfin, la société élargie devra prévoir et s'adapter à l'instauration de programmes de formation de professionnels en la matière et à l'investissement dans la recherche et le développement technologique (*ib.*). Ces intérêts et perspectives divergents ne restreignent pas les interactions entre ces trois niveaux. De telle manière qu'il y a des influences non négligeables de la part des communautés sur les individus. Cela est susceptible d'avoir une incidence sur la décision de ces derniers pour adopter les SCI (*ib.*).

Les pressions des communautés envers les agriculteurs pour favoriser un changement ou, du moins, une amélioration des pratiques culturales sont omniprésentes au Québec depuis quelques années. En fait, les milieux ruraux ont été témoins d'une modification de leur composition sociodémographique. La proportion des agriculteurs a sévèrement diminué depuis les années 1980, pour être remplacée par des résidents d'origine urbaine qui recherchent des endroits où nature et tranquillité vont de mise (MAPAQ, 2009). En complémentarité, les agriculteurs désirent maintenir leur cadre de vie, conserver leur patrimoine culturel et valoriser une identité locale (Anel, 2009). La population rurale doit donc faire face à de nouveaux enjeux traduisant des besoins différents. L'une des composantes principales de ces changements concerne les paysages ruraux qui devront désormais, pour satisfaire à la demande, permettre la conservation des ressources naturelles, la diversification des activités territoriales et la stimulation de l'économie (MAPAQ, 2009). Bien que les SCI soient une option idéale, les agriculteurs n'en sont pas encore convaincus.

Cette attitude est compréhensible du point de vue de l'individu, car un changement dans les pratiques culturales correspond, dans une certaine mesure, à un changement identitaire. En effet, des études américaines ont démontré que les agriculteurs ne sont pas prêts à transformer complètement leurs pratiques uniquement pour augmenter leur revenu (Doyle and Waterhouse, 2008). Ils sont davantage enclins à modifier partiellement leurs pratiques actuelles. À partir de ce constat, il n'est pas garanti que les SCI seront adoptés même si la

profitabilité est assurée par de nouvelles expérimentations. Cela constitue un obstacle majeur, dès le départ, peu importe la technologie proposée. Toutefois, parmi ceux qui adoptent les SCI, certains ont procédé au changement pour des raisons financières (hausse des revenus), alors que d'autres l'ont fait pour des considérations environnementales (*ib.*). Donc, pour ceux qui ne sont pas rébarbatifs initialement, ces arguments peuvent tout de même avoir un impact décisionnel.

Une initiative importante visant à renverser les croyances populaires des agriculteurs face aux SCI doit aussi être mise de l'avant. En réalité, ces préjugés face à la pratique renforcent la barrière psychologique des agriculteurs associée au changement. Ce phénomène a été observé autant en Europe qu'aux États-Unis où quatre perceptions prédominantes ont été identifiées comme raisons pour ne pas adopter les pratiques agroforestières (*ib.*). D'abord, la lente croissance des arbres empêche l'obtention d'un revenu dès la première année d'implantation. Ensuite, la diversification causée par l'agroforesterie va à l'encontre des croyances des producteurs selon lesquelles il est nécessaire de se spécialiser pour demeurer économiquement viable. Puis, les arbres causent des dommages aux cultures et sont incompatibles avec les autres modes d'utilisation des terres. Enfin, l'agroforesterie est une pratique utile uniquement en dernier recours pour les terres marginales inexploitées. Dans le premier cas, cet élément est actuellement vrai, mais une future implication gouvernementale pourrait changer la donne (financement lors de l'implantation). Quant aux trois derniers arguments, ils n'ont pas de fondements directs et ont d'ailleurs été réfutés dans le présent document.

Outre ce facteur psychologique, il existe d'autres barrières sociales s'opposant à l'adoption de l'agroforesterie. Des études ont démontré que des facteurs, comme l'âge, le niveau d'éducation et l'expérience, influencent la motivation des agriculteurs à changer leurs pratiques (Kurtz, 2000). À titre d'exemple, les agriculteurs âgés sont moins enclins à changer leurs activités, car ils ne bénéficieront pas des profits dans un avenir rapproché (De Baets, 2007). Aussi, le contexte culturel, incluant tout ce qui est relatif aux croyances, aux valeurs et aux perceptions, est un élément décisif (Rule *et al.*, 2000). Enfin, les organisations sociales au niveau des systèmes politiques, économiques, légaux et éducationnels jouent également un rôle global pour les communautés (*ib.*).

Néanmoins, puisque les SCI sont des systèmes plus complexes que les pratiques agricoles courantes, dû aux interactions entre les composantes, il est évident que le manque de connaissance et d'expérience est problématique. C'est d'ailleurs le constat qui est posé par madame Joanne Lagacé, chargée de projets à l'exécutif du comité agroforesterie du CRAAQ, qui identifie cette lacune au niveau informationnel comme la principale contrainte à l'adoption des pratiques agroforestières de la part des agriculteurs (Lagacé, 2012, commentaire personnel). Au Québec, comme ailleurs, les ressources informationnelles sont peu développées. Cette situation nuit à la promotion des SCI auprès de la société, des communautés et des individus. Ainsi, les agriculteurs ne devraient pas être laissés sans ressources face à l'adoption de nouvelles pratiques. Au contraire, plusieurs agents économiques devraient être davantage impliqués.

De manière générale, une étude a mis en évidence que les agriculteurs de la MRC du Rocher-Percé consultent prioritairement leurs collègues, les revues spécialisées et les conseillers du MAPAQ pour s'informer sur les activités agricoles (De Baets, 2007). Ces ressources informationnelles sont actuellement insuffisantes pour promouvoir l'agroforesterie à grande échelle. Plusieurs options peuvent être considérées en se basant sur les initiatives prises à l'international. À l'échelle nationale aux États-Unis, une équipe spécialisée, composée d'intervenants provenant de divers départements, a été mandatée pour développer l'agroforesterie sous une perspective globale pour le pays (Fisher, 2011). Dans la même optique, la France commence aussi à organiser des projets agroforestiers à l'échelle des bassins versants pour résoudre des problématiques environnementales grâce à sa capacité d'amener les différents agents économiques à collaborer entre eux. La Chine et certains pays africains bénéficient de l'aide du World Agroforestry Center pour assurer la communication entre les agents d'intérêts et pour promouvoir l'agroforesterie dans les communautés. Enfin, au Canada, la Colombie-Britannique a soutenu la création d'une association agroforestière pour permettre l'élaboration d'un plan stratégique pour cette industrie. Bref, l'essor des pratiques agroforestières semble uniquement possible lorsque des groupes spécialisés dans ce domaine informent, sensibilisent, sollicitent et mettent en relation les principales parties prenantes dans la société. Ainsi, les actions et les décisions sont plus aisées à prendre lorsque les agents économiques connaissent les répercussions et les impacts de ces pratiques.

Au Québec, le comité agroforesterie du CRAAQ, créé en 2009, initie les démarches de transfert de connaissance par le biais de conférences, de forums et de visites de fermes réunissant divers acteurs clé. En effet, pour faciliter les communications entre les intervenants, un répertoire des experts dans le domaine sera publié sous peu. De plus, un regroupement des données des sites de démonstration de systèmes agroforestiers sera réalisé pour favoriser le réseautage entre les agriculteurs qui ont fait preuve d'initiative dans les différentes régions du Québec. L'acquisition de ces données pourrait faciliter progressivement la reconnaissance des avantages des SCI. (Lagacé, 2012, commentaire personnel)

## **5 IDENTIFICATION ET ÉVALUATION DES MESURES FAVORISANT L'EXPANSION DE L'AGROFORESTERIE AU QUÉBEC**

L'agroforesterie étant un domaine de multidisciplinarité, son essor dépend obligatoirement des changements qui peuvent être apportés à la fois sur les plans règlementaire, technique, économique, environnemental et social. Comme il a été démontré au chapitre précédent, de nouvelles approches ont été testées auprès de différents pays à l'international. À partir de ce constat, il est maintenant possible pour les divers acteurs concernés au Québec de s'interroger quant à l'applicabilité de ces incitatifs visant l'abolition des contraintes à l'expansion de l'agroforesterie. Un tel bilan permet d'évaluer dans quelle mesure ces incitatifs peuvent être développés spécialement dans le contexte québécois actuel. Dans ce qui suit, des pistes de réflexion sont abordées pour chacun des cinq volets ciblés.

### **5.1 Volet règlementaire**

Dès le départ, l'agroforesterie, de par ses caractéristiques, devrait être reconnue intégralement par les lois québécoises. Plus spécifiquement, il serait plus simple pour les agriculteurs que les SCI deviennent une responsabilité exclusive du domaine de l'agriculture plutôt qu'être partagée entre l'agriculture et la foresterie. En effet, la culture extensive d'arbres en SCI ne correspond pas exactement aux modes d'exploitation forestière préconisés en sylviculture. Le MAPAQ est le ministère qui semble le mieux à même de gérer l'agroforesterie plutôt que le MRNF qui est actuellement obligé de s'ingérer dans les projets pour assurer certains programmes aux agriculteurs. D'ailleurs, la structure organisationnelle du MAPAQ dans le volet des bonnes pratiques agroenvironnementales se prête bien à l'intégration de l'agroforesterie (MAPAQ, 2011c). Par exemple, concernant la gestion des pesticides, la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture est issue des recommandations de divers groupes d'experts pour les productions végétales, telles que les grandes cultures, les petits fruits et les pommes de terre (MAPAQ, 2011d). Plusieurs des orientations de cette stratégie concordent avec les bénéfices que peuvent procurer les SCI. À titre suggestif, l'ajout d'un groupe d'experts en agroforesterie permettrait de promouvoir cette innovation auprès des comités de coordination, des priorités et d'évaluation qui détiennent un pouvoir décisionnel. De plus, les exigences de productivités devraient être adaptées en fonction de ces considérations pour les programmes de financement. À titre

d'exemples, les plantations de densité inférieure à 200 arbres par ha devraient être admises (voir section 2.1.5) ou encore, la présence de rangées d'arbres ne devrait pas réduire une partie du remboursement de la taxe foncière ou affecter la proportion de l'assurance stabilisation. Cette reconnaissance pourrait se concrétiser par le biais d'une modification de la *Loi sur la protection du territoire et des activités agricoles* et des changements des critères de la Financière agricole.

L'une des problématiques persistant avec une telle méthode concerne la possibilité d'inclusion de l'ensemble des pratiques agroforestières dans la loi, plutôt qu'uniquement les SCI. La difficulté réside dans le fait que la diversité des systèmes, qui ne répondent pas tous aux mêmes problématiques environnementales et qui n'ont pas la même perspective de productivité de matières ligneuses, oblige l'élaboration de critères plus spécifiques pour chacun de ces systèmes. À ce moment, la définition précise de chacun d'eux devient une nécessité pour éviter le chevauchement des programmes.

Afin d'éviter toute confusion dans l'élaboration à long terme des orientations gouvernementales, la création d'un plan stratégique québécois pour le développement de l'agroforesterie pourrait également s'avérer être une solution efficace pour mener de façon progressive à l'atteinte des objectifs environnementaux sous-jacents. Cela favoriserait la concrétisation d'un plan d'action dans lequel toutes les ressources essentielles au développement seraient identifiées, autant en ce qui concerne les ressources financières, matérielles et humaines. L'atteinte des objectifs serait ainsi mesurée par le suivi annuel des résultats observables à l'échelle de la province.

Outre cela, il est évident que le gouvernement ne doit pas instaurer des règlements obligeant les agriculteurs à adopter les pratiques agroforestières sur leurs terres, puisque cela irait à l'encontre de la liberté de choix de ceux-ci (Lauzier, 2012, commentaire personnel). L'outil législatif devrait donc seulement être utilisé pour promouvoir ces nouvelles pratiques et faciliter leur instauration par les producteurs volontaires au changement. De cette façon, la loi n'agirait plus à titre de facteur contraignant à cette nouvelle technologie qui a d'ores et déjà démontré ses preuves.

Bref, les éléments de la loi reflètent directement la volonté et les orientations préférentielles du gouvernement. Malheureusement, malgré la démonstration expérimentale québécoise de la viabilité des SCI, ainsi que les nombreux cas succès réalisés à l'étranger, le gouvernement est hésitant à soutenir une pratique qu'il considère comme étant marginale et qui nécessite des investissements substantiels. À la base, du travail de sensibilisation et de transfert des connaissances est donc à prévoir pour faire tomber ces préjugés au sein des organisations gouvernementales.

## **5.2 Volet technique**

Le maillon faible ayant trait au volet technique des pratiques agroforestières concerne principalement le manque de connaissance en la matière de la part des divers intervenants. En fait, les deux principaux groupes directement affectés par cette lacune sur les terres agricoles sont, d'une part, les agriculteurs et, d'autre part, les agronomes ou les conseillers en agroenvironnement. Afin de remédier à cette situation, l'expertise québécoise gagnerait à être développée. Toutefois, les stratégies d'acquisition de connaissances divergent pour chacun des groupes visés.

En ce qui se rapporte aux agriculteurs, des séances de formation organisées par des professionnels auraient la capacité de transmettre l'expertise de façon directe. À cela pourrait s'ajouter la disponibilité d'experts pour fournir une aide technique et divers conseils au cours de toutes les étapes de la réalisation du projet. De cette manière, les agriculteurs bénéficieraient d'une approche spécialisée correspondant davantage à leurs besoins et leurs objectifs.

De façon connexe, un fait intéressant a été observé dans le cadre de la Commission géomatique agricole et agriculture de précision réalisée par le CRAAQ. En réalité, non seulement le manque de connaissances des agriculteurs entraîne la sous utilisation des nouveaux équipements sur les fermes, mais les agronomes sont encore moins familiers avec ces nouveaux systèmes (Lagacé, 2012, commentaire personnel). Selon Mme Lagacé, le même constat se pose avec les pratiques agroforestières, puisque les agronomes ne sont pas formés adéquatement pour promouvoir ces innovations. D'abord, afin d'assurer une progression de la formation, des cours de spécialisation en agroforesterie auraient avantage à être développés spécialement pour les baccalauréats en agronomie, plutôt qu'uniquement

privilégier la formation au niveau du deuxième cycle universitaire. Une formation de ce genre pour les agronomes permet d'éviter une formation de main-d'œuvre spécialisée en agroforesterie, mais qui ne serait pas en mesure de trouver des emplois au Québec. Le contact entre les agronomes et les agriculteurs serait idéal pour initier le partage des connaissances. Par la suite, de façon progressive, des programmes plus spécialisés pourraient prendre forme au niveau universitaire et devraient cibler les études en milieux tempérés. Enfin, compte tenu du temps requis pour élaborer ces programmes et compléter ces formations, il serait préférable de coordonner ces efforts avec les futures politiques gouvernementales précédemment mentionnées.

Aussi, la création de projets pilotes persiste dans son efficacité pour acquérir de précieuses informations quant aux particularités techniques influencées par les conditions environnementales. Le succès de ces méthodes est surtout attribuable à la collaboration entre les intervenants pour mener les projets à terme, ce qui favorise le transfert de connaissance dans un contexte multidisciplinaire.

Globalement, il est préférable d'envisager le développement de l'expertise québécoise en agroforesterie comme un investissement à long terme pour une agriculture durable.

### **5.3 Volet économique**

L'éventail d'alternatives réalisables pour soutenir financièrement les producteurs porte à croire que la meilleure option vise la combinaison de ces diverses mesures. En effet, certaines ont des répercussions directes sur la rentabilité des systèmes au niveau des agriculteurs (programmes de financement), alors que d'autres ont des impacts répartis sur l'ensemble de la société (paiement pour les BSE et certification). Au stade de développement actuel de l'agroforesterie, les mesures à impacts directs sur les agriculteurs sont celles qui devraient être privilégiées pour faciliter le changement de pratique à court terme. Graduellement, la reconnaissance de ces efforts par la société, ainsi que leur valorisation permettra l'instauration des autres outils au financement pour un développement durable de l'agriculture. Une fois cette priorisation établie, encore faut-il déterminer la façon de dégager ces ressources financières, ainsi que de cibler les critères d'admissibilité. De nouveau, la diversité des pratiques agroforestières pose une difficulté supplémentaire en la matière. Pour faciliter la tâche, les critères devraient être spécifiques à

chacun des systèmes, puisqu'ils poursuivent des objectifs différents. Les considérations pour les trois options retenues sont présentées dans ce qui suit.

D'abord, les exemples à l'international indiquent que les fonds nécessaires aux programmes de financement gouvernementaux proviennent inévitablement des impôts ou de nouvelles taxes environnementales. Toutefois, le Québec pourrait aussi favoriser un simple transfert d'investissement du budget alloué à la résorption des problématiques environnementales. Étant donné la diversité des bénéfices encourus par les pratiques agroforestières, plusieurs Ministères pourraient être amenés à collaborer pour créer ces fonds. Mis à part les Ministères, d'autres organisations locales ou régionales sauraient être à la base du financement de ces programmes, telles que les Conférences régionales des élus (CRÉ), la Financière agricole et la Fondation de la faune du Québec. De plus, afin d'être adaptés à l'agroforesterie et pour répondre aux problématiques vécues par les agriculteurs, de nouveaux programmes devraient être envisagés (Lagacé, 2012, commentaire personnel). À titre d'exemple, ces programmes pourraient viser les dépenses relatives à l'entretien et la taille de formation ou encore à l'implantation des SCI. Ainsi, une étroite collaboration devrait être envisagée entre les agriculteurs et les professionnels qui établiront les programmes. Enfin, la durée de ces programmes devrait être suffisante pour soutenir le changement de pratiques en s'échelonnant minimalement sur plusieurs années. Le programme *Prime-Vert* en est un cas de figure concluant. En effet, sa création et son maintien depuis 1999 est l'une des sources des changements de pratiques des agriculteurs observés actuellement pour divers éléments de la ferme. En la matière, le temps est un allié de premier plan.

Ensuite, le paiement pour les BSE constitue un cas particulier des programmes de financement. Afin d'élaborer et d'instaurer ce système pour l'ensemble du milieu agricole, les décideurs politiques doivent s'interroger sur six critères principaux (MAPAQ – Direction des politiques agroenvironnementales, 2005). Premièrement, l'identification des enjeux auxquels répond ce mode de rétribution est essentielle pour cibler les priorités environnementales, économiques et sociales. Deuxièmement, il est nécessaire de déterminer les outils qui favorisent la mise en place de ces paiements, tels que les permis échangeables et les crédits d'impôt. Troisièmement, les modalités de paiement envisagées

valorisent soit les initiatives des agriculteurs ou les résultats observés dans l'environnement. Quatrièmement, des balises claires encadrent les pratiques agricoles éligibles. Cinquièmement, il faut établir le seuil de référence réglementaire des conditions environnementales afin de déterminer si des pratiques de conservation sont également éligibles. Sixièmement, un groupe de décideurs doit être nommé en charge des modalités du programme. Bien sûr, ces éléments ne sont pas exclusifs à l'agroforesterie. Cela peut d'ailleurs être vu comme une contrainte de complexité pour la mise en place d'un paiement pour les BSE. En effet, un tel système est nécessairement global, touche l'ensemble des activités en milieu agricole et pourrait même s'étendre à d'autres secteurs d'activités. Le cas des permis échangeables issus de la séquestration du carbone l'illustre bien. Un tel système pourrait aisément impliquer aussi les activités industrielles à travers la province ou le pays. Par exemple, des crédits carbone d'une usine pourraient être obtenus suite à son soutien à l'agroforesterie. L'envergure dépend de la volonté et des politiques gouvernementales. Aussi, il ne faut pas négliger le fait que le succès de ces systèmes repose sur l'ouverture du marché. En d'autres termes, le marché pour les BSE ne doit pas se restreindre à des agents économiques particuliers et plutôt valoriser une libéralisation. Donc, les impacts appréhendés sur le développement économique du Québec seraient supérieurs à ceux des programmes de financement directs puisque non restreints à un seul secteur d'exploitation.

Enfin, la certification et l'éco-label des produits agroforestiers est une mesure de moindre impact qui, pour cette raison, n'est pas une priorité à court terme. Un tel outil vise d'abord et avant tout la promotion des pratiques durables auprès des consommateurs plutôt qu'un soutien financier des agriculteurs. En fait, comme c'est le cas avec la certification des produits biologiques, les producteurs réalisent plus souvent qu'autrement des investissements pour répondre aux critères de la certification. Offrir un produit certifié constitue tout de même un incitatif pour les agriculteurs qui introduisent de nouveaux produits sur le marché dans une optique stratégique de compétitivité commerciale.

À ce sujet, la distinction de la certification des produits agroforestiers et des produits biologiques est essentielle. En effet, les productions végétales biologiques visent l'amélioration de pratiques spécifiques, telles que la restriction de l'usage des pesticides et

l'amélioration de la gestion des fertilisants (Office des normes générales du Canada, 2006). Alors que les productions agroforestières ont pour but la gestion intégrée des ressources territoriales où l'enjeu majeur réside dans la diversification des exploitations. De ce point de vue, les bénéfices encourus aux niveaux environnemental, économique et social n'en sont que les conséquences. Donc, la certification des produits agroforestiers serait garante d'une agriculture durable.

Cependant, ce discernement n'est pas suffisant pour définir adéquatement les produits agroforestiers. Encore une fois, la diversité des systèmes et de leurs impacts sur l'environnement empêche de mettre tous les produits (tels que les PFNL et les cultures intercalaires) sur un pied d'égalité. De plus, il sera nécessaire de déterminer si les matières ligneuses seront aussi incluses dans cette certification. Si tel est le cas, les bandes riveraines et les haies brise-vent seraient aussi éligibles. Une certification pour les matières ligneuses pourrait être difficile à mettre en valeur sur le marché du bois, puisqu'elle serait en compétition avec la certification forestière actuelle qui est déjà encadrée par de nombreuses normes. Dans cette optique et de façon concourante aux demandes des agriculteurs, le gouvernement pourrait être appelé à organiser la mise en marché du bois produit en agroforesterie, offrir certaines garanties au niveau des prix ou encore inclure les matières ligneuses issues de l'agroforesterie dans la certification forestière actuelle.

#### **5.4 Volet environnemental**

Essentiellement, une seule mesure est à envisager pour optimiser les associations entre les composantes des SCI afin de générer un rendement soutenable : l'investissement dans la recherche et le développement de projets québécois. En effet, le succès des projets repose prioritairement sur l'efficacité des systèmes qui dépendent des patrons d'aménagement, des particularités des espèces, des conditions biophysiques des sites, etc. Pour ce faire, les recherches ont intérêt à continuer d'être menées en collaboration avec les agriculteurs comme c'est le cas actuellement. L'implication des centres de recherche, des universités et des gouvernements est cruciale, mais encore faut-il être en mesure de diffuser ces précieuses informations par le biais d'organisations semblables au CRAAQ.

Cependant, la limite actuelle des connaissances ne restreint pas la possibilité pour les agriculteurs de s'orienter vers des SCI pour lesquels des données ont déjà été répertoriées.

De telles initiatives ont pour avantage la réduction des risques encourus par les entreprises, puisqu'elles ne s'orientent pas vers des pratiques totalement inconnues. Ainsi, les associations entre les grandes cultures et les peupliers hybrides sont à préconiser. Bien que l'avantage des peupliers hybrides réside dans la production rapide de bois, la plantation de feuillus nobles, tels que le chêne rouge, pour une récolte à long terme a aussi démontré de nombreux avantages. Tel qu'illustré dans l'étude de cas, les plantations mélangées offrent un compromis relatif pour les agriculteurs et favorise un développement plus rapide et approfondi de l'expertise.

De plus, sur le territoire, il serait souhaitable d'éviter l'utilisation à grande échelle des mêmes associations d'espèces. En fait, dans de telles conditions, l'objectif de diversification des terres inhérent aux SCI ne serait pas atteint globalement. D'où l'importance de poursuivre la recherche d'innovations et d'améliorations dans le domaine.

Enfin, il ne faut pas oublier que le manque de données au niveau environnemental est l'un des obstacles à la création de modèles économiques ayant pour but la prévision de la rentabilité et des risques. L'existence de ces modèles serait un atout important pour convaincre les agriculteurs de modifier leurs pratiques dû à la réduction des incertitudes.

## **5.5 Volet social**

Au niveau social, l'insuffisance des ressources informationnelles a été identifiée comme une cause première de la formulation de préjugés de la part des agriculteurs face à l'agroforesterie. Afin de résorber cette situation, la création d'un groupe spécialisé en agroforesterie en charge de l'ensemble du territoire québécois a été proposée. Toutefois, pour avoir un impact résonnant, ce groupe ne peut pas agir seul. En effet, il doit être en étroite collaboration avec les organisations locales. Ainsi, la stratégie envisagée vise trois niveaux organisationnels interdépendants.

En premier lieu, à l'échelle provinciale se trouverait le groupe spécialisé pour le développement de l'agroforesterie. Ce groupe composé de différents experts, tels que des agronomes, des ingénieurs forestiers et des gestionnaires, ne serait pas nécessairement exclusivement d'appartenance gouvernementale : certaines collaborations auraient avantage à être envisagées. Le mandat principal de ce groupe d'experts consisterait à gérer

l'ensemble du partenariat multisectoriel essentiel pour le transfert technologique, la création de programmes de financement et l'investissement dans la recherche et le développement. Leur rôle s'assimilerait à concrétiser l'implantation du cadre conceptuel proposé pour l'agroforesterie par De Baets *et al.* (2007). Plus précisément, ce cadre inclut la totalité des entrants (ressources) et sortants (produits et services) des processus de production agroforestière. Ainsi, à partir de leurs réalisations, il serait plus aisé pour les décideurs gouvernementaux de développer des plans stratégiques, des politiques et des programmes ayant pour but d'encadrer les pratiques agroforestières au Québec.

En second lieu, à l'échelle locale, soit pour chaque région administrative, un groupe aurait pour mission d'ajuster les plans stratégiques à leur territoire respectif selon les problématiques particulières rencontrées en milieu agricole. À ce titre, les CRÉ semblent être des acteurs de premier choix pour remplir cette fonction. En effet, elles ont déjà pour mandat le développement intersectoriel (dont l'agriculture) de leur région et rassemblent tous les acteurs socio-économiques d'intérêt. D'ailleurs, les Commissions régionales sur les ressources naturelles et le territoire agissent en tant que conseillers des CRÉ pour la gestion des ressources naturelles et pourraient aussi être impliquées dans les stratégies agroforestières. De plus, les CRÉ soutiennent des fonds de développement régionaux pour financer la réalisation de leurs projets prioritaires. Plusieurs exemples démontrent l'efficacité de ces méthodes de gestion, ainsi que la diversité des projets pouvant être valorisés de cette manière. En effet, la CRÉ de la Montérégie Est a alloué 39 860 \$ à la MRC de Brome-Missisquoi pour la réalisation d'un guide de terrain, ainsi que l'élaboration de formations visant le contrôle de l'érosion des terres (CRÉ Montérégie Est, 2011). La CRÉ de l'Estrie a investi 192 000 \$ pour appuyer la stratégie d'intervention en matière de qualité de l'eau qui inclut l'implantation de bandes riveraines et la gestion des eaux de ruissellement (CRÉ de l'Estrie, 2012). La CRÉ de la Mauricie a élaboré un *Plan de développement de l'agriculture et de l'agroalimentaire* qui s'applique à l'échelle des bassins versants et qui a, notamment, pour objectif de diversifier les productions agricoles dans une perspective de développement durable (CRÉ de la Mauricie, 2010). Cet objectif se base sur les constats qui ont identifié une problématique majeure de pollution diffuse liée aux monocultures (maïs, soya et céréales). Enfin, l'exemple le plus concluant provient de la CRÉ de la Vallée-du-Haut-Saint-Laurent qui a produit un *Plan d'action 2011-2013* visant

le développement durable des ressources naturelles et dans lequel une action cible spécifiquement l'agroforesterie, soit:

*«Influencer les instances concernées sur la nécessité d'implanter la stratégie pour le développement de l'agroforesterie».* (CRÉ de la Vallée-du-Haut-Saint-Laurent, 2011, p. 20)

Donc, les CRÉ possèdent non seulement les ressources pour promouvoir localement l'agroforesterie, mais leurs objectifs s'orientent déjà vers ces pratiques que ce soit de façon explicite ou non.

En troisième lieu, des organisations doivent se charger de la concrétisation technique des projets financés, telles que les Conseils régionaux en environnement, les organismes de bassin versant et les clubs-conseils en agroenvironnement. En effet, les Conseils régionaux en environnement peuvent offrir des services conseils s'ils ont développé leur expertise en agroforesterie et allouer des ressources pour la sensibilisation. Les organismes de bassin versant, dont les objectifs concordent avec les résultats escomptés des pratiques agroforestières, peuvent mettre en place des projets pilotes de SCI comme c'est actuellement le cas avec les bandes riveraines (D'Auteuil, 2012, commentaire personnel). Les clubs-conseils en agroenvironnement sont tout désignés pour orienter les agriculteurs dans le changement de pratique et développer l'expertise dans le domaine. C'est d'ailleurs pour leur pouvoir d'influence auprès des agriculteurs que le *Plan d'action 2011-2013* de la CRÉ de la Mauricie les identifie comme collaborateurs de premier plan (CRÉ de la Mauricie, 2010). Sur une autre note, il ne faut pas oublier que l'élément limitant pour les organismes à but non lucratif réside dans la disponibilité de subventions pour réaliser les projets. D'où l'importance de favoriser une collaboration étroite entre les trois niveaux organisationnels.

Pour conclure, les agriculteurs doivent être impliqués directement à tous les niveaux organisationnels. Le succès de la démarche en dépend, tout comme de la motivation des agriculteurs envers ces nouvelles technologies. La motivation, quant à elle, repose sur le niveau de promotion et de disponibilité des ressources informationnelles.

## 6 RECOMMANDATIONS

À la lumière de cette analyse, les nombreux bénéfices que procurent les pratiques agroforestières, dont particulièrement les SCI, permettent, non seulement aux agriculteurs, mais aussi à l'ensemble de la société, de soulever clairement la nécessité de l'expansion de l'agroforesterie au Québec. Les initiatives gouvernementales doivent être prises en ce sens. Toutefois, la modification des pratiques peut uniquement être réalisable dans le cadre d'un engagement collectif global. Pour ce faire, différentes phases ont avantage à être franchies progressivement suivant la collaboration des divers acteurs socio-économiques. D'abord, l'information, l'éducation et la sensibilisation est primordiale pour valoriser et clarifier la totalité des implications des projets agroforestiers. Puis, l'élaboration de stratégies et de plans d'actions mène à la concrétisation des engagements des différents partis d'intérêt.

Au Québec, plusieurs freins au développement de l'agroforesterie ont été identifiés et peuvent être regroupés sous cinq principales catégories, soit les manques de reconnaissances institutionnelles, de connaissances techniques, de formation professionnelle, de financement et de communication. Les recommandations relatives à chacune d'elles sont énoncées dans ce qui suit. Il est à noter que dans plusieurs cas, plus d'une mesure est envisageable pour réduire ces facteurs limitant. Ainsi, idéalement et lorsque possible, la combinaison de ces mesures est préférable à la valorisation d'une seule mesure. L'efficacité du processus en est dépendante.

Concernant la reconnaissance institutionnelle, le statut de l'agroforesterie et de ses diverses formes doit être établi et intégré dans les nouvelles politiques et stratégies de développement, ainsi que dans les lois existantes. En fait, c'est cette reconnaissance qui permettra un réel coup d'envoi aux projets agroforestiers, puisque leur implantation en sera facilitée et valorisée collectivement. De plus, cela contribuera à hausser la confiance des producteurs envers ces nouvelles pratiques dû à la présence de balises plus strictes et encadrantes. L'impact de cette mesure est susceptible d'avoir des répercussions rapides à court terme.

En ce qui a trait aux connaissances techniques, l'investissement en recherche et développement est l'une des clés du développement de l'expertise québécoise et doit être mis de l'avant par les différentes organisations susceptibles de verser des fonds, telles que

les Ministères et les CRÉ. L'agroforesterie est considérée comme une nouvelle technologie dans le domaine agricole et dans cette perspective, il est nécessaire de l'actualiser constamment pour l'améliorer et atteindre des résultats de compétitivité sans précédent. Plus précisément, les associations optimales entre espèces visant la hausse de la productivité, les quantifications de la réduction réelle des coûts associés aux pesticides et aux fertilisants, ainsi que l'évaluation économique des avantages environnementaux sont les axes de recherche qui, certainement, intéressent le plus les agriculteurs. Outre cela, la création de programmes d'étude en agroforesterie dans les universités, ainsi que l'instauration de séances de formation adaptées pour les agriculteurs sont également à privilégier. En effet, la formation professionnelle est un atout majeur, car c'est cela qui permet l'essor des nouveaux secteurs économique sur le marché. L'aide aux agriculteurs sous forme de services conseils est aussi un outil qui a d'ores et déjà démontré ses preuves concernant l'adoption d'autres pratiques agricoles. Puisque ces mesures auront davantage d'effets à moyen et long terme, il est nécessaire de commencer à les planifier le plus tôt possible pour qu'elles puissent influencer le changement qui s'organise progressivement.

Aussi, le financement, que ce soit par le biais de programmes, de paiements des BSE ou de certifications, doit être assuré d'une façon ou d'une autre à court terme. Une telle nécessité s'explique par le fait qu'actuellement une certaine proportion des projets de SCI qui ont été évalués hors Québec n'a pas su démontrer une rentabilité acceptable pour les agriculteurs et ces derniers ne sont pas en mesure d'amortir les coûts d'implantation avec des risques si élevés. D'autant plus que les incitatifs financiers demeurent la préoccupation majeure des entreprises agricoles. Dans cette optique, il serait aussi approprié de développer un modèle économique d'estimation budgétaire spécifique pour les SCI et pour les conditions environnementales rencontrées au Québec.

En complément, la communication est encore une fois un élément essentiel pour assurer la visibilité de l'agroforesterie entre les différentes sphères d'influence, et ce, particulièrement dans l'objectif de valorisation des partenariats multisectoriels. Il est du devoir de tous les intervenants de privilégier le transfert de connaissances. Bien sûr, la centralisation et le regroupement des ressources informationnelles sont requis pour constituer une base à ce transfert de connaissances. En la matière, le CRAAQ joue un rôle de premier plan pour

favoriser le réseautage dans le milieu. La sensibilisation et la diffusion d'informations sont des processus relativement laborieux. Ainsi, les impacts de ces mesures ne se feraient ressentir qu'à moyen et long terme. Cette situation est problématique, car tel qu'indiqué précédemment, la communication est l'une des premières étapes à compléter pour commencer à observer un changement dans les pratiques. Ainsi, tous les autres éléments sont dépendants de l'atteinte des résultats au niveau social. Il est donc nécessaire de doubler les efforts et les ressources en ce sens.

## CONCLUSION

L'agroforesterie est une avenue prometteuse pour répondre aux enjeux de développement qui font pression dans le secteur agricole et, dans une moindre mesure, dans le secteur forestier au Québec. Plus spécifiquement, les SCI traduisent le mieux l'intégralité du concept de l'agroforesterie comme système permettant de générer et d'optimiser des bénéfices économiques, environnementaux et sociaux. Le présent essai satisfait l'objectif initial visé en identifiant l'ensemble des contraintes techniques, économiques et sociales constituant un frein à l'expansion de l'agroforesterie sous forme de SCI au Québec. De plus, le bilan ainsi effectué a permis la proposition de recommandations quant aux modifications à préconiser pour intégrer ce nouveau mode d'exploitation du territoire à court, moyen et long terme. De surcroît, ces suggestions pourraient également constituer un point de départ à l'élaboration d'une stratégie provinciale visant le développement de l'agroforesterie.

L'importance de définir adéquatement l'agroforesterie et ses diverses formes a été mise en évidence. Il s'agit de l'un des principaux éléments qui influence les orientations gouvernementales stratégiques. La clarification des objectifs à atteindre permet de fixer les balises quant au niveau de développement de cette innovation préconisée pour l'ensemble de la société. L'absence de délimitation du concept des SCI engendre la formulation de préjugés de la part des différents intervenants, et ce, particulièrement des agriculteurs. Toutefois, les études actuelles semblent avoir bien cerné les craintes des agriculteurs. Ainsi, ces informations peuvent maintenant être utilisées pour cibler les actions prioritaires, notamment en ce qui a trait à l'information et à la sensibilisation qui constituent le point de départ de tout engagement collectif global.

L'analyse comparative entre les systèmes agroforestiers mondiaux, canadiens et québécois a permis d'établir que dans la majorité des cas, l'agroforesterie est devenue une nécessité pour contrer des problématiques environnementales causées, principalement, par l'exploitation de monocultures. Ainsi, le Québec ne doit pas attendre de ne plus avoir le choix pour développer son expertise dans ce domaine. De plus, que ce soit en région tempérée ou tropicale, les différentes nations font toutes face à des contraintes similaires concernant l'insuffisance de données techniques nécessaires à la création de modèles de

prévision économique, l'absence de formation spécialisée et de support technique, la carence de reconnaissance institutionnelle, la difficulté d'obtenir du financement adéquat pour assurer la rentabilité aux agriculteurs, ainsi que les attitudes rébarbatives à tout changement de la part de certains agriculteurs en opposition aux pressions sociales émergentes.

Pour contrer ces facteurs limitant, diverses mesures ont été envisagées et proposées aux niveaux règlementaire, technique, économique, environnemental et social. D'ailleurs, l'étude de cas a permis de démontrer les particularités techniques se devant d'être considérées lors de l'implantation d'un SCI selon les avantages spécifiques désirant être obtenus par les agriculteurs. En addition, les externalités environnementales positives générées par les SCI devraient davantage être mises en valeurs afin de comptabiliser de façon juste et précise l'ensemble des bénéfices qui sont assurés. Enfin, les recommandations ont conduit à préconiser idéalement la combinaison des différentes solutions proposées afin d'intégrer l'ensemble des échelons organisationnels, tant au niveau régional que local.

En guise de conclusion, les SCI sont une option de choix pour répondre aux enjeux québécois attribuables à l'agriculture intensive ainsi qu'à la limitation de la diversification des productions. La concertation des divers intervenants socio-économiques concernant la nécessité de l'agroforesterie, ainsi que la distribution de ressources informationnelles sont les premières étapes à accomplir pour favoriser le développement de l'agroforesterie au Québec.

## RÉFÉRENCES

- AAC (2011a). Centre du développement de l'agroforesterie. *In* AAC. AAC, [En ligne]. <http://www4.agr.gc.ca/AAFC-AAC/display-afficher.do?id=1186517615847&lang=fra> (Page consultée le 17 janvier 2012).
- AAC (2011b). Programme pour l'avancement du secteur canadien de l'agriculture et de l'agroalimentaire. *In* AAC. AAC, [En ligne]. <http://www4.agr.gc.ca/AAFC-AAC/display-afficher.do?id=1251739303866&lang=fra> (Page consultée le 29 février 2012).
- AAC (2011c). Le gouvernement du Canada fait la promotion du libre marché et de l'innovation sur la scène internationale. *In* AAC. AAC, [En ligne]. [http://www.agr.gc.ca/cb/index\\_f.php?s1=n&s2=2011&page=n110624](http://www.agr.gc.ca/cb/index_f.php?s1=n&s2=2011&page=n110624) (Page consultée le 28 mars 2012).
- AAC (2009). Biens et services écologiques et agroforesterie : l'intérêt du producteur agricole et de la société. Synthèse et recommandations. *In* Agri-Réseau. *Agri-Réseau*, [En ligne]. [http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/Rapport\\_Synthese\\_BSE\\_Agroforest\\_Fr.pdf](http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/Rapport_Synthese_BSE_Agroforest_Fr.pdf) (Page consultée le 5 mars 2012).
- AAC (2008). Potentiel de séquestration du carbone par des pratiques agroforestières dans le bassin versant de la rivière L'Ormière au Québec. *In* Agri-Réseau. *Agri-Réseau*, [En ligne]. [http://www.agrireseau.qc.ca/Agroforesterie/documents/Sequestration\\_Carbon\\_Agrofor\\_2007-Fr.pdf](http://www.agrireseau.qc.ca/Agroforesterie/documents/Sequestration_Carbon_Agrofor_2007-Fr.pdf) (Page consultée le 5 mars 2012).
- Achim, A., Bernier, M. et Cogliastro, A. (2009). Comparaison des propriétés mécaniques du bois de plantation avec celui de la forêt naturelle : le cas du chêne rouge. Rapport final présenté au ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec. Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier, volet II. Projet 16-2008-05. Institut de recherche en biologie végétale, Montréal. 18 p.
- AFAF (2006). Nature de l'agroforesterie. *In* AFAF. *AFAF*, [En ligne]. <http://www.agroforesterie.fr/definition-agroforesterie.pdf> (Page consultée le 12 mars 2012).
- AFAHC (2009). Guide technique PAGESA – Principes d'aménagement et de gestion des systèmes agroforestiers. *In* AFAF. *AFAHC*, [En ligne]. <http://www.agroforesterie.fr/PAGESA.pdf> (Page consultée le 5 mars 2012).
- AFTA (s. d.). *Association for Temperate Agroforestry*, [En ligne]. <http://www.aftaweb.org/index.php> (Page consultée le 5 décembre 2011).
- AGIR (2010). *AGIR Agence de Gestion Intégrée des Ressources*, [En ligne]. <http://www.groupeagir.com/index.html> (Page consultée le 29 février 2012).

- Agriculture and Rural Development – Government of Alberta (2012). Agroforestry and Woodlot Extension Society of Alberta. *In Agriculture and Rural Development – Government of Alberta. Agriculture and Rural Development – Government of Alberta*, [En ligne]. [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/apa3312](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/apa3312) (Page consultée le 2 mars 2012).
- Agroforesterie produire autrement* (2009). Fabien Liagre et Nicolas Girardin, réalisateurs, AGROOF production, DVD (65 minutes).
- AGROOF (2012). *AGROOF Bureau d'étude spécialisé en agroforesterie*, [En ligne]. <http://www.agroof.net/agroforesterie.html> (Page consultée le 17 janvier 2012).
- Alavalapati, J.R.R., Shrestha, R.K., Stainback, G.A. and Matta, J.R. (2004). Agroforestry development : An environmental economic perspective. *Agroforestry Systems*, vol. 61, n° 1, p. 299-310.
- Anel, B. (2009). De la multifonctionnalité de l'agriculture à l'agroforesterie : Le projet de mise en valeur de l'espace rural de la MRC du Rocher-Percé (février 2005 – août 2009). Réalisations et réflexions. CLD du Rocher-Percé. 83 p.
- Avelino, J., ten Hoopen, G.M. and DeClerck, F.A.J. (2011). Ecological mechanisms for pest and disease control in coffee and cacao agroecosystems of the Neotropics. *In* Rapidel, B., DeClerck, F.A.J., Le Coq, J.-F. and Beer, J. (éd.), *Ecosystem services from agriculture and agroforestry : Measurement and payment* (chap. 4, p. 91-118). Washington D.C., Earthscan.
- Bambrick, A.D., Whalen, J.K., Bradley, R.L., Cogliastro, A., Gordon, A.M., Olivier, A. and Thevathasan, N.V. (2010). Spatial heterogeneity of soil organic carbon in tree-based intercropping systems in Quebec and Ontario, Canada. *Agroforestry Systems*, vol. 79, n° 3, p. 343-353.
- Bauer, A. (2004). Le Réseau Brésilien Agroforestier (REBRAF) développe et enseigne la pratique de l'agroforesterie chez les petits agriculteurs. *In* DHP. *Dialogues, propositions, histoires pour une citoyenneté mondiale*, [En ligne]. <http://base.d-ph.info/fr/fiches/dph/fiche-dph-6697.html> (Page consultée le 6 février 2011).
- Bergeron, M., Lacombe, S., Bradley, R.L., Whalen, J., Cogliastro, A., Jutras, M.-F. et Arp, P. (2011). Reduced soil nutrient leaching following the establishment of tree-based intercropping systems in eastern Canada. *Agroforestry Systems*, vol. 83, n° 3, p.321-330.
- Blazier, M., Leichty, H., Pelkki, M., West, C. and Alison, W. (2011). Establishing alley cropping systems for producing switchgrass and cottonwood as biofuel feedstocks on marginal agricultural soils of the lower Mississippi alluvial valley. *In* Ashton, S.F., Workman, S.W., Hubbard, W.G. and Moorhead, D.J. (éd.), *Agroforestry : A profitable land use. Proceedings, 12th North American Agroforestry Conference* (p.55), Athènes, 4-9 juin 2011.

- Bois, G. (2005). *Écophysiologie de semis de conifères ectomycorhizés en milieu salin et sodique*. Thèse de doctorat, Université Laval, Québec, Québec, 190 p.
- Brandle, J.R. and Kort, J. (2000). WBECON - Windbreak Economics [logiciel]. Centre de recherche en agroforesterie, Indian Head.
- Brandle, J.R., Hodges, L. and Wight, B. (2000). Windbreak practices. In Garrett, H.E., Rietveld, W.J. and Fisher, R.F. (éd.), *North American Agroforestry : An integrated science and practice* (chap. 4, p. 79-118). Madison, American Society of Agronomy Inc.
- CAFN (s. d.). *CAFN Corporation Aménagement Forestier Normandin*, [En ligne]. <http://www.cafn.info/index.html> (Page consultée le 29 février 2012).
- Cassman, K.G., Wood, S., Choo, P.S., Cooper, D.H., Devendra, C., Dixon, J., Gaskell, J., Khan, S., Lal, R., Lipper, L., Pretty, J., Primavera, J., Ramankutty, N., Viglizzo, E. and Wiebe, K. (2005). Cultivated systems. In Hassan, R., Scholes, R. and Ash, N. (éd.), *Ecosystems and human well-being. Volume 1. Current state and trends*. (chap. 26, p. 745-794). Washington, Island Press.
- CIFQ (2012). Enjeux. Contentieux canado-américain. In CIFQ. *CIFQ*, [En ligne]. <http://www.cifq.qc.ca/fr/industrie/enjeux/contentieux-canado-americain> (Page consultée le 16 mars 2012).
- CIFQ (2011). Mémoire sur le projet de stratégie d'aménagement durable des forêts et sur les orientations du règlement sur l'aménagement durable des forêts. La nécessité d'un engagement clair du Québec à utiliser le plein potentiel de production de matière ligneuse de ses forêts. In CIFQ. *CIFQ*, [En ligne]. <http://www.cifq.qc.ca/documents/file/memoires/memoire-sadf-radfjanv11.pdf> (Page consultée le 16 mars 2012).
- Clason, T.R. and Sharrow, S.H. (2000). Silvopastoral practices. In Garrett, H.E., Rietveld, W.J. and Fisher, R.F. (éd.), *North American Agroforestry : An integrated science and practice* (chap. 5, p. 119-147). Madison, American Society of Agronomy Inc.
- Cogliastro, A. (2012). Discussion au sujet de l'expérimentation du SCI réalisée à Saint-Paulin. Communication orale. *Entrevue menée par Julie Simard avec Alain Cogliastro, Ph. D., botaniste et chercheur au Jardin botanique de Montréal (Institut de Recherche en Biologie Végétale)*, 12 avril 2012, Jardin botanique de Montréal, Montréal.
- Commission d'étude sur la gestion de la forêt publique québécoise (2004). Chapitre 5 État des forêts et prédiction des volumes ligneux : des axes de changement. In Commission d'étude sur la gestion de la forêt publique québécoise. *Commission d'étude sur la gestion de la forêt publique québécoise*, [En ligne]. [http://www.commission-foret.qc.ca/rapportfinal/chapitre\\_5.pdf](http://www.commission-foret.qc.ca/rapportfinal/chapitre_5.pdf) (Page consultée le 5 mars 2012).

- Commonwealth Forestry Association (s. d.). Uganda Agroforestry Development Network. In Commonwealth Forestry Association. *Commonwealth Forestry Association*, [En ligne]. <http://www.cfa-international.org/NGO%20directory/DFA-671.htm> (Page consultée le 17 janvier 2012).
- CRAAQ – Comité agroforesterie (2011). Terminologie et définitions. In CRAAQ. *CRAAQ*, [En ligne]. [http://www.craaq.qc.ca/UserFiles/File/Comites/AGF/Terminologie\\_2011.pdf](http://www.craaq.qc.ca/UserFiles/File/Comites/AGF/Terminologie_2011.pdf) (Page consultée le 7 février 2012).
- CRDI (s. d.). La science de l'agroforesterie. In CRDI. *CRDI*, [En ligne]. <http://www.idrc.ca/FR/Funding/WhoCanApply/Pages/ResearcherDetails.aspx?ProfileID=7> (Page consultée le 10 février 2012).
- CRÉ de la Mauricie (2010). Plan de développement de l'agriculture et de l'agroalimentaire de la Mauricie (2010-2015). In CRÉ de la Mauricie. *CRÉ de la Mauricie*, [En ligne]. [http://www.cre-mauricie.qc.ca/doc\\_uploads/cre/documents/documentation/plans-de-developpement/Plan-de-developpement-agriculture-agroalimentaire-Mauricie-2010-2015.pdf](http://www.cre-mauricie.qc.ca/doc_uploads/cre/documents/documentation/plans-de-developpement/Plan-de-developpement-agriculture-agroalimentaire-Mauricie-2010-2015.pdf) (Page consultée le 15 avril 2012).
- CRÉ de la Vallée-du-Haut-Saint-Laurent (2011). Plan d'action 2011-2013. In CRÉ de la Vallée-du-Haut-Saint-Laurent. *CRÉ de la Vallée-du-Haut-Saint-Laurent*, [En ligne]. <http://www.crevhsl.org/sites/default/files/fichiers/pages/Plan%20d%27action%20CR RNT%202011-2013.pdf> (Page consultée le 15 avril 2012).
- CRÉ de l'Estrie (2012). Ententes spécifiques et liste de projets. In CRÉ de l'Estrie. *CRÉ de l'Estrie*, [En ligne]. <http://www.creestrie.qc.ca/ententes.html> (Page consultée le 18 avril 2012).
- CRÉ Montérégie Est (2011). Plus de 600 000\$ investis dans le milieu grâce à trois appels de projets de la CRÉ Montérégie Est. In CRÉ Montérégie Est. *CRÉ Montérégie Est*, [En ligne]. [http://www.monteregie-est.org/cre\\_monteregie\\_fichiers/file/communiqu%C3%A9\\_projetsfinances\\_3appelsprojets.pdf](http://www.monteregie-est.org/cre_monteregie_fichiers/file/communiqu%C3%A9_projetsfinances_3appelsprojets.pdf) (Page consultée le 18 avril 2012).
- Current, D., Lutz, E. and Scherr, S.J. (1995). Adoption of agroforestry. In Current, D., Lutz, E. and Scherr, S.J. (éd.), *Costs, benefits, and farmer adoption of agroforestry. Project experience in Central America and the Caribbean*. Washington, The World Bank.
- D'Auteuil, C. (11 avril 2012). *Le rôle des organismes de bassin versant dans la promotion de l'agroforesterie au Québec*. Courriel électronique à Chantal D'Auteuil, adresse destinataire : [c.dauteuil@abq.qc.ca](mailto:c.dauteuil@abq.qc.ca)
- De Baets, N. (2007). *Le potentiel des pratiques agroforestières pour contribuer à la multifonctionnalité de l'agriculture de la MRC du Rocher-Percé : Une étude socioéconomique exploratoire*. Essai de maîtrise des sciences, Université Laval, Québec, Québec, 99 p.

- De Baets, N. et Lebel, F. (2007). L'agroforesterie au Québec : Mémoire présenté à la Commission pour l'avenir de l'agriculture et de l'agroalimentaire québécois (CAAAQ) le 7 juin 2007 à Montréal. *In* CAAAQ. CAAAQ, [En ligne]. [http://www.caaaq.gouv.qc.ca/userfiles/File/Memoire%20Laurentides-Montreal%20special/06-12-MS-Centre\\_expertise\\_produits\\_agroforestiers.pdf](http://www.caaaq.gouv.qc.ca/userfiles/File/Memoire%20Laurentides-Montreal%20special/06-12-MS-Centre_expertise_produits_agroforestiers.pdf) (Page consultée le 10 janvier 2012).
- De Baets, N., Gariépy, S. et Vézina, A. (2007). Le portrait de l'agroforesterie au Québec. Sommaire exécutif. *In* Agriculture et Agroalimentaire Canada. *Agriculture et Agroalimentaire Canada*, [En ligne]. [http://www4.agr.gc.ca/resources/prod/doc/terr/pdf/som\\_portrait\\_qc\\_final\\_f.pdf](http://www4.agr.gc.ca/resources/prod/doc/terr/pdf/som_portrait_qc_final_f.pdf) (Page consultée le 5 décembre 2011).
- DeClerck, F.A.J. and Salinas, A.M. (2011). Measuring biodiversity. *In* Rapidel, B., DeClerck, F.A.J., Le Coq, J.-F. and Beer, J. (réd.), *Ecosystem services from agriculture and agroforestry : Measurement and payment* (chap. 3, p. 65-90). Washington D.C., Earthscan.
- D'Orangeville, L., Cogliastro, A. et Daigle, S. (2007). Analyse de différentes avenues de production de peupliers hybrides en Montérégie. Rapport final préparé pour le ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec. Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier Volet II, projet 2-06-63-36. Institut de recherche en biologie végétale, Montréal. 70 p.
- Doyle, C.J. and Waterhouse, T. (2008). Social and economic implications of agroforestry for rural economic development in temperate regions. *In* Batish, D.R., Kohli, R.K., Jose, S. and Singh, H.P. (réd.), *Ecological basis of agroforestry* (chap. 16, p. 303-318). Boca Raton, CRC Press.
- Dumont, M. (1997). Le reboisement avec des feuillus : Une option judicieuse sur les terres privées. *In* MRNF. *MRNF*, [En ligne]. <http://www.mrnf.gouv.qc.ca/publications/forets/entreprises/reboisement.pdf> (Page consultée le 12 mars 2012).
- Dupras, J. (2010). L'évaluation économique des biens et services écologiques. Communication orale. *Conférence dans le cadre du cours BIO3801 – Conservation et aménagement de l'Université de Montréal*, 12 février 2010, Montréal.
- Dupraz, C. et Liagre, F. (2011). *Agroforesterie. Des arbres et des cultures*. 2<sup>e</sup> édition, Paris, France Agricole, 432 p.
- Dupraz, C. (2010). C'est officiel : Planter des arbres est bon pour l'agriculture! *Agroforesteries, la revue française des arbres ruraux*, vol. 1, n<sup>o</sup> 3, p. 21-31.

- Dupraz, C., Burgess, P., Gavaland, A., Graves, A., Herzog, F., Incoll, L.D., Jackson, N., Keesman, K., Lawson, G., Lecomte, I., Liagre, F., Mantzanas, K., Mayus, M., Moreno, G., Palma, J., Papanastasis, V., Paris, P., Pilbeam, D.J., Reisner, Y., Van Noordwijk, M., Vincent, G. and Werf Van der, W. (2005). Synthesis of the Silvoarable Agroforestry For Europe (SAFE) project. INRA-UMR System Editions, Montpellier, 254 p.
- Dupraz, C. (1994a). Les associations d'arbres et de cultures intercalaires annuelles sous climat tempéré. *Revue Forestière Française*, vol. XLVI, n° septembre, p. 72-83.
- Dupraz, C. (1994b). Le chêne et le blé : L'agroforesterie peut-elle intéresser les exploitations européennes de grandes cultures? *Revue Forestière Française*, vol. XLVI, n° septembre, p. 84-95.
- Dyack, B.J., Rollins, K. and Gordon, A.M. (1999). A model to calculate *ex ante* the threshold value of interaction effects necessary for proposed intercropping projects to be feasible to the landowner and desirable to society. *Agroforestry Systems*, vol. 44, n° 2, p. 197-214.
- Eichhorn, M.P., Paris, P., Herzog, F., Incoll, L.D., Liagre, F., Mantzanas, K., Mayus, M., Moreno, G., Papanastasis, V.P., Pilbeam, D.J., Pisanelli, A. and Dupraz, C. (2006). Silvoarable systems in Europe – past, present and future prospects. *Agroforestry Systems*, vol. 67, n° 1, p. 29-50.
- Elevitch, C.R. and Wilkinson, K.M. (2000). Economics of farm forestry : Financial evaluation for landowners. In Elevitch, C.R. and Wilkinson, K.M. (réd.), *Agroforestry guides for Pacific Islands* (chap. 7, p. 173-202). Holualoa, Permanent Agriculture Resources.
- Federation of British Columbia. Woodlot Associations (2012). *Agroforestry Industry Development Initiative*, [En ligne].  
<http://www.woodlot.bc.ca/agroforestry/index.html#ini> (Page consultée le 29 février 2012).
- Field, B.C. and Olewiler, N.D. (2011). *Environmental economics*. 3<sup>e</sup> édition, Whitby, McGraw-Hill Ryerson, 399 p.
- Filson, G.C. (2001). Agroforestry extension and the Western China development strategy. In Future Directions in Rural Extensions. *Future Directions in Rural Extensions. Ontario*, [En ligne].  
<http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/apcity/unpan025327.pdf> (Page consultée le 6 février 2012).
- Financière agricole (2012). Financement. In Financière agricole. *Financière agricole*, [En ligne].  
[http://www.fadq.qc.ca/financement/financement\\_agricole/financement/admissibilite.html](http://www.fadq.qc.ca/financement/financement_agricole/financement/admissibilite.html) (Page consultée le 29 mars 2012).

- Fisher, M. (2011). Agroforestry. A growing science seeks to boost its practice. *CSA News*, Novembre 2011, p. 4-11.
- Fondation de la faune du Québec (2012). Programme de mise en valeur de la biodiversité en milieu agricole. In Fondation de la faune du Québec. *Fondation de la faune du Québec*, [En ligne]. [http://www.fondationdelafaune.qc.ca/initiatives/programmes\\_aide/25](http://www.fondationdelafaune.qc.ca/initiatives/programmes_aide/25) (Page consultée le 29 mars 2012).
- Fondation de la faune du Québec (1996). Plantation de haies brise vent pour la faune. In Fondation de la faune du Québec. *Fondation de la faune du Québec*, [En ligne]. [http://www.fondationdelafaune.qc.ca/documents/x\\_guides/443\\_fascicule7.pdf](http://www.fondationdelafaune.qc.ca/documents/x_guides/443_fascicule7.pdf) (Page consultée le 30 janvier 2012).
- Fondation de la faune du Québec et L'Union des producteurs agricoles (2011). *Le manuel d'accompagnement pour la mise en valeur de la biodiversité des cours d'eau en milieu agricole*, [En ligne]. <http://www.coursdeauagricoles.ca/accueil.html> (Page consultée le 2 avril 2012).
- Fortier, J., Gagnon, D., Truax, B. and Lambert, F. (2010). Biomass and volume yield after 6 years in multiclonal hybrid poplar riparian buffer strips. *Biomass and Bioenergy*, vol. 34, n° 7, p. 1028-1040.
- Garrett, H.E.G. and McGraw, L. (2000). Alley cropping practices. In Garrett, H.E., Rietveld, W.J. and Fisher, R.F. (éd.), *North American Agroforestry : An integrated science and practice* (chap. 6, p. 149-188). Madison, American Society of Agronomy Inc.
- Garrett, H.E.G. and Buck, L. (1997). Agroforestry practice and policy in the United States of America. *Forest Ecology and Management*, vol. 91, n° 1, p. 5-15.
- Garrett, H.E.G., Kurtz, W.B., Buck, L.E., Lassoie, J.P., Gold, M.A., Pearson, H.A., Hardesty, L.H. and Slusher, J.P. (1994). Agroforestry : An integrated land-use management system for production and farmland conservation. In AFTA. *AFTA*, [En ligne]. [http://rmpportal.net/library/content/Deforestation/ATA\\_Agrofor-LandUseMgmtSystem\\_page36.pdf](http://rmpportal.net/library/content/Deforestation/ATA_Agrofor-LandUseMgmtSystem_page36.pdf) (Page consultée le 7 mars 2012).
- GIRAF (2011). *GIRAF – Groupe interdisciplinaire de recherche en agroforesterie*, [En ligne]. <http://www.plg.ulaval.ca/giraf/index.html> (Page consultée le 5 décembre 2011).
- Godsey, L.D. (2005). Funding incentives for agroforestry in Missouri. In University of Missouri Center for Agroforestry. *University of Missouri extension*, [En ligne]. <http://extension.missouri.edu/explorepdf/agguides/agroforestry/af1005.pdf> (Page consultée le 2 avril 2012).

- Gold, M.A., Rietveld, W.J., Garrett, H.E. and Fisher, R.E. (2000). Agroforestry nomenclature, concepts, and practices for the USA. In Garrett, H.E., Rietveld, W.J. and Fisher, R.F. (éd.), *North American Agroforestry : An integrated science and practice* (chap. 3, p. 63-77). Madison, American Society of Agronomy Inc.
- Gordon, A.M., Thevathasan, N.V., Klironomos, J., Bradley, R., Shipley, B., Cogliastro, A., Olivier, A. and Whalen, J. (2008). Agroforestry in the world : Lessons for Canada. *Options Politiques*, février, p. 50-53.
- Gouvernement du Canada (2012). Plan d'action du Canada sur les changements climatiques. In Gouvernement du Canada. *L'action du Canada sur les changements climatiques*, [En ligne]. <http://www.climatechange.gc.ca/default.asp?lang=Fr&n=E18C8F2D-1> (Page consultée le 29 mars 2012).
- Graves, A.R., Burgess, P.J., Palma, J.H.N., Herzog, F., Moreno, G., Bertomeu, M., Dupraz, C., Liagre, F., Keesman, K., van der Werf, W., Koeffeman de Nooy, A. and van den Briel, J.P. (2007). Development and application of bio-economic modelling to compare silvoarable, arable, and forest systems in three European countries. *Ecological Engineering*, vol. 29, n° 4, p.434-449.
- Hill, D.B. and Buck, L.E. (2000). Forest farming practices. In Garrett, H.E., Rietveld, W.J. and Fisher, R.F. (éd.), *North American Agroforestry : An integrated science and practice* (chap. 8, p. 283-320). Madison, American Society of Agronomy Inc.
- Huang, W., Kanninen, M., Xu, Q. and Huang, B. (1997). Agroforestry in China : Present state and future potential. *Ambio*, vol. 26, n° 6, p. 394-398.
- Hulse, J.H. and Pearson, O.E. (1979). CRDI Manuscript reports. Food and agricultural research – Its past and future contribution to agricultural, social and economic development. In CRDI. *CRDI*, [En ligne]. <http://idl-bnc.idrc.ca/dspace/bitstream/10625/3287/1/31376.pdf> (Page consultée le 10 février 2012).
- Jama, B. and Zeila, A. (2005). Agroforestry in the drylands of eastern Africa : a call to action. In World Agroforestry Center. *World Agroforestry Center. Transforming lives and landscapes*, [En ligne]. [http://www.plant-trees.org/resources/infomaterials/english/agroforestry\\_technologies/Agroforestry%20in%20the%20drylands%20of%20eastern%20Africa\\_%20A%20call%20to%20action.pdf](http://www.plant-trees.org/resources/infomaterials/english/agroforestry_technologies/Agroforestry%20in%20the%20drylands%20of%20eastern%20Africa_%20A%20call%20to%20action.pdf) (Page consultée le 6 février 2012).
- Jianbo, L. (2006). Energy balance and economic benefits of two agroforestry systems in northern and southern China. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 116, n° 3-4, p. 255-262.
- Johnson, C. (2006). An introduction to agroforestry. In The Kerr Center. The Kerr Center for sustainable agriculture, [En ligne]. <http://www.kerrcenter.com/publications/Agroforestry-CJ06.pdf> (Page consultée le 10 janvier 2012).

- Jose, S. (2009). Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits : an overview. *Agroforestry Systems*, vol. 76, n° 1, p. 1-10.
- Junwei, G. and Hongkiang, Z. (1991). Oriental values and agroforestry development in China. In Zhaohua, Z., Mantang, C., Shiji, W. and Youxu, J. (réd.), *Agroforestry systems in China* (chap. 1., p.1-23). Singapour, Chinese Academy of Forestry, People's Republic of China and International Development Research Centre.
- Kho, R.M. (2000). A general tree-environment-crop interaction equation for predictive understanding of agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 80, n° 1, p. 87-100.
- Kohli, R.K., Singh, H.P., Batish, D.R. and Jose, S. (2008). Ecological interactions in agroforestry : An overview. In Batish, D.R., Kohli, R.K., Jose, S. and Singh, H.P. (réd.), *Ecological basis of agroforestry* (chap. 1, p. 3-14). Boca Raton, CRC Press.
- Kort, J., Bank, G., Pomeroy, J. and Fang, X. (2011). Agroforestry role in snow distribution and management. In Ashton, S.F., Workman, S.W., Hubbard, W.G. and Moorhead, D.J. (réd.), *Agroforestry : A profitable land use. Proceedings, 12th North American Agroforestry Conference* (p.93), Athènes, 4-9 juin 2011.
- Kurtz, W.B. (2000). Economics and policy of agroforestry. In Garrett, H.E., Rietveld, W.J. and Fisher, R.F. (réd.), *North American Agroforestry : An integrated science and practice* (chap. 9, p. 321-360). Madison, American Society of Agronomy Inc.
- Lacombe, S., Bradley, R.L., Hamel, C. and Beaulieu, C. (2009). Do tree-based intercropping systems increase the diversity and stability of soil microbial communities? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 131, n° 1-2, p. 25-31.
- Lagacé, J. (2012). Discussion au sujet des contraintes à l'adoption des pratiques agroforestières au Québec. Communication orale. *Entrevue téléphonique menée par Julie Simard avec Joanne Lagacé, chargée de projet à l'exécutif du comité agroforesterie au CRAAQ*, 13 avril 2012, Québec.
- Larousse (2012). Gélivure. In Larousse. *Larousse*, [En ligne]. <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/g%C3%A9livure> (Page consultée le 10 avril 2012).
- Lassoie, J.P. and Buck, L.E. (2000). Development of agroforestry as an integrated land use management strategy. In Garrett, H.E., Rietveld, W.J. and Fisher, R.F. (réd.), *North American Agroforestry : An integrated science and practice* (chap. 1, p. 1-29). Madison, American Society of Agronomy Inc.
- Lauzier, R. (12 avril 2012). *Assujettissement possible de l'agroforesterie dans les règlementations*. Courriel électronique à Richard Lauzier, adresse destinataire : [richard.lauzier@mapaq.gouv.qc.ca](mailto:richard.lauzier@mapaq.gouv.qc.ca)
- Lavoie, A. (2011). *Perceptions des agriculteurs familiaux du Nordeste Agreste du Brésil concernant l'adoption de pratiques agroforestières*. Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec, Québec, 171 p.

- Le Coq, J.-F., Soto, G. and Hernández, C.G. (2011). PES and eco-label : A comparative analysis of their limits and opportunities to foster environmental services provision. *In* Rapidel, B., DeClerck, F.A.J., Le Coq, J.-F. and Beer, J. (éd.), *Ecosystem services from agriculture and agroforestry : Measurement and payment* (chap. 11, p. 237-266). Washington D.C., Earthscan.
- Lehrer, N. (2009). Negotiating a political path to agroforestry through the Conservation Security Program. *Agroforestry Systems*, vol. 75, n° 1, p. 103-116.
- Li, T., Beauchesne, P. et Osmann, M.-J. (2003). Portrait du déboisement pour les périodes 1990-1999 et 1999-2002 pour les régions administratives de la Chaudière-Appalaches, du Centre-du-Québec, de la Montérégie et de Lanaudière (Rapport synthèse). *In* Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE). *BAPE*, [En ligne]. <http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/prod-porcine/documents/BIO154.pdf> (Page consultée le 5 mars 2012).
- Liagre, F., Dupraz, C., Angéniol, C., Canet, A. and Ambroise, R. (2011). Key policy changes that made agroforestry adoption possible in France. *In* Ashton, S.F., Workman, S.W., Hubbard, W.G. and Moorhead, D.J. (éd.), *Agroforestry : A profitable land use. Proceedings, 12th North American Agroforestry Conference* (p.135), Athènes, 4-9 juin 2011.
- Liagre, F., Ranke, O., Sanson, B. et Léturgie, A. (2010). Projet d'aménagement agroforestier de la Bergerie de Villarceaux. *In* AFAF. *AFAF*, [En ligne]. [http://www.agroforesterie.fr/newsletters/newsletter\\_04\\_11/Agrof\\_Villarceaux\\_Dec10.pdf](http://www.agroforesterie.fr/newsletters/newsletter_04_11/Agrof_Villarceaux_Dec10.pdf) (Page consultée le 29 novembre 2011).
- Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier*, L.R.Q., c. A-18.1.
- Loi sur l'aménagement et l'urbanisme*, L.R.Q., c. A-19.1.
- Loi sur la mise en marché des produits agricoles, alimentaires et de la pêche*, L.R.Q., c. M-35.1.
- Loi sur la protection du territoire et des activités agricoles*, L.R.Q., c. P-41.1.
- Loi sur la qualité de l'environnement*, L.R.Q., c. Q-2.
- Loi sur les producteurs agricoles*, L.R.Q., c. P-28.
- Macaulay, D., Bank, G., Paulovich, N. and Niemi, F. (2011). Silvopasture and alley cropping opportunities in northern Alberta, Canada. *In* Ashton, S.F., Workman, S.W., Hubbard, W.G. and Moorhead, D.J. (éd.), *Agroforestry : A profitable land use. Proceedings, 12th North American Agroforestry Conference* (p.41), Athènes, 4-9 juin 2011.

- Malézieux, E., Crozat, Y., Dupraz, C., Laurans, M., Makowski, D., Ozier-Lafontaine, H., Rapidel, B., de Tourdonnet, S. and Valantin-Morison, M. (2009). Mixing plant species in cropping systems : concept, tools and models. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 29, n°1, p. 43-62.
- Manitoba Agriculture, Food and Rural Initiatives (2012). Agro Woodlot Program. In Manitoba Agriculture, Food and Rural Initiatives. *Manitoba Agriculture, Food and Rural Initiatives*, [En ligne]. <http://www.gov.mb.ca/agriculture/woodlot/index.html> (Page consultée le 29 février 2012).
- MAPAQ (2012). La pollution diffuse en milieu agricole. In MAPAQ. *MAPAQ*, [En ligne]. <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Regions/estrie/agroenvironnement/Gestiondeleau/bassinversant/risquesenv/Pages/risquesenv.aspx> (Page consultée le 20 mars 2012).
- MAPAQ (2011a). Multifonctionnalité. In MAPAQ. *MAPAQ*, [En ligne]. <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Productions/developpementregional/Pages/Multifonctionnalite.aspx> (Page consultée le 29 mars 2012).
- MAPAQ (2011b). Écoconditionnalité. In MAPAQ. *MAPAQ*, [En ligne]. <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Productions/Agroenvironnement/mesuresappui/ecconditionnalite/Pages/ecoconditionnalite.aspx> (Page consultée le 12 mars 2012).
- MAPAQ (2011c). Structure organisationnelle. In MAPAQ. *MAPAQ*, [En ligne]. <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Productions/Agroenvironnement/bonnespratiques/pesticides/Strategiephytosanitaire/Pages/Structureorganisationnelle.aspx#experts> (Page consultée le 16 avril 2012).
- MAPAQ (2011d). Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture 2011-2021. In MAPAQ. *MAPAQ*, [En ligne]. [http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Strategie\\_phytosanitaire.pdf](http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Strategie_phytosanitaire.pdf) (Page consultée le 16 avril 2012).
- MAPAQ (2010). Réduction de la pollution diffuse et amélioration de la qualité de l'eau. In MAPAQ. *Prime-Vert*, [En ligne]. [http://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Formulaires/Fichesresumes\\_PrimeVert.pdf](http://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Formulaires/Fichesresumes_PrimeVert.pdf) (Page consultée le 8 décembre 2011).
- MAPAQ (2009). Le paysage rural au Québec : Enjeux agricoles et solutions agroforestières. Document de réflexion. In MAPAQ. *MAPAQ*, [En ligne]. [http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Documentdereflexionsurlepaysagerural\\_20090605.pdf](http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Documentdereflexionsurlepaysagerural_20090605.pdf) (Page consultée le 5 novembre 2011).
- MAPAQ – Direction de la coordination et de l'appui aux régions (2009). *Le paysage rural au Québec : Enjeux agricoles et solutions agroforestières. Document de réflexion*. Québec, MAPAQ, 124 p.
- MAPAQ – Direction des politiques agroenvironnementales (2005). *La rétribution des biens et services environnementaux en milieu agricole : Éléments d'analyse pour le Québec*. Québec, MAPAQ, 69 p.

- Marchand, P.P. et Masse, S. (2008). Enjeux reliés au développement et à l'application de technologies de boisement et d'agroforesterie pour la production de biomasse énergétique : résultats des groupes de consultation rencontrés au Québec et dans les Prairies. *In Ressources naturelles Canada. Ressources naturelles Canada*, [En ligne]. [http://dsp-psd.tpsgc.gc.ca/collection\\_2009/nrcan/Fo113-3-135F.pdf](http://dsp-psd.tpsgc.gc.ca/collection_2009/nrcan/Fo113-3-135F.pdf) (Page consultée le 27 octobre 2011).
- Marchand, P.P. et Masse, S. (2007). Boisement et agroforesterie en courtes rotation en territoire privé au Québec : Examen des lois, règlements, politiques et programmes. *In Ressources naturelles Canada. Ressources naturelles Canada*, [En ligne]. [http://dsp-psd.tpsgc.gc.ca/collection\\_2008/nrcan/Fo113-3-130F.pdf](http://dsp-psd.tpsgc.gc.ca/collection_2008/nrcan/Fo113-3-130F.pdf) (Page consultée le 4 novembre 2011).
- Mason, A. (2011). USDA Agroforestry Strategic Framework. *In Ashton, S.F., Workman, S.W., Hubbard, W.G. and Moorhead, D.J. (réd.), Agroforestry : A profitable land use. Proceedings, 12th North American Agroforestry Conference* (p.133), Athènes, 4-9 juin 2011.
- MDDEP (2012a). Le Québec en action! *In MDDEP. MDDEP*, [En ligne]. [http://www.mddep.gouv.qc.ca/changements/plan\\_action/](http://www.mddep.gouv.qc.ca/changements/plan_action/) (Page consultée le 28 mars 2012).
- MDDEP (2012b). Portrait de la qualité des eaux de surface au Québec 1999-2008. *In MDDEP. MDDEP*, [En ligne]. <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/portrait/eaux-surface1999-2008/intro.pdf> (Page consultée le 13 avril 2012).
- MDDEP (2011). *Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2009 et leur évolution depuis 1990*. Québec, MDDEP, Direction des politiques de la qualité de l'atmosphère, 20 p.
- MDDEP (2007). L'utilisation des pesticides dans le maïs et le soya. *In MDDEP. MDDEP*, [En ligne]. [http://www.mddep.gouv.qc.ca/pesticides/mais\\_soya/index.htm#presence](http://www.mddep.gouv.qc.ca/pesticides/mais_soya/index.htm#presence) (Page consultée le 29 mars 2012).
- Messier, C., Tittler, R. Kneeshaw, D.D., Gélinas, N., Paquette, A., Berninger, K., Rheault, H., Meek, P. and Beaulieu, N. (2009). TRIAD zoning in Quebec : Experiences and results after 5 years. *The forestry chronicle*, vol. 85, n°6, p.885-896.
- Ministère de l'Agriculture et de la Pêche (2011). *Agroforesterie. Produire avec les arbres pour une agriculture différente*. Paris, Édition France Agricole, 19 p.
- Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario (2011). Éviter le blocage des drains souterrains sous les zones tampons de végétation des ruisseaux. *In Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario*, [En ligne]. <http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/hort/news/hortmatt/2004/09hrt0410.htm> (Page consultée le 29 mars 2012).

- Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du territoire (2010). Circulaire DGPAAT/SDBE/SDFB/C2010-3035. *In* Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du territoire. *Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du territoire*, [En ligne]. [http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/agroforesterie\\_Circulaire\\_DGPAATC20103035.pdf](http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/agroforesterie_Circulaire_DGPAATC20103035.pdf) (Page consultée le 13 février 2012).
- Montagnini, F., Cusak, D., Petit, B. and Kanninen, M. (2004). Environmental services of native tree plantations and agroforestry systems in Central America. *Journal of Sustainable Forestry*, vol. 21, n° 1, p. 51-67.
- MRNF (2012). Production issue de boutures de peuplier hybride. *In* MRNF. *MRNF*, [En ligne]. <http://www.mrnf.gouv.qc.ca/forets/semences/semences-production-techniques-feuillues-boutures.jsp> (Page consultée le 12 mars 2012).
- Nair, P.K.R. (1993). *An introduction to agroforestry*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 499 p.
- Nair, P.K.R. (1985). Classification of agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, vol. 3, n° 2, p. 97-128.
- NASF (2012). Forests in the Farm Bill. *In* NASF. *NASF*, [En ligne]. [http://www.stateforesters.org/issues\\_and\\_policy/forests\\_in\\_the\\_farm\\_bill](http://www.stateforesters.org/issues_and_policy/forests_in_the_farm_bill) (Page consultée le 15 février 2012).
- National Geographic Society (2011). The World. [document cartographique]. 1 : 51 813 000, National Geographic Society, Washington, D.C.
- Nebraska Forest Service (2012). Government programs. *In* Nebraska Forest Service. *Nebraska Forest Service*, [En ligne]. <http://www.nfs.unl.edu/RuralForestry/manage-governmentprograms.asp> (Page consultée le 2 avril 2012).
- Oelbermann, M., Voroney, R.P. and Gordon, A.M. (2004). Carbon sequestration in tropical and temperate agroforestry systems : a review with examples from Costa Rica and southern Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 104, n° 3, p. 359-377.
- Office des normes générales du Canada (2006). Systèmes de production biologique principes généraux et normes de gestion. *In* Centre d'agriculture biologique du Canada. *Centre d'agriculture biologique du Canada*, [En ligne]. [http://oacc.info/Docs/Cdn\\_Stds\\_Principles2006\\_f.pdf](http://oacc.info/Docs/Cdn_Stds_Principles2006_f.pdf) (Page consultée le 18 avril 2012).

- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2012). Classification des zones agro-écologiques. In Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. *Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture pour un monde libéré de la faim*, [En ligne]. <http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/fr/lead/toolbox/Refer/AgroeZon.htm> (Page consultée le 15 avril 2012).
- Pagé, C. et Caron, L. (2006). Actes du colloque : L'agroforesterie au service des communautés. Colloque provincial. 17 et 18 novembre 2006. In Faculté de Foresterie, Université de Moncton – Campus Edmundston. *Université de Moncton*, [En ligne]. <http://www.umoncton.ca/umce-foresterie/files/umce-foresterie/wf/wf/pdf/Actes.pdf> (Page consultée le 7 février 2012).
- Palma, J.H.N., Graves, A.R., Bunce, R.G.H., Burgess, P.J., de Filippi, R., Keesman, K.J., van Keulen, H., Liagre, F., Mayus, M., Moreno, G., Reisner, Y. and Herzog, F. (2007). Modeling environmental benefits of silvoarable agroforestry in Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 119, n° 3, p. 320-334.
- Peichl, M., Thevathasan, N.V., Gordon, A.M., Huss, J. and Abohassan, R.A. (2006). Carbon sequestration potentials in temperate tree-based intercropping systems, southern Ontario, Canada. *Agroforestry Systems*, vol. 66, n° 3, p.243-257.
- Pesant, Y. (2005). Le rapport agriculture et énergie : La haie brise-vent et ses rôles multiples en agriculture moderne. *FrancVert*, vol. 2, n° 1, p. 1-5.
- Pires, M. (2004). Watershed protection for a world city : the case of New York. *Land Use Policy*, vol. 21, n° 2, p. 161-175.
- Pollock, T. and deGooijer, H. (2011). Conquest Canada – A 75 year legacy in agroforestry plantings. In Ashton, S.F., Workman, S.W., Hubbard, W.G. and Moorhead, D.J. (éd.), *Agroforestry : A profitable land use. Proceedings, 12th North American Agroforestry Conference* (p.136), Athènes, 4-9 juin 2011.
- Powell, G.W., Zabeck, L. and Trotter, D. (2011). From forest grazing to silvopasture, the evolution of integrated use in British Columbia. In Ashton, S.F., Workman, S.W., Hubbard, W.G. and Moorhead, D.J. (éd.), *Agroforestry : A profitable land use. Proceedings, 12th North American Agroforestry Conference* (p.134), Athènes, 4-9 juin 2011.
- Powell, G.W. (2009). British Columbia Agroforestry Industry Strategic Plan 2009-2013. In Ministry of Agriculture of British Columbia. *Ministry of Agriculture of British Columbia*, [En ligne]. [http://www.agf.gov.bc.ca/resmgmt/agroforestry/publications/BCAgroforestryStrategicPlan\\_2009-2013.pdf](http://www.agf.gov.bc.ca/resmgmt/agroforestry/publications/BCAgroforestryStrategicPlan_2009-2013.pdf) (Page consultée le 15 janvier 2012).
- Price, G.W. and Gordon, A.M. (1999). Spatial and temporal distribution of earthworms in a temperate intercropping system in southern Ontario, Canada. *Agroforestry Systems*, vol. 44, n° 2-3, p. 141-149.

- Rapidel, B., DeClerck, F.A.J., Le Coq, J.-F. and Beer, J. (2011a). Introduction. *In* Rapidel, B., DeClerck, F.A.J., Le Coq, J.-F. and Beer, J. (éd.), *Ecosystem services from agriculture and agroforestry : Measurement and payment* (p. 1-18). Washington D.C., Earthscan.
- Rapidel, B., Le Coq, J.-F., DeClerck, F.A.J. and Beer, J. (2011b). Measurement and payment of ecosystem services from agriculture and agroforestry : New insights from the Neotropics. *In* Rapidel, B., DeClerck, F.A.J., Le Coq, J.-F. and Beer, J. (éd.), *Ecosystem services from agriculture and agroforestry : Measurement and payment* (chap. 18, p. 377-396). Washington D.C., Earthscan.
- Rivest, D., Cogliastro, A., Bradley, R. and Olivier, A. (2010). Intercropping hybrid poplar with soybean increases soil microbial biomass, mineral N supply and tree growth. *Agroforestry Systems*, vol. 80, n° 1, p. 33-40.
- Rivest, D., Cogliastro, A., Vanasse, A. and Olivier, A. (2009). Production of soybean associated with different hybrid poplar clones in a tree-based intercropping system in southwestern Québec, Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 131, n° 1-2, p. 51-60.
- Rivest, D. (2008). *Cultures intercalaires avec arbres feuillus : effets sur la disponibilité de la lumière, la qualité du sol et la productivité des plantes associées*. Thèse de doctorat. Université Laval, Québec, Québec, 123 p.
- Rivest, D. et Olivier, A. (2007). Cultures intercalaires avec arbres feuillus : quel potentiel pour le Québec? *The Forestry Chronicle*, vol. 83, n° 4, p. 526-538.
- Roy-Vigneault, F. (2009). *Évaluation de la valeur de biens et services écologiques liés à l'agroforesterie : une approche expérimentale*. Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec, Québec, 81 p.
- Rule, L.C., Flora, C.B. and Hodge, S.S. (2000). Social dimensions of agroforestry. *In* Garrett, H.E., Rietveld, W.J. and Fisher, R.F. (éd.), *North American Agroforestry : An integrated science and practice* (chap. 10, p. 361-386). Madison, American Society of Agronomy Inc.
- Russell, D., Asare, R.A., Brosius, J.P., Witter, R.C., Welch-Devine, M.L., Spainhower, K. and Barr, R. (2010). People, trees, and parks : Is agroforestry in or out? *Journal of Sustainable Forestry*, vol. 29, n° 2-4, p. 451-476.
- Savary, S., Teng, P.S., Willocquet, L. and Nutter, F.W. (2006). Quantification and modeling of crop losses : A review of purposes. *Annual Review of Phytopathology*, vol. 44, n° 1, p. 89-112.
- Schoeneberger, M.M. (2009). Agroforestry : working trees for sequestering carbon on agricultural lands. *Agroforestry Systems*, vol. 75, n° 1, p. 27-37.

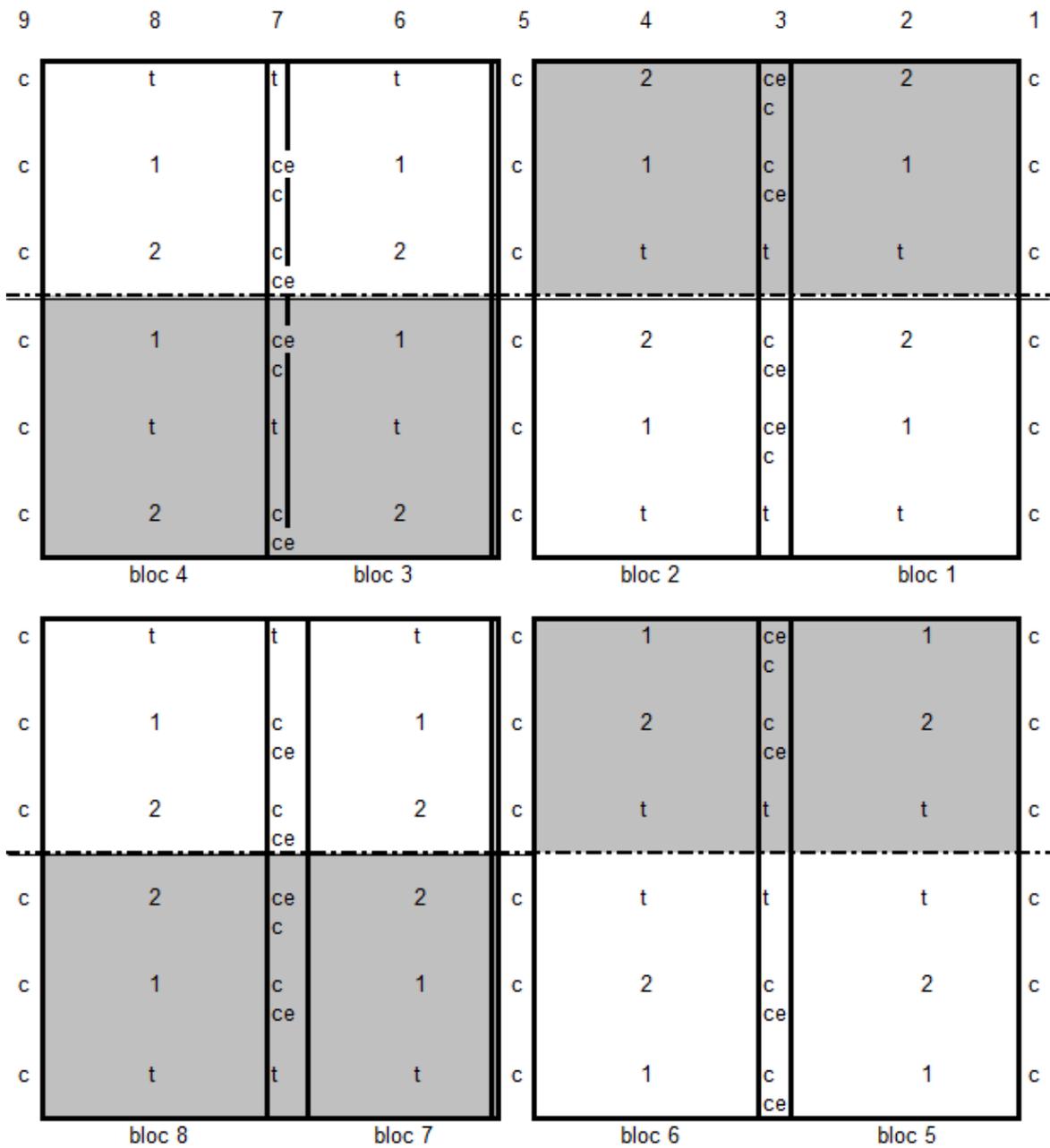
- Schultz, R.C., Colletti, J.P., Isenhardt, T.M., Marquez, C.O., Simpkins, W.W. and Ball, C.J. (2000). Riparian forest buffer practices. *In* Garrett, H.E., Rietveld, W.J. and Fisher, R.F. (éd.), *North American Agroforestry : An integrated science and practice* (chap. 7, p. 189-281). Madison, American Society of Agronomy Inc.
- Simard, C. (2009). *Coûts et bénéfices, privés et sociaux, des bandes riveraines boisées en milieu agricole*. Mémoire de maîtrise en économique, Université du Québec à Montréal, Montréal, Québec, 89 p.
- Sipos, Y. (2005). True(r) cost accounting in a agroforestry systems : an introduction to the BC sustainable agroforestry calculator. *In* Brooks, K.N. and Ffolliott, P.F. (éd.), *The 9th North American Agroforestry Conference. AFTA – Moving Agroforestry into the Mainstream* (p. 1-11), Proceedings AFTA 2005, Saint-Paul, 12-15 juin 2005. Saint-Paul, AFTA.
- Somarriba, E. (1992). Revisiting the past : an essay on agroforestry definition. *Agroforestry Systems*, vol. 19, n° 3, p. 233-240.
- Stamps, W.T., McGraw, R.L., Godsey, L. and Woods, T.L. (2009). The ecology and economics of insect pest management in nut tree alley cropping systems in the Midwestern United States. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 131, n° 1, p. 4-8.
- Statistique Canada (2006). Recensement de l'agriculture de 2006. *In* Statistique Canada. *Statistique Canada*, [En ligne]. <http://www.statcan.gc.ca/ca-ra2006/index-fra.htm> (Page consultée le 8 décembre 2011).
- Tartera, C., Rivest, D., Olivier, A., Liagre, F. et Cogliastro, A. (2012). Agroforesterie en développement : parcours comparés du Québec et de la France. *The Forestry Chronicle*, vol. 88, n° 1, p. 21-29.
- Thevathasan, N.V. and Gordon, A.M. (2004). Ecology of tree intercropping systems in the North temperate region : Experiences from southern Ontario, Canada. *Agroforestry Systems*, vol. 61, n° 1-3, p. 257-268.
- Université de Montréal (2011). Déterminer la fiabilité de l'information. *In* Université de Montréal. *Les bibliothèques de l'Université de Montréal*, [En ligne]. <http://guides.bib.umontreal.ca/disciplines/74-Determiner-la-fiabilite-de-l-information?tab=306> (Page consultée le 21 novembre 2011).
- Université Laval (2012). Maîtrise en agroforesterie. *In* Université Laval. *Université Laval*, [En ligne]. [http://www2.ulaval.ca/les-etudes/infocyclessup/consultation.html?tx\\_stinfbac\\_pi1%5Bfiche\\_uid%5D=386](http://www2.ulaval.ca/les-etudes/infocyclessup/consultation.html?tx_stinfbac_pi1%5Bfiche_uid%5D=386) (Page consultée le 2 mars 2012).
- University of Guelph (2009). Agroforestry Education Centre. *In* University of Guelph. *University of Guelph*, [En ligne]. <http://www.kemptvillec.uoguelph.ca/visitagroforestry.html> (Page consultée le 3 mars 2012).

- USDA Economic Research Service (2011). Fertilizer use and price. *In* USDA Economic Research Service. *USDA Economic Research Service*, [En ligne]. <http://www.ers.usda.gov/data/fertilizerUse/> (Page consultée le 23 mars 2012).
- Vézina, A., Lebel, F., Rivest, C. et Dion, J.-P. (2011). Outil de simulation des impacts économiques de pratiques agroforestières. *In* Institut de technologie agroalimentaire. Des haies brise-vent autour des bâtiments d'élevage et des cours d'exercice, [En ligne]. <http://www.wbvecan.ca/francais/coutspdf.html> (Page consultée le 24 janvier 2012).
- Vézina, A. (2011). Les haies brise-vent au Québec : analyse des bénéfices privés et publics. Communication orale. *36<sup>e</sup> congrès annuel de l'Association des biologistes du Québec. Les services écologiques; l'économie au service de la nature*, 27 et 28 octobre 2011, Boucherville.
- Villanueva, C., Ibrahim, M., Casasola, F. and Sepulveda, C. (2011). Ecological indexing as a tool for the payment for ecosystem services in agricultural landscapes : The experience of the GEF-Silvopastoral project in Costa Rica, Nicaragua and Colombia. *In* Rapidel, B., DeClerck, F.A.J., Le Coq, J.-F. and Beer, J. (réd.), *Ecosystem services from agriculture and agroforestry : Measurement and payment* (chap. 6, p. 141-160). Washington D.C., Earthscan.
- Wenhua, L. (2004). Degradation and restoration of forest ecosystems in China. *Forest Ecology and Management*, vol. 201, n° 1, p. 33-41.
- Williams, P.A. and Gordon, A.M. (1992). The potential of intercropping as an alternative land use system in temperate North America. *Agroforestry Systems*, vol. 19, n° 3, p. 253-263.
- Wood, Y. (2005). The role of poplar-based agroforestry in rural development : A case study of the Heze prefecture, Shandong Province, China. *In* Michigan State University. *Michigan State University – Department of forestry*, [En ligne]. <http://forestry.msu.edu/china/New%20Folder/Yvonne-Agrof.pdf> (Page consultée le 7 février 2012).
- World Agroforestry Centre (2007). China – Agroforestry Programme. *In* World Agroforestry Centre. *World Agroforestry Centre*, [En ligne]. <http://www.worldagroforestry.org/sea/Publications/files/book/BK0118-07.PDF> (Page consultée le 15 janvier 2012).
- Yin, R. and Sun, D. (2007). Agroforestry boom in the northern plains of China : drivers and impacts. *In* Olivier, A. et Campeau, S. (réd.), *Associer arbres et cultures : opportunités économiques et bénéfices environnementaux de l'agroforesterie. 10<sup>e</sup> congrès nord-américain d'agroforesterie*, Québec, 10-13 juin 2007.
- Young, A. (1997). *Agroforestry for soil management*. 2<sup>e</sup> édition, New York, CAB International, 320 p.

Zhaohua, Z., Maoyi, F. and Sastry, C.B. (1991). Agroforestry in China – An overview. *In* Zhaohua, Z., Mantang, C., Shiji, W. and Youxu, J. (réd.), *Agroforestry systems in China* (chap. 1., p.1-23). Singapour, Chinese Academy of Forestry, People's Republic of China and International Development Research Centre.

## ANNEXE – 1

### PLAN DU SITE EXPÉRIMENTAL DE SCI À SAINT-PAULIN (Cogliastro, 2012)



Traitements des parcelles principales

- Culture intercalaire
- Entretiens annuels au vibroculteur lors des trois premières années

Traitements des sous-parcelles

- 1 cultivar 3570
- 2 cultivar 3333
- ce cerisier tardif
- c chêne rouge
- t aucun arbre

Les lignes de chêne rouge 1, 5 et 9 délimitent les blocs.