

Rapport de transfert technologique, 2009

Bénéfices environnementaux et économiques des systèmes agroforestiers avec cultures intercalaires

Cette recherche a été soutenue par les organismes partenaires suivants:



Table des matières

	<u>Page</u>
Avant-propos	1
Rapport des projets	
Estimation des durées de vie et taux de décomposition des racines en lien avec les traits fonctionnels d'espèces herbacées et ligneuses (Maurice Aulen, Université de Sherbrooke)	2
Communautés mycorhiziennes dans un système agro-forestier avec cultures intercalaires (Luke Bainard, Université de Guelph)	4
Stockage du carbone dans le sol des systèmes agroforestiers avec cultures intercalaires (Amanda D. Bambrick, Université McGill)	6
Augmenter le rendement en graines et en huile du canola (<i>Brassica napus L.</i>) tout en réduisant les impacts environnementaux (Charles Beaudette, Université de Sherbrooke)	8
Phytorémédiation et réduction de la pollution diffuse par le systèmes agroforestiers (Mélanie Bergeron, Université de Sherbrooke)	10
Comparaison des émissions de N₂O entre un système de culture intercalaire et un système agricole de monoculture conventionnelle dans le sud de l'Ontario, Canada (Andrew K. Evers, Université de Guelph)	12
Réduction de pollution diffuse, et augmentation de la diversité et stabilité microbienne du sol, dans un système agroforestier (Simon Lacombe, Université de Sherbrooke)	14
Potentiels agronomique et sylvicole des systèmes agroforestiers avec cultures intercalaires dans leurs premiers stades de développement (David Rivest, Université Laval)	16

Avant-propos

Ce document vise à fournir une vue d'ensemble des résultats de recherche de notre projet de recherche intitulé « Bénéfices environnementaux et économiques des systèmes agroforestiers avec cultures intercalaires ». Ce projet a été financé par une subvention de Projet Stratégique du CRSNG pendant une période de trois ans (2006 à 2009).

Ce projet de recherche a été un effort conjoint de chercheurs provenant de quatre universités, de ministères provinciaux et fédéraux, et du secteur privé. Le financement et la contribution en nature des organismes partenaires ont soutenu la formation de huit étudiants inscrits aux deuxième et troisième cycle (maîtrise, doctorat), qui ont chacun contribué à l'élaboration de ce document. Un certain nombre d'étudiants de premier cycle et de stagiaires ont également participé au projet, ce qui leur a permis d'acquérir une précieuse expérience de travail.

Au nom de notre équipe de recherche, je remercie tous les participants et les organismes partenaires pour leur soutien et leur appui. En espérant que notre projet se concrétise par le développement d'une filière en agroforesterie au Canada, je vous prie d'agréer mes meilleurs souhaits.



Joann Whalen, Ph.D., agr.
Département des sciences des ressources naturelles
Campus Macdonald, Université McGill
21 111, chemin Lakeshore
Ste-Anne-de-Bellevue (Québec) H9X 3V9
Tél.: 514-398-7943
Téléc.: 514-398-7990
Courriel: joann.whalen@mcgill.ca

Membres de l'équipe de recherche:

Dr. Robert Bradley, Département de biologie, Université de Sherbrooke
Dr. Andrew Gordon, Département de biologie environnementale, Université de Guelph
Dr. John Klironomos, Department of biologie intégral, Université de Guelph
Dr. Bill Shipley, Department de biologie, Université de Sherbrooke
Dr. Elwin Smith, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Lethbridge, Alberta

Estimation des durées de vie et des taux de décomposition des racines d'espèces herbacées et ligneuses

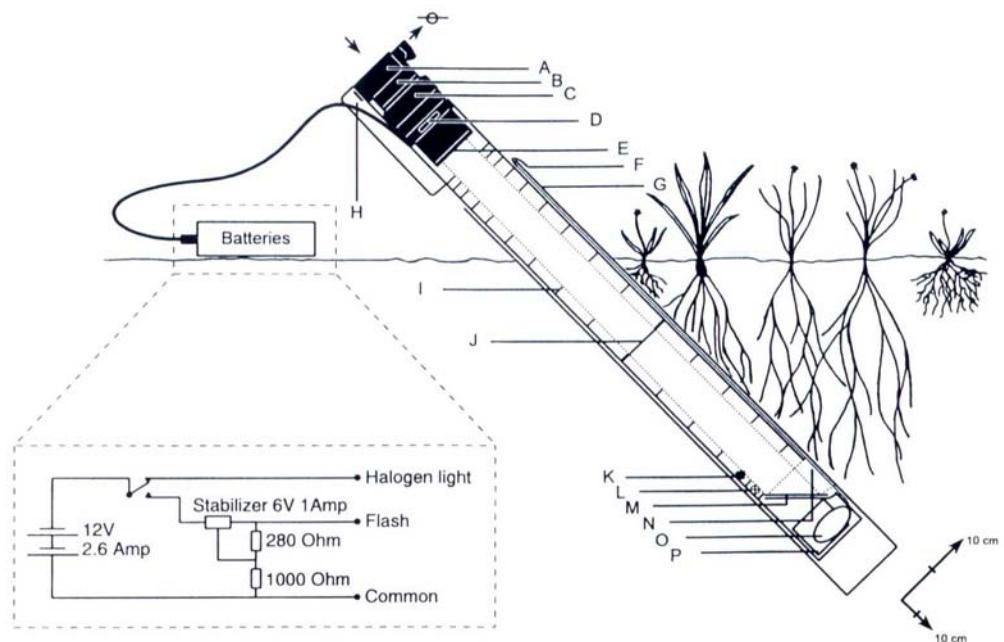
Maurice Aulen, étudiant de doctorat

Directeur de thèse: Dr. Bill Shipley, Université de Sherbrooke

Dans un contexte de changements climatiques, les pratiques agro-forestières pourraient diminuer les concentrations de CO₂ atmosphérique en augmentant la matière organique du sol. Pour rendre ces pratiques plus attractives, notamment grâce au nouveau marché du carbone, il est important de pouvoir mesurer le potentiel de séquestration du carbone selon chaque culture. Pour cela, il est essentiel de connaître la durée de vie et le taux de décomposition des racines. Par contre, les méthodes courantes pour estimer ce flux de carbone au sol sont généralement ardues et controversées. Il n'est donc pas envisageable de procéder ainsi pour chaque espèce cultivée, surtout si les réponses varient selon l'environnement. Il était considéré ici de développer une nouvelle méthode comparative pour estimer la croissance et la décomposition racinaire en nous basant sur les traits chimiques et morphologiques racinaires. Ces traits ne sont pas associés au hasard chez une espèce, ils répondent à sa stratégie de croissance, de développement et de reproduction. Il existe alors des patrons d'association de traits correspondant aux différentes stratégies des espèces, notamment concernant la durée de vie et la décomposition des organes. Le but de mon projet était donc de chercher les meilleurs traits pour prédire la durée de vie et la décomposition des racines. Or, une des particularités à prendre en compte chez les racines est qu'elles ont des fonctions différentes selon leurs diamètres. Pour qu'une comparaison interspécifique soit possible, il a donc paru indispensable d'utiliser des classes fonctionnelles de diamètre.

Initialement, nous avions prévu de quantifier les interactions racinaires entre espèces sur le terrain en fonction de leurs traits. Pour cette partie du projet, nous avions envisagé une méthode non-destructrice pour évaluer la biomasse racinaire. Il s'agissait d'une technique basée sur la capacitance électrique des racines. Les résultats n'ont pas été suffisamment concluants pour utiliser cette méthode. A ce jour, nous avons donc mesuré les durées de vie sur le terrain qu'avec des rhizotrons. Il s'agit de tubes transparents en plexiglas dans lequel nous insérons une caméra numérique pour suivre la croissance racinaire. Nous poursuivrons ces mesures jusqu'au mois d'octobre 2009. Pour mesurer la décomposition racinaire, des échantillons de racines ont été placées à décomposer dans des sacs à litière. À ce jour, il reste quatre dates d'échantillonnage pour obtenir les données nécessaires pour estimer la cinétique de décomposition, d'ici décembre 2009. Pour la mesure des traits, des racines ont été échantillonnées au mois de mai 2009, la mesure des classes de diamètres devraient se terminer en septembre 2009 tandis que l'analyse des attributs chimiques devraient s'achever en novembre 2009. L'analyse des données et la rédaction de manuscrits scientifiques devraient s'achever en 2010.

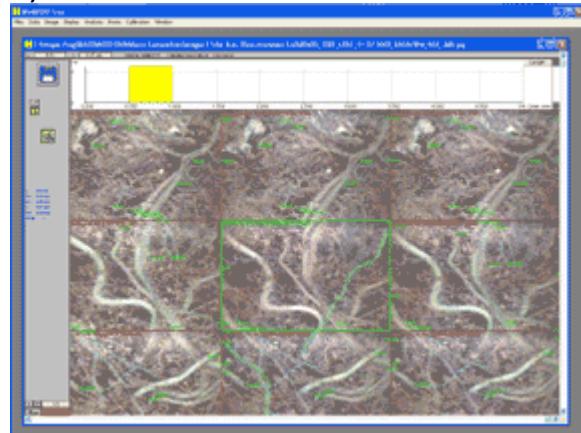
A)



B)



C)



(A) Illustration du système de minirhizotron. (B) Minirhizotron branché avec ordinateur pour la capture des images.
(C) Analyse des racines avec le logiciel WinRhizo.

Communautés mycorhiziennes dans un système agro-forestier avec cultures intercalaires

Luke Bainard, étudiant de doctorat

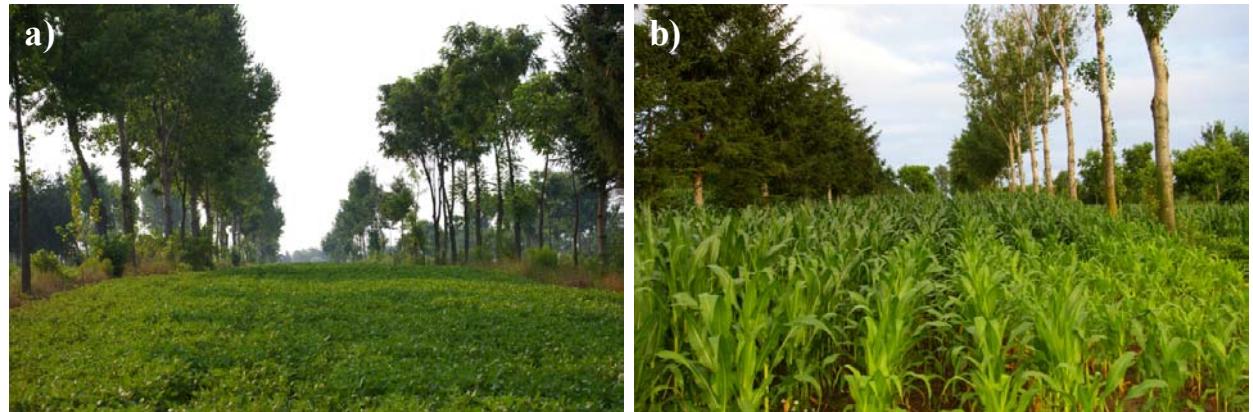
Directeur de thèse: Dr. John Klironomos, Université de Guelph

Les champignons endomycorhiziens (AMFs) sont des organismes importants pour les agro-écosystèmes puisqu'ils forment des associations symbiotiques avec la majorité des cultures en régions tempérées. Ces associations impliquent généralement le transfert de nutriments du mycète vers la plante, et du carbone de la plante vers le mycète. Il a été démontré que les pratiques agricoles conventionnelles ont un impact négatif sur l'abondance et la diversité des AMFs. Les systèmes agro-forestiers avec cultures intercalaires (SCI) pourraient remédier à cette situation. Ici nous posons l'hypothèse que les racines des arbres dans un système agroforestier pourraient servir de pépinière d'inoculum de AMFs pour les cultures annuelles.

La projet a été réalisée au Centre de recherche d'agrosylviculture de l'Université de Guelph (GARS). Nous avons étudié la variabilité spatiale et temporelle des communautés d'AMFs dans un système agroforestier établi en 1986, ainsi que dans un champs agricole adjacent avec mono-culture conventionnelle. Le système agroforestier incluait trois espèces d'arbre (peuplier, noyer noir, épinette blanche) et deux cultures agronomiques (soya en 2007; maïs en 2008). Les communautés d'AMFs dans le sol ainsi que dans les racines ont été caractérisées par l'analyse d'ADN (*terminal restriction fragment length polymorphism*). Nous avons également estimé le potentiel d'inoculum et la longueur des hyphes. L'analyse préliminaire des données nous indique une abondance et des variations plus importantes des communautés d'AMFs dans un SCI comparativement à une monoculture conventionnelle. Nous avons aussi mesuré le statut nutritif des cultures tout au long de la période de croissance.

Dans une deuxième expérience, nous avons évalué l'influence des mauvaises herbes, qui se trouvent près des rangées d'arbres, sur les communautés d'AMFs. Nous avons donc décrit l'abondance, la diversité, et le statut d'AMFs de ces espèces d'herbes occupant les rangées des trois essences ligneuses. Encore une fois, nous nous sommes servi des techniques morphologiques et moléculaires pour caractériser les communautés d'AMFs.

Ensemble ces deux études fourniront une information vitale concernant les avantages biologiques que nous pouvons soutirer des SCIs.



Centre de recherche d'agrosylviculture de l'Université de Guelph. Illustration d'arrangement de plantes et d'arbres: a) champs de la saison 2007 (soya (*Glycine max* L.)); b) 2008 champ de la saison 2008 (maïs (*Zea mays* L.))

Stockage du carbone dans le sol des systèmes agroforestiers avec cultures intercalaires

Amanda D. Bambrick M.Sc. (2009)

Directrice de thèse: Dr. Joann Whalen, Université McGill

Un système agroforestier avec culture intercalaire (SCI) est un système de production qui combine une culture annuelle et des rangées d'arbres espacées. Les SCIs ont le potentiel d'offrir des avantages environnementaux tel que la séquestration du carbone atmosphérique sous des formes organiques. Ceci pourrait subvenir selon deux mécanismes : (1) les SCIs pourraient stocker du carbone dans la biomasse des arbres, et (2) les SCIs pourraient stocker du carbone dans le sol. Ce carbone du sol peut provenir soit de la litière aérienne ou souterraine.

Ici, nous avons mesuré la teneur en carbone organique du sol dans quatre SCIs et dans quatre champs agricoles conventionnelles adjacents aux SCIs. Ces quatre sites sont situés à St-Paulin (Québec), St-Édouard (Québec), St-Rémi (Québec) et Guelph (Ontario), et ont respectivement 4, 4, 8 et 21 ans. Tel que le prédisait notre hypothèse, nous avons observé un plus grand stockage de carbone dans les SCIs que dans les systèmes conventionnels à St-Rémi et à Guelph. Par contre, il n'y avait aucune différence significative dans les stocks de carbone du sol aux deux sites les plus jeunes, soit à St-Edouard et à St-Paulin. À St-Remi, le carbone organique du sol dans le SCI était de l'ordre de 33.6 t C/ha, soit 77% plus élevé que dans le système conventionnel (tableau 1). Le système SCI avec peuplier à Guelph stockait 6.2 t C/ha, soit 12% de plus que le système conventionnel (tableau 2).

Le fait que les stocks de carbone au sol dans le SCI soit relativement plus élevé à St-Remi qu'à Guelph, malgré le fait que les arbres à Guelph sont plus vieux de 13 ans, pourrait être dû à l'historique des deux sites. Avant d'être converti en SCI, le site de St-Rémi était une plantation d'arbres alors que celui de Guelph était un champs agricole. La présence antérieure d'arbres à St-Rémi aurait alors fourni une quantité plus élevée de carbone organique au sol, et cette différence peut être soutenue même après une diminution de la densité des arbres.

Les concentrations plus élevées de C organique du sol présentent plusieurs avantages pour les champs agricoles, tels qu'une plus grande disponibilité en éléments nutritifs, une plus grande profondeur d'enracinement, une meilleure rétention d'eau, et une meilleure résistance à l'érosion. La séquestration du carbone au sol peut aussi réduire le CO₂ atmosphérique, un important gaz à effet de serre. Les SCIs pourraient donc devenir une prescription pour les producteurs souhaitant acquérir des crédits dans un éventuel marché de carbone canadien.

Tableau 1. Le carbone organique du sol (COS) à une profondeur de 0 - 30 cm dans les systèmes SCI et les champs agricoles à St-Paulin, St-Édouard et St-Remi, Québec, Canada

Traitement	St-Paulin (4 yrs)		St-Edouard (4 yrs)		St-Remi (8 yrs)	
	COS (t C ha ⁻¹)	ET	COS (t C ha ⁻¹)	SE	COS (t C ha ⁻¹)	SE
SCI	66,9a	10,7	76,9a	2,0	77,1a	3,9
Champ agricole	66,3a	1,3	80,1a	6,0	43,5b	7,6

SE: écart type. Les valeurs sur chaque colonne suivies par des lettres similaires n'ont pas une différence statistiquement significative ($P = 0.05$).

Tableau 2. Le carbone organique du sol (COS) à une profondeur de 0 - 20 cm dans les systèmes SCI et des champs agricoles à Guelph, Ontario, Canada (21 ans)

Traitement	COS(t C ha ⁻¹)	SE
Peuplier	57.0a	1.8
Sapin de Norvege	50.9b	1.4
Champs agricole	50.8b	1.8

SE: écart type. Les valeurs sur chaque colonne suivies par des lettres similaires n'ont pas une différence statistiquement significative ($P = 0.05$).



Système de culture intercalaire à Guelph, Ontario (Canada).

Augmenter le rendement en graines et en huile du canola (*Brassica napus* L.) tout en réduisant les impacts environnementaux

**Charles Beaudette, étudiant de maîtrise
Directeur de thèse: Dr. Robert Bradley, Université de Sherbrooke**

1. Introduction

Les combustibles fossiles sont la cause principale du réchauffement climatique actuel. Il est donc nécessaire de considérer des alternatives à ces combustibles. L'utilisation des biocarburants, provenant de tissus végétaux, est une alternative prometteuse. La combustion des biocarburants relâche dans l'atmosphère le même dioxyde de carbone (CO_2) qui a été récemment fixé par la plante via la photosynthèse. Le canola (*Brassica napus* L.) est une plante oléagineuse qui possède un fort potentiel pour la production de biocarburant au Canada. Pour être en mesure de maximiser son contenu en huile, nous avons entrepris des recherches pour comprendre comment la fertilité du sol et l'ombre créée par les arbres pouvaient contrôler les rendements de trois cultivars de canola. Du même coup, nous avons mesuré des attributs physiologiques de ces cultivars au cours de la saison de croissance.

Les émissions de gaz à effet de serre par la dénitrification est un fléau de l'agriculture moderne. Ce processus est contrôlé par les micro-organismes du sol qui utilisent le nitrate provenant des engrains chimiques pour produire l'oxyde nitreux (N_2O), un puissant gaz à effet de serre. Ce processus est régulé par la disponibilité en carbone, le taux d'humidité et la disponibilité du nitrate. Il s'est donc avéré nécessaire pour nous d'évaluer les compromis entre les bénéfices des fertilisants sur le contenu en huile récoltable et les coûts environnementaux engendrés par la dénitrification. Nous avons donc effectué des mesures d'émissions de N_2O sur nos parcelles d'étude.

Une partie de nos recherches furent établies sur des systèmes de culture intercalaire (SCI). Les SCI sont des systèmes agroforestiers où des rangées d'arbres largement espacées sont disposées de part et d'autre de parcelles de culture annuelle. Les espèces d'arbres sont choisies pour leur croissance rapide ou encore pour la haute valeur marchande associée à leur bois. Ces systèmes pourraient mitiger plusieurs problèmes reliés aux pratiques agricoles modernes, comme le déclin en fertilité des sols, l'érosion des sols, la pollution diffuse et la perte d'habitats fauniques et de biodiversité. Les interactions entre ces arbres et le canola furent examinées pour comprendre comment elles influencerait ultimement le rendement des cultures et leur environnement.

2. Dispositif expérimental

En 2007, nous avons travaillé sur deux SCIs situés à St-Édouard et à St-Paulin, Qc. En raison de l'hétérogénéité du sol à St-Paulin, nous avons remplacé ce site par un dispositif sur le campus McDonald de l'université McGill à Ste-Anne-de-Bellevue, Qc. Les cultivars de canola Q2, Sentry et 46A65 furent utilisés en 2007 sur le site de St-Édouard, et un cultivar commercial fut utilisé sur le site de St-Paulin. En 2008, les cultivars Polo, Topaz et 04C204 furent utilisés sur nos deux sites. Le dispositif expérimental était constitué de quatre blocs de SCI et de quatre blocs de monoculture conventionnelle, sauf à Ste-Anne-de-Bellevue où il n'y avait pas de blocs SCI. Chaque bloc suivait un dispositif en blocs aléatoires ($n=4$), avec 12 traitements compris dans un groupement factoriel de trois cultivars de canola et quatre taux de fertilisation en azote (0, 40, 80 et 120 kg N/ha), sauf sur le site de St-Paulin où seulement quatre traitements étaient possible dû à la présence d'un seul cultivar de canola. De plus, chaque parcelle SCI fut divisée en trois sous-parcelles se trouvant à 1, 4 et 7 m de la rangée d'arbre.

Le rendement en graines et leur concentration en huile furent mesurés sur chaque parcelle et sous-parcelle. En 2007, l'assimilation photosynthétique nette, l'efficacité d'utilisation d'eau, la surface spécifique foliaire et la biomasse aérienne totale furent mesurés sur une seule date. En 2008, ces attributs physiologiques furent mesurés à trois reprises sur le site de St-Édouard et à quatre reprises sur le site de Ste-Anne-de-Bellevue, en plus du développement phénologique des plants. Les émissions de N_2O furent mesurées à quatre reprises en 2008. Des échantillons de sol furent analysés pour leur humidité relative, biomasse microbienne, respiration basale et leur azote minéralisable.

3. Résultats préliminaires

Les résultats présentés ici proviennent des données du site de St-Édouard en 2007. Le taux de fertilisation est linéairement corrélé avec le rendement en graines dans le système de monoculture conventionnel, mais il suit une courbe polynomiale négative dans le SCI, suggérant qu'un rendement optimal en graine peut être atteint dans le SCI avec moins de fertilisants que dans le système de monoculture. Dans les deux systèmes de culture, des taux élevés de fertilisants ont réduit la concentration en huile des graines, mais pas le rendement total en huile. Le rendement en graines était significativement plus élevé à 3 et 7 m de distance par rapport à la rangée d'arbres que dans les parcelles sans arbre. Le cultivar Q2 a donné un rendement en graines et en huile plus bas que les deux autres cultivars. Pour toutes les parcelles, il y a eu une relation significative et positive entre le rendement en graines et la biomasse aérienne totale.



(Charles Beaudette ramasse le feuillage de canola sur les parcelles agroforestières.)

Phytorémédiation et réduction de la pollution diffuse par les systèmes agroforestiers

Mélanie Bergeron, étudiant de maîtrise

Directeur de thèse: Dr. Robert Bradley, Université de Sherbrooke

L'agriculture a beaucoup évolué au Québec depuis 50 ans. Les besoins croissants de la population ont forcé les fermes à se spécialiser dans un type de culture et d'appliquer des engrains chimiques et des herbicides pour augmenter les rendements. Cette situation mène parfois à la dégradation des sols, la prolifération des maladies et des parasites, et à la pollution diffuse. Par exemple, chaque année une grande quantité de nutriments et d'herbicides sont lessivés dans les eaux de surface ou dans les eaux souterraines. Au cours de ma maîtrise, j'ai étudié la capacité du peuplier hybride à réduire cette pollution diffuse par les systèmes agroforestiers avec cultures intercalaires (SCI) et par les haies brise-vent (HBV).

Agroforesterie intercalaire



(Ferme Allaire - St-Édouard)

Haie brise vent



(Ferme Dolloff – Stansted-Est)

Dans un premier temps, j'ai testé l'hypothèse que les racines de jeunes peuplier (4 ans) dans un SCI créeraient déjà un filet de sécurité souterrain en interceptant les nutriments sous la zone racinaire des cultures. Pour ce faire, j'ai creusé des tranchées de 1 m de profondeur dans des parcelles de SCI afin d'éliminer les racines du peuplier. J'ai ensuite installé des lysimètres le long des rangées d'arbres dans les parcelles avec et sans racines de peuplier hybride. Les lysimètres m'ont permis de récolter des échantillons d'eau du sol à 70 cm de profondeur de la mi-mai à la mi-octobre pendant deux ans. Au laboratoire, j'ai mesuré la concentration de différentes formes chimique d'azote et de phosphore dans ces échantillons d'eau. Je suis présentement en train d'estimer les flux hydriques dans mes parcelles en me servant du modèle FORHYM. Je pourrai donc éventuellement comparer la quantité de nutriments qui sont lessivés et qui polluent les eaux souterraines en présence et en absence des racines d'arbres.

Dans un deuxième temps, je me suis intéressé à la pollution par l'atrazine, un herbicide couramment utilisé dans la culture du maïs au Québec. Cet herbicide est d'origine synthétique, mais selon des études antérieures en laboratoire, le peuplier hybride pourrait promouvoir la dégradation de l'atrazine en molécules moins toxiques pour la santé humaine ou animale. L'atrazine est une molécule qui pénètre peu dans le sol et a davantage tendance à ruisseler vers les eaux de surface. Donc, une haie brise vent de peupliers (une rangée d'arbre en bordure d'un champs) pourrait potentiellement absorber et dégrader l'atrazine avant qu'elle soit rendue au cours d'eau. Les racines du peuplier pourraient également promouvoir la dégradation de l'atrazine par les organismes du sol en leur fournissant des substrats énergétiques. Pour

vérifier mon hypothèse, j'ai pulvérisé de l'atrazine sur trois champs de maïs bordés par une haie de peuplier de 18 à 20 ans. J'ai échantillonné le sol à différentes distances et profondeurs de la haie, et ce, six fois pendant 60 jours suivant le traitement à l'atrazine. J'ai dosé l'atrazine dans ces échantillons de sol. Comme le prédisait mon hypothèse, les concentrations d'atrazine étaient plus faible près des arbres que dans le champs de maïs.

Les résultats de mon mémoire de Maîtrise me permettent de conclure que les SCIs et les HBVs contribuent à la phytorémédiation dans un contexte d'assainissement agricole.



(Photo : Un lysimètre qui nous permet d'échantillonner l'eau à une profondeur de 70 cm)

Comparaison des émissions de N₂O entre un système de culture intercalaire et un système agricole de monoculture conventionnelle dans le sud de l'Ontario, Canada

Andrew K. Evers, étudiant de maîtrise

Directeur de thèse: Dr. Andrew Gordon, Université de Guelph

Il est important de développer des pratiques agricoles pour limiter les émissions de protoxyde d'azote (N₂O) en raison des soucis concernant les changements climatiques. Une de ces pratiques serait le système agroforestier avec culture intercalaire (SCI) (Thevathasan et Gordon, 2004). Cela serait dû à (1) une capacité des racines d'arbres à capturer le nitrate (NO₃⁻) avant que les bactéries du sol le transforme en N₂O, (2) une augmentation de la fertilité du sol réduisant ainsi l'épandage d'engrais azoté, et (3) une diminution de la température du sol en raison de l'ombre, ce qui limite la dénitrification microbienne (i.e. production de N₂O).

Cependant, les SCIs pourraient également promouvoir des facteurs qui augmentent la dénitrification. Par exemple, nos études antérieures ont démontré que les populations de vers de terre étaient plus abondantes dans les SCIs que dans les systèmes agricoles conventionnels. Les systèmes SCI assurent un environnement approprié pour les vers de terre grâce à la litière des feuilles, des températures saisonnières légèrement plus basses et des taux d'humidité plus élevés que dans des monocultures conventionnelles. D'autres études ont déjà démontré que les vers de terre pouvaient augmenter les émissions de N₂O. Leurs tubes digestifs contiennent des densités de bactéries dénitritifiantes plus élevées que le sol minéral environnant en raison du carbone disponible et des conditions anoxiques.

Nous avons conçu une étude en deux étapes pour comparer les émissions de N₂O dans les SCIs et dans un système agricole conventionnel au Centre de recherches d'agrosylviculture de l'Université de Guelph (GARS). La première étape comportait des mesures *in situ* des flux de N₂O. Nous avons utilisé un dispositif aléatoire stratifié avec trois pseudo-réplicats, afin de considérer l'effet de séries chronologiques. Dans les deux systèmes, le soya a été cultivé en 2007 et le maïs en 2008. Nous avons mesuré des flux de N₂O de 0.107 et 0.075 kg N ha⁻¹ jour⁻¹ dans la monoculture et le système SCI respectivement, bien que ces différences n'étaient pas statistiquement significatives. Nous avons trouvé des corrélations significatives entre le volume des pores remplis d'eau, le N inorganique, et le flux de N₂O.

La deuxième étape de l'étude était une expérience en serre, réalisée en quatre phases de novembre 2007 à février 2008 et d'août 2008 à septembre 2008. Nous avons étudié l'effet de l'abondance de vers de terre et des taux d'humidité du sol sur les émissions de N₂O. L'expérience comprenait un dispositif factoriel (4x4) à quatre réplicats, comprenant quatre densités de ver de terre (*Lumbricus terrestris* L.) (0, 300, 600 et 900 vers de terre m⁻²) et quatre taux d'humidité (15%, 25%, 35% et 45%). Puisque les densités de vers de terre sont plus élevées que celles *in situ* rapportées par Price et Gordon (1999), l'expérience sera bientôt répétée avec des densités de 90, 120 et 175 vers de terre par m². À l'heure du prélèvement, les mésocosmes ont été scellés avec des couvercles étanches équipés d'un septum en caoutchouc. Des échantillons d'air ont été prélevés de chaque mésocosme après 0, 30 et 60 minutes et déposés dans des Exetainers (Labco, Royaume-Uni). Nous avons plus tard analysé la teneur en N₂O de chaque échantillon par chromatographie en phase gazeuse. Des échantillons de sol ont été prélevés au début et à la fin de chaque phase pour déterminer la quantité de carbone initiale et finale dans le sol, et son contenu en azote inorganique. Nous avons donc observé une relation positive entre la densité des vers de terre et les flux de N₂O, mais ces relations étaient significatives qu'à des taux d'humidité de 25% et 35%.

Nos études démontrent que les vers de terre préfèrent des environnements riches en matière organique et un taux d'humidité élevé, comme c'est le cas dans les SCIs.

Bien qu'il s'avère que la densité des vers de terre était corrélée aux émissions de N₂O en mésocosmes, nous n'avons pu observer des émissions de N₂O *in situ* plus élevées dans les SCIs que dans les cultures conventionnelles. Nos résultats suggèrent, alors, que si nous réussissions à trouver des essences ligneuses dont la qualité chimique de la litière repousserait les vers de terre, que les SCIs seraient une option viable pour atténuer des émissions de N₂O.

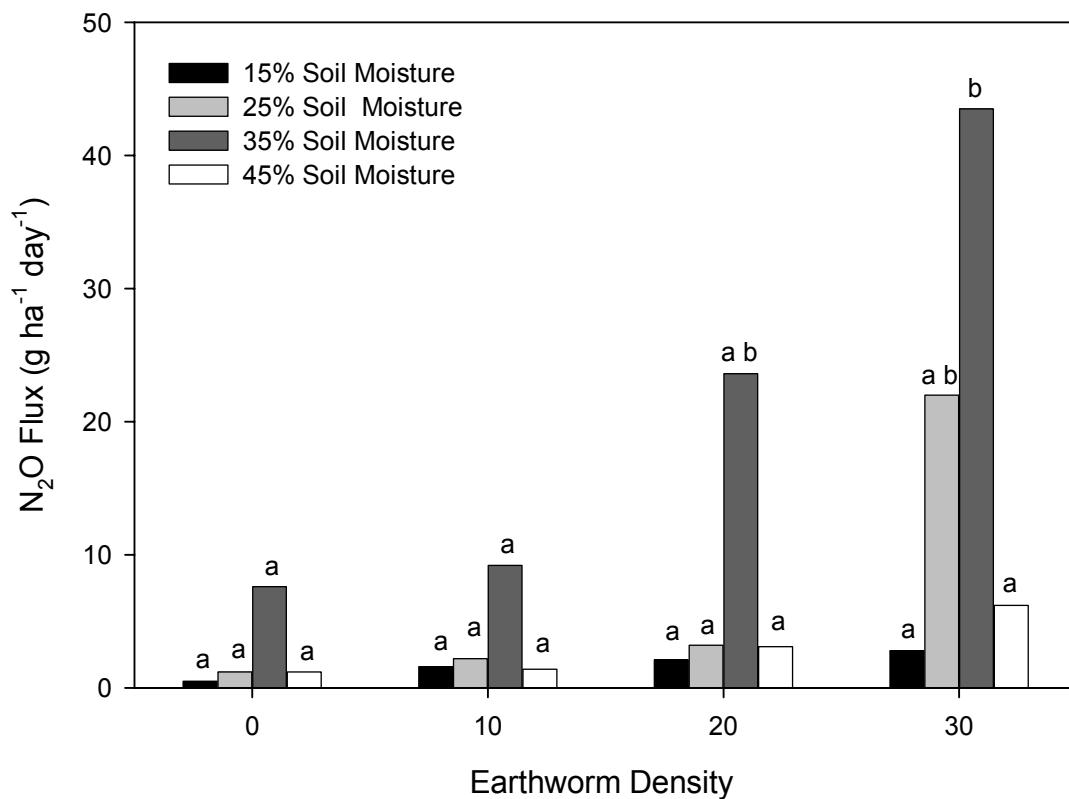


Figure 1. La relation entre la densité des vers de terre par 0.031 m², la teneur en eau gravimétrique du sol, et les émissions de N₂O en mésocosmes. Les barres avec la même lettre n'indiquent aucune différence significative entre les traitements ($P<0.05$) selon le test de Tukey-Kramer.

Bibliographie

- Thevathasan, N. V. and A. M. Gordon. 2004. Ecology of tree intercropping systems in the North temperate region: Experiences from southern Ontario, Canada. Agrofor. Syst. 61:257-268.
- Price, G. W. and A. M. Gordon. 1999. Spatial and temporal distribution of earthworms in a temperate intercropping system in southern Ontario, Canada. Agrofor. Syst. 44:141-149.

Réduction de pollution diffuse, et augmentation de la diversité et stabilité microbienne du sol, dans un système agroforestier

Simon Lacombe, M.Sc. (2007)

Directeur de thèse: Dr. Robert Bradley, Université de Sherbrooke

Les pratiques agroforestières à travers le monde sont nombreuses, comprenant les systèmes sylvopastoraux, les bandes de protections côtières, les bandes riveraines boisées ainsi que les haies brise-vents. Leur point commun implique la combinaison d'activités agricoles et la culture d'essences ligneuses. Mon projet de maîtrise s'est notamment intéressé aux bénéfices environnementaux d'un système agroforestier avec cultures intercalaires (ACI), impliquant des rangées d'arbres (peuplier hybride, noyer noir et frêne d'Amérique) espacées, au milieu desquelles nous avons cultivé le soya.

Parmi les nombreux bénéfices environnementaux dont nous soupçonnions d'un tel système, nous étions curieux à savoir si la présence d'arbres pouvait augmenter la « qualité du sol ». Nous définissons la qualité du sol selon cinq critères, notamment la fertilité, l'absence de pathogènes, la biodiversité, la stabilité, et le potentiel d'assainissement agricole. Mon projet s'est penché plus spécifiquement sur les trois derniers de ces critères. Mes trois hypothèses se résumaient ainsi :

- (1) Un système ACI réduira la pollution diffuse car les racines des arbres peuvent récupérer les nitrates qui lessivent sous la zone racinaire des cultures intercalaires;
- (2) Un système ACI augmentera la diversité microbienne du sol car la distribution des ressources du sol est plus complexe et plus hétérogène qu'une monoculture de soya;
- (3) La diversité est corrélée à la stabilité des communautés microbiennes du sol.

Dans un premier temps, nous avons creusé des tranchées de 1 m de profondeur le long de certaines rangées d'arbres et nous y avons installé des films de plastique. Ce dispositif garantissait l'exclusion des racines d'arbres sous la culture du soya. Nous avons ensuite installé 18 lysimètres dans les parcelles avec tranchées, et 18 lysimètres dans les parcelles sans tranchées. Ces lysimètres sont des appareils qui nous permettaient d'échantillonner l'eau du sol à une profondeur de 70 cm tout au cours de la saison de croissance. L'analyse chimique de ces échantillons nous a permis de constater que la présence des arbres réduisait 80% du lessivage des nitrates du sol.

Dans un deuxième temps, nous avons analysé le profil des acides gras du sol à plusieurs points d'échantillonnage dans notre système ACI et dans une monoculture de soya adjacente. Cet essai nous a permis de déterminer que la diversité microbienne du sol était plus élevée dans le système ACI. Nous avons ensuite traité des échantillons de sol des deux champs à différentes concentrations de cuivre, un métal lourd qui est couramment utilisé comme fongicide en agriculture. Nos résultats ont démontré que les communautés microbiennes provenant du système ACI toléraient mieux le stress imposé par le cuivre que les communautés microbiennes de la monoculture de soya.

En résumé, nous avons confirmé nos trois hypothèses. Nous concluons que les systèmes ACIs sont tout désignés pour augmenter la qualité du sol dans le sud du Québec.



Left: Plastic lining being installed in root-cutting trench
Right: Water sampling in lysimeter

(Photos: Mise en place des parcelles tranchées et échantillonnage de l'eau du sol par Simon Lacombe.)

Potentiel agronomique et sylvicole des systèmes agroforestiers avec cultures intercalaires dans leurs premiers stades de développement

David Rivest, Ph.D. (2009)

**Superviseurs de thèse: Dr. Alain Olivier, Université Laval
Dr. Alain Cogliastro, Jardin Botanique de Montréal**

Historiquement, la plantation d'arbres feuillus à bois noble ou de peupliers a joué un rôle marginal dans le développement rural du sud du Québec, là où son potentiel de production est le plus élevé. Les producteurs ne voient généralement pas d'un bon œil la perte de superficie agricole qui résulte de la mise en place d'une plantation d'arbres. D'autre part, les producteurs estiment que ces plantations exigent trop d'investissements initiaux et trop de temps avant de percevoir un revenu. Cependant, certains modèles de production combinant des rangées d'arbres largement espacées et des cultures intercalaires, permettraient de diversifier et d'augmenter le revenu global du producteur tout en lui assurant un bon revenu annuel. Notre projet de recherche visait donc à valider le potentiel des systèmes agroforestiers avec cultures intercalaires (SCI) pour le sud du Québec, en accordant une attention particulière aux conditions lumineuses et aux propriétés du sol.

Dans un premier temps, nous avons exploré la concurrence pour la lumière de différents clones de peupliers hybrides sur le rendement d'une culture intercalaire de soya. Une interception lumineuse de l'ordre de 40% et un faible rendement du soya ont été observés près des rangées de peuplier. La floraison et la formation des gousses se sont alors avérées plus réduites près des arbres que le remplissage des grains. Suite à une éclaircie des peupliers hybrides, le rendement du soya était plus élevé et plus uniforme dans l'allée. Nos résultats suggèrent une concurrence pour la lumière qui peut être maîtrisée en optant pour des clones de peupliers hybrides qui minimisent l'ombrage et en favorisant de larges espacements des arbres sur les rangées.

Nous avons ensuite comparé la disponibilité de l'azote et la biomasse microbienne du sol dans un SCI avec soya et dans une plantation d'arbres sans culture intercalaire (herbage des allées). Au cours des deux ans d'études, ces deux variables étaient supérieures dans le SCI que dans le traitement sans soya. De plus, la biomasse microbienne dans le SCI présentait une plus grande efficacité d'utilisation des ressources du sol pour assurer ses besoins énergétiques.

Comme troisième objectif, nous avons comparé l'effet de la culture intercalaire sur le statut nutritionnel et la croissance de différents clones de peupliers hybrides. Globalement, la croissance des peupliers hybrides dans le traitement de culture intercalaire était supérieure à celle observée dans le traitement sans culture. Une analyse vectorielle nous a permis de déceler une meilleure nutrition azotée pour les arbres en présence des cultures intercalaires.

En somme, les premiers stades de l'association arbre-culture démontrent un meilleur potentiel de rendement que les systèmes conventionnels dans la mesure où la concurrence des arbres pour la lumière soit bien maîtrisée. Ce projet de recherche a précisé la faisabilité technique des SCIs au Québec tout en rassemblant des informations novatrices pour appuyer la décision des producteurs intéressés par ces systèmes.



Système de culture intercalaire à St-Paulin, Québec, Canada



Système de culture intercalaire à St-Remi, Québec, Canada