

Journée scientifique – Agroforesterie

Le jeudi 7 février 2013

Hôtel et Suites Le Dauphin

Drummondville



CRAAQ

CULTIVER L'EXPERTISE
DIFFUSER LE SAVOIR

Une référence
qui a la cote!



Centre de référence en agriculture
et agroalimentaire du Québec

Un catalogue de
230 publications
comprenant des
ouvrages imprimés
et électroniques

Plus de 15 évènements
pour le secteur agricole et
agroalimentaire chaque
année

250 feuillets
technico-économiques
regroupés dans les
Références économiques

Plus de 15 services en
ligne comprenant
des répertoires et
plusieurs outils
d'information

32 banques
d'informations
spécialisées sur
Agri-Réseau

Un calendrier
électronique regroupant
l'ensemble des activités
du secteur agricole
et agroalimentaire

Avertissement

Il est interdit de reproduire, traduire ou adapter cet ouvrage, en totalité ou en partie, pour diffusion sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit, incluant la photocopie et la numérisation, sans l'autorisation écrite préalable du Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ).

Les contenus publiés dans ce document n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs respectifs.

La publicité insérée dans ce document concrétise l'appui du milieu à l'évènement. Sa présence ne signifie pas que le CRAAQ en approuve le contenu ou cautionne les entreprises et organismes concernés.

Pour information et commentaires :

Centre de référence en agriculture
et agroalimentaire du Québec
Édifce Delta 1
2875, boulevard Laurier, 9^e étage
Québec (Québec) G1V 2M2
Téléphone : 418 523-5411
Télécopieur : 418 644-5944
Courriel : client@craaq.qc.ca

© Centre de référence en agriculture
et agroalimentaire du Québec, 2013

PAGF0101

ISBN 978-2-7649-0362-9 (version imprimée)

ISBN 978-2-7649-0363-6 (PDF)

Dépôt légal

Bibliothèque et Archives Canada, 2013

Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2013



Ce document a été imprimé sur du papier contenant 100 %
de fibres recyclées postconsommation, certifié Éco-Logo
et Procédé sans chlore et fabriqué à partir d'énergie biogaz.

Le CRAAQ remercie ses...

...membres partenaires

**Agriculture, Pêcheries
et Alimentation**

Québec 

**Un partenaire
de premier plan !**



Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Agriculture and
Agri-Food Canada

Canada

La Coop
 **féderée**

**La Financière
agricole**

Québec 



**L'Union des
producteurs
agricoles**



Centre de référence en agriculture
et agroalimentaire du Québec

www.craaq.qc.ca • 1 888 535-2537

Le CRAAQ remercie ses...

...membres associés

Association des jardiniers maraîchers du Québec (AJMQ)

Association des médecins vétérinaires praticiens du Québec (AMVPQ)

Association des producteurs de fraises et framboises du Québec (APFFQ)

Association des technologues en agroalimentaire inc. (ATA)

Banque Nationale du Canada

Bureau de normalisation du Québec (BNQ)

Cain Lamarre Casgrain Wells

Centre d'études sur les coûts de production en agriculture (CECPA)

Centre d'expertise en gestion agricole (CEGA)

Centre d'insémination artificielle du Québec (CIAQ)

Centre de développement du porc du Québec (CDPQ)

Centre francophone d'informatisation des organisations (CEFRIO)

Citadelle, Coopérative de producteurs de sirop d'érable

Conseil canadien de la gestion d'entreprise agricole (CCGEA)

Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec (CDAQ)

Conseil québécois de l'horticulture (CQH)

Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation (FSAA) de l'Université Laval

Fédération de la relève agricole du Québec (FRAQ)

Fédération des groupes conseils agricoles du Québec (FGCAQ)

Fédération des producteurs de cultures commerciales du Québec (FPCCQ)

Fédération des producteurs de lait du Québec (FPLQ)

Fédération des producteurs de porcs du Québec (FPPQ)

Fédération des producteurs maraîchers du Québec (FPMQ)

Financement agricole Canada

Groupe Promutuel

Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)

Ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation (MDEIE)

Mouvement Desjardins

Ordre des agronomes du Québec (OAQ)

RBC Banque Royale

Syndicat des producteurs de lapins du Québec (SPLQ)

Transformation Alimentaire Québec (TRANSAQ)

Université McGill-Campus Macdonald

Valacta



Centre de référence en agriculture
et agroalimentaire du Québec

www.craaq.qc.ca • 1 888 535-2537

Comité organisateur

Alain Olivier, Ph. D., professeur, Département de phytologie, Université Laval, Québec

Camille Caron, aménagement du territoire, MAPAQ, Trois-Rivières

Alain Cogliastro, Ph.D., chercheur en plantation et environnement, Institut de recherche en biologie végétale, Université de Montréal et Jardin botanique de Montréal

Marc Duchemin, Québec

Stéphane Gariépy, M.Sc., ing., gestionnaire régional, AAC, Québec

David Rivest, Ph.D., spécialiste en agroforesterie, AAC, Québec

Coordination :

Joanne Lagacé, B.Sc., chargée de projets, CRAAQ

Appui du CRAAQ

Karine Beaupré, responsable de la logistique

Guillaume Breton, responsable marketing et ventes

Dany Dion, responsable à l'administration

Jocelyne Drolet, agente de secrétariat

Sophie Fournier, agente de secrétariat

Hélène Grondines, directrice de la gestion des projets, des processus et des opérations

Danielle Jacques, chargée de projets à l'édition

Nathalie Nadeau, technicienne en infographie

Manon Paradis, responsable des partenariats et des communications

Agathe Turgeon, agente à l'administration



FIER **PARTENAIRE !**

*Agriculture, Pêcheries
et Alimentation*

Québec





Comité agroforesterie



Programme

Le jeudi 7 février 2013
Hôtel et Suites Le Dauphin
Drummondville

Animation : *Alain Olivier, Ph. D., directeur du Groupe interdisciplinaire de recherche en agroforesterie (GIRAF), Université Laval, Québec*

8 h Accueil et café de bienvenue

8 h 45 Mot d'ouverture

Changements climatiques

9 h **Interactions entre les arbres et les cultures dans des systèmes de cultures intercalaires agroforestières dans un contexte de changements climatiques** 10

Alain Cogliastro, Ph.D., chercheur en plantation et environnement, Institut de recherche en biologie végétale, Université de Montréal et Jardin botanique de Montréal, Montréal

9 h 25 **Utiliser la modélisation pour prévoir des scénarios futurs : les changements climatiques vont-ils conduire les systèmes agroforestiers au Québec vers la complémentarité ou la compétition?** 15

Alain Paquette, Ph.D., chercheur, Centre d'étude de la forêt (CEF), Université du Québec à Montréal, Montréal

9 h 50 **Étude de l'impact des systèmes intercalaires sylvicoles-agricoles sur la dynamique de l'eau et la connectivité sédimentaire : suivi de terrain et modélisation numérique** 18

Alain Rousseau, Ph.D., ing., professeur-chercheur titulaire, Centre Eau, Terre et Environnement, Institut national de la recherche scientifique (INRS-ETE), Québec

10 h 15 Pause santé

Agroenvironnement

10 h 35 **Distribution de la biomasse racinaire et des stocks de carbone du sol dans différents systèmes riviérains** 21

Julien Fortier, Ph.D., stagiaire post-doctoral et vulgarisateur scientifique, Université du Québec à Montréal, Montréal et Fiducie de recherche sur la Forêt des Cantons-de-l'Est, Saint-Benoît-du-Lac

11 h **De la facilitation à l'adoption d'aménagements agroforestiers territoriaux : approche participative en France** 23

David Grandgirard, Ph.D., enseignant-chercheur scientifique, Institut polytechnique LaSalle Beauvais, France

11 h 50 Dîner

13 h 20 **Les cultures intensives de saules sur courtes rotations : des systèmes agronomiques pour solutionner des problèmes environnementaux** 27

Michel Labrecque, M.Sc., conservateur-professeur associé, Jardin botanique de Montréal et Institut de recherche en biologie végétale, Université de Montréal, Montréal

Qualité du sol et productivité

13 h 45 **Étude des distributions de racines fines d'arbres et de fourrage en fonction de la profondeur et de la distance aux arbres dans un système agroforestier de cultures intercalaires** 30

Léa Bouttier, Université de Montréal, Montréal

14 h 10 **Bénéfices économiques et environnementaux des systèmes agroforestiers avec cultures intercalaires** 34

William F.J. Parsons, Ph.D., professionnel de recherche, Université de Sherbrooke, Sherbrooke

14 h 35 Pause

14 h 50 **Qualité et résilience du sol en systèmes agroforestiers et rétroaction sur la productivité du blé en contexte de déficit et d'excès d'eau** 36

David Rivest, Ph.D., spécialiste en agroforesterie, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Québec

15 h 15 **Les haies brise-vent dans nos champs : doit-on s'inquiéter des racines?** 38

Anne Vanasse, Ph.D., professeure, Université Laval, Québec

Adoption

15 h 40 **Perception et adoption de l'agrosylviculture : résultats des enquêtes menées auprès des agriculteurs, des propriétaires de terres agricoles et de la population résidente en Gaspésie** 41

Bertrand Anel, M.Sc., ing., coordonnateur, Laboratoire rural Agroforesterie et paysage, MRC du Rocher-Percé, Chandler

16 h 05 Mot de la fin



Avec la participation de :
• Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation
• Fonds vert du Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs

Dans le cadre du projet « Contribution de systèmes agroforestiers multifonctionnels à la capacité d'adaptation aux changements climatiques des agroécosystèmes » s'inscrivant dans la mise en œuvre du Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques du gouvernement du Québec.



Le jeudi 7 février 2013
Hôtel et Suites Le Dauphin
Drummondville

Résumés des conférences

Comité agroforesterie





Interactions entre les arbres et les cultures dans des systèmes de cultures intercalaires agroforestières dans un contexte de changements climatiques

Alain COGLIASTRO¹, Ph.D., chercheur en plantation et environnement,
Coline KOUCHNER¹, et Léa BOUTTIER¹, étudiante à la maîtrise en sciences biologiques

¹ Institut de recherche en biologie végétale, 4101, rue Sherbrooke Est, Montréal, QC H1X 2B2

La résilience des agrosystèmes est cruciale pour leur adaptation aux changements à venir : des agrosystèmes trop sensibles au manque d'eau, à une hausse des températures ou aux autres variations possibles du climat sont plus à risques. Dans un rapport de Bryant *et al.* [1] sur l'adaptation au changement climatique (CC) au niveau de la ferme, les enquêtes réalisées indiquent que les variabilités importantes du climat et les incertitudes que cela entraîne font partie des inquiétudes des agriculteurs concernant les CC. La diversification des activités et sources de revenus fait partie des solutions envisagées pour s'adapter aux changements à venir. L'agroforesterie rejoint cette proposition. La pratique a aussi retenu l'attention dans plusieurs des discussions associées aux mesures d'atténuation et d'adaptation aux CC à l'échelle internationale.

L'exposé est orienté de manière à présenter quelques résultats de la littérature en agroforesterie qui sont en lien avec les différents aspects qui seront énoncés par les conférenciers au cours de la journée. Ceci dans le but d'enrichir les connaissances diffusées et de souligner certaines généralisations possibles des constats sur l'effet des arbres dans les cultures. Penser l'agriculture de demain dans un contexte de CC commande d'examiner attentivement plusieurs aspects dont l'eau, le carbone et la productivité globale des systèmes.

Eau

Les scénarios de CC prévoient une hausse des précipitations dans tout le Québec, avec moins de neige accumulée au sud et pas de changement en saison chaude : les augmentations de précipitations auraient lieu au printemps, à l'automne, et l'augmentation des journées au-dessus de 0 °C en hiver entraînerait des pluies plus importantes qu'actuellement. Certaines études indiquent aussi une augmentation possible de la fréquence des précipitations de forte intensité et de la saison des orages [2], ce qui aurait des conséquences sur le ruissellement et les pertes de sol.

Les épisodes de ruissellement peuvent entraîner des pertes de sol et de nutriments (azote, phosphore) et une pollution diffuse, principalement quand les sols sont nus sans couverts végétaux [3]. Le ruissellement est lié à l'importance des épisodes pluvieux qui le déclenchent, et un seul épisode peut parfois être responsable de la majorité des pertes d'une période d'un ou deux ans [3]. Plusieurs études sur l'influence de bandes herbacées et arborées ont eu lieu au site de Greenley Memorial Research Center, au nord-est du Missouri. Les précipitations moyennes de cette région (920 mm, dont 607 mm entre avril et septembre) sont du même ordre que celles du sud du Québec avec des températures moyennes plus élevées. Des parcelles témoins sont comparées à l'inclusion de bandes enherbées (graminées + légumineuses) et de bandes enherbées-arborées (chênes aux 3 m), espacées de 23 à 36 m, dans des cultures de soya et maïs en rotation.

La présence d'arbres âgés de 7 à 11 ans a réduit les pertes de sédiments de 30 % en moyenne sur les 5 années d'étude [4]. Les pertes d'N et de P ont été réduites de 11 % et 26 % respectivement. Cette efficacité à réduire les pertes s'est accrue fortement en comparaison aux trois premières années de l'établissement des arbres [3].

Sur ce même site, on a mesuré, dans la zone de la bande arborée, un contenu hydrique du sol plus faible pendant la saison de croissance, avant les précipitations de recharge fin août, et plus élevé pendant une partie de l'automne, après la recharge [5]. Cette quantité d'eau infiltrée plus importante peut s'expliquer par le contenu hydrique initial plus faible de cette zone et par une plus grande capacité de stockage d'eau (aussi observé par Seobi *et al.* [6]). Cette plus grande capacité a été corrélée à une macroporosité du sol plus importante dans les bandes arborées [6, 7]. On y mesurait également une conductivité hydraulique à saturation plus importante sur ces bandes (à 20 cm et 150 cm des arbres) que dans la zone de culture, la valeur à 20 cm atteignant 14 fois celle dans la zone de cultures.

Une étude conduite en Ontario [8] portant sur les effluents de drains de parcelles en monoculture et en système de culture intercalaire (SCI) (peupliers hybrides et érables argentés, avec cultures de blé d'hiver puis maïs, bandes arborées de 1 m de large avec arbres aux 6 m et 15 m entre deux rangées) montre que les SCI peuvent réduire le lessivage des nitrates. La différence entre les effluents des deux systèmes étant particulièrement marquée après des épisodes pluvieux importants. La différence observée entre les parcelles monocultures et SCI était de 4,6 % (2,63 kg.ha⁻¹) la première année d'expérimentation, et de 46,2 % (soit 76 kg.ha⁻¹) la deuxième année où les précipitations ont été plus importantes. On explique ces différences par le prélèvement par les arbres et par une utilisation plus importante d'eau des systèmes agroforestiers, le lessivage par l'eau y serait alors moins important.

Le CC conduirait à une augmentation du nombre de jours chauds en été et le stress hydrique à cette saison serait plus important pour les cultures si les précipitations en été restent à leur niveau actuel [9].

Une remontée d'eau nocturne dans les couches superficielles du sol (plus sèches) est observable chez certaines plantes quand elles ont accès à des couches plus humides en profondeur [10] [11]. Ce phénomène d'ascenseur hydraulique (AH) est expliqué par les différences de potentiel entre les horizons de sols et les racines. Il a été mesuré chez plusieurs espèces, notamment dans le cas de l'érable à sucre [12]. Dans ce cas, on a observé des fluctuations du potentiel hydrique du sol entre le jour et la nuit à proximité des érables, après les périodes de sécheresse. On a démontré que ce sont bien les racines des arbres qui avaient permis le rehaussement nocturne du potentiel hydrique du sol et non l'effet de capillarité. L'eau près de l'arbre (<2,5 m) est issue principalement de la nappe phréatique alors que plus loin elle comprend davantage celle issue des précipitations. Le potentiel hydrique et la conductance stomatale des plantes du sous-étage diminuaient avec l'augmentation de leur distance à l'érable. De plus, la proportion d'eau issue de l'AH et utilisée par les plantes différait d'une espèce à l'autre de 3 % à 60 %. La recherche d'associations entre des arbres réalisant l'AH et des cultures capables d'en tirer parti peut être particulièrement intéressante en culture intercalaire de manière à optimiser le phénomène de facilitation sur celui de compétition.

Carbone

Le rôle de l'agroforesterie en tant que stratégie de mitigation et d'adaptation aux CC a gagné considérablement en importance après qu'on ait réalisé que les systèmes agroforestiers présentaient l'habileté de capturer le CO₂ et de l'emmagasiner dans les plantes et le sol [13]. On a compris l'avantage que représentaient les arbres et leurs grands volumes de biomasse aérienne et de racines profondes. On attend également de leur présence une réduction des pertes de carbone des sols par la conservation de l'eau et la maîtrise de l'érosion qu'ils peuvent induire, comme nous l'avons détaillé plus haut. L'adoption de pratiques d'aménagement des sols et du paysage qui sont reconnues depuis longtemps comme étant « bonnes » et durables est la clé pour la mitigation des CC dans le secteur de l'aménagement du territoire [13]. Parmi celles-là, les pratiques de limitation du travail du sol, la gestion des résidus de culture et l'utilisation d'une diversité de systèmes de culture sont les plus fréquemment mentionnées pour avoir les plus grands impacts [14].

L'agroforesterie présente l'intérêt de l'association d'une diversité d'espèces aux modes de croissance et à l'architecture racinaire variés. Un assemblage diversifié d'espèces apporterait une plus grande efficacité d'utilisation des ressources, conduisant à une production primaire accrue et, conséquemment, à une plus grande séquestration de carbone [15, 16]. La diversité serait également associée à plus de stabilité des systèmes biologiques, condition qui permet davantage de carbone séquestré. Une étude conduite en Montérégie mesurait 77 % plus de carbone organique du sol dans un SCI en comparaison à un champ conventionnel [17]; en Ontario, c'était une valeur de 41 % supérieure qui était mesurée [18]. L'apport des litières aériennes et souterraines des arbres serait ici en cause : Bambrick *et al.* [17] ont d'ailleurs mesuré que ces apports conduisaient à de plus hautes valeurs d'azote du sol en SCI qu'en conventionnelle sur un des sites étudiés.

Productivité

En analysant la productivité de différents systèmes de production agricoles, sylvicoles et intercalaires, Graves *et al.* [19] concluaient qu'en combinant des arbres et des cultures sur 10 ha, on obtenait l'équivalent de ce qui serait produit sur 11 à 14 ha lorsqu'on sépare les deux productions. Il y aurait un effet de synergie, de complémentarité. La rentabilité était supérieure avec l'utilisation d'arbres aux bois de haute valeur (noyer) ou d'arbres à croissance rapide (peuplier) desquels l'investissement est récupéré à plus court terme. En Ontario, Thevathasan et Gordon [20] ont montré que le SCI, en comparaison à la pratique conventionnelle, produisait autant de blé ou de soya, mais moins de maïs, une plante qui profite davantage de la lumière disponible. Soulignons que l'expérience a été conduite avec des arbres de 12 ans et 15 m d'espacement entre les rangs, ce qui devrait plutôt être le double dans le cas de plusieurs grandes cultures. En Chine, la productivité du blé d'hiver et de haricots en rotation a été étudiée en fonction de la densité d'arbres installés en SCI. L'arbre étudié est une espèce à croissance rapide, le paulownia, dont la rotation est de 12 ans. La densité de 40 et 50 arbres à l'hectare a permis une production légèrement supérieure de blé et de haricots sur l'ensemble de la rotation en comparaison au témoin sans arbres. Avec 66 arbres à l'hectare, la production agricole en SCI devenait comparable au témoin.

Les parcelles en SCI peuvent présenter une plus grande hétérogénéité de productivité des cultures que les monocultures. Cette hétérogénéité peut être spatiale [21] [20] et temporelle selon l'âge des arbres [22] et beaucoup associée à l'ombre des arbres et à la décomposition des feuilles selon la distance à la rangée d'arbres. La compétition souterraine entre arbres et cultures, notamment pour l'eau, peut également avoir des effets négatifs sur une portion de la culture [23].

Le développement de nouveaux programmes de soutien financier, la multiplication de réalisations concrètes et la disponibilité accrue des résultats de recherche, sont les plus grands défis à relever pour réaliser le plein potentiel de mitigation et d'adaptation au CC qu'offre l'agroforesterie. Une plus grande importance devrait être accordée aux bénéfices économiques des services environnementaux apportés par l'agroforesterie dans l'adoption des mesures incitatives en agriculture. Les évidences scientifiques disponibles suggèrent que l'agroforesterie a un plus grand potentiel que la monoculture dans la réalisation de la mitigation des CC et l'intégration des pratiques agroforestières serait une bonne stratégie d'adaptation au CC [13].

1. Bryant, C. *et al.* 2007. Vulnérabilités et adaptation aux changements climatiques au Québec au niveau de la ferme : leçons tirées de la gestion du risque et de l'adaptation à la variabilité climatique par les agriculteurs. Ressources naturelles Canada et OURANOS. 49 p.
2. Huard, D. et D. Chaumont. 2011. Extrêmes de précipitations en climat futur sur les régions agricoles du Québec. Ouranos, Montréal. 65 p.
3. Udawatta, R.P. *et al.* 2002. Agroforestry Practices, Runoff, and Nutrient Loss: A Paired Watershed Comparison. *Journal of Environmental Quality*. 31: p. 1214-1225.

4. Udawatta, R.P., H.E. Garrett et R. Kallenbach. 2011. Agroforestry Buffers for Nonpoint Source Pollution Reductions from Agricultural Watersheds. *Journal of Environmental Quality*. 40: p. 800-806.
5. Anderson, S.H. *et al.* 2008. Soil water content and infiltration in agroforestry buffer strips. *Agroforestry Systems*. 75(1): p. 5-16.
6. Seobi, T. *et al.* 2005. Influence of Grass and Agroforestry Buffer Strips on Soil Hydraulic Properties for an Albaqualf. *Soil Science Society of America Journal*. 69(3): p. 893-901.
7. Udawatta, R.P. *et al.* 2008. Agroforestry and Grass Buffer Effects on Pore Characteristics Measured by High-Resolution X-ray Computed Tomography. *Soil Science Society of America Journal*. 72(2): p. 295-304.
8. Dougherty, M.C. *et al.* 2009. Nitrate and Escherichia coli NAR analysis in tile drain effluent from a mixed tree intercrop and monocrop system. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 131: p. 77-84.
9. Michaud, A. *et al.* 2012. Implications des scénarios climatiques futurs sur la gestion des sols et de l'eau à la ferme. 2012: Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, Québec. 16 p.
10. Caldwell, M.M., T.E. Dawson et J.H. Richards. 1998. Hydraulic lift: consequences of water efflux from the roots of plants. *Oecologia*. 113: p. 151-161.
11. Liste, H.-H. et J.C. White. 2008. Plant hydraulic lift of soil water – implications for crop production and land restoration. *Plant and Soil*. 313(1-2): p. 1-17.
12. Dawson, T.E. 1993. Hydraulic lift and water use by plants: implications for water balance, performance and plant-plant interactions. *Oecologia*. 95: p. 565-574.
13. Nair, P.K.R. 2012. Climate Change Mitigation: A Low-Hanging Fruit of Agroforestry, in *Agroforestry - The Future of Global Land Use*, N. Ramachandran, P.K.R. et D. Garrity, Editors. Springer. p. 31-67.
14. Rui, W. et W. Zhang. 2010. Effect size and duration of recommended management practices on carbon sequestration in paddy field in Yangtze Delta Plain of China: A meta-analysis. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 135: p. 199-205.
15. Kirby, K.R. et C. Potvin. 2007. Variation in carbon storage among tree species: Implications for the management of a small-scale carbon sink project. *Forest Ecology and Management*. 246: p. 208-221.
16. Paquette, A. et C. Messier. 2011. The effect of biodiversity on tree productivity: from temperate to boreal forests. *Global Ecology and Biogeography*. 20: p. 170-180.
17. Bambrick, A.D. *et al.* 2010. Spatial heterogeneity of soil organic carbon in tree-based intercropping systems in Quebec and Ontario, Canada *Agroforestry Systems*. 79: p. 343-353.
18. Peichl, M., et al., 2006. Carbon sequestration potentials in temperate tree-based intercropping systems in southern Ontario, Canada. *Agroforest Syst*. 66: p. 243-257.
19. Graves, A.R. *et al.* 2007. Development and application of bio-economic modelling to compare silvoarable, arable, and forestry systems in three European countries. *Ecological Engineering*. 29(4): p. 434-449.
20. Thevathasan, N.V. et A.M. Gordon. 2004. Ecology of tree intercropping systems in the North temperate region: Experiences from southern Ontario, Canada. *Agroforestry Systems*. 61: p. 257-268.
21. Rivest, D. *et al.* 2009. Production of soybean associated with different hybrid poplar clones in a tree-based intercropping system in southwestern Québec, Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 131: p. 51-60.
22. Lee, K.-H. et S. Jose. 2003. Soil respiration and microbial biomass in a pecan – cotton alley cropping system in Southern USA. *Agroforestry Systems*. 58: p. 45-54.
23. Miller, A.W. et S.G. Pallardy. 2001. Resource competition across the crop-tree interface in a maize-silver maple temperate alley cropping stand in Missouri. *Agroforestry Systems*. 53: p. 247-259.



Utiliser la modélisation pour prévoir des scénarios futurs : les changements climatiques vont-ils conduire les systèmes agroforestiers au Québec vers la complémentarité ou la compétition?

Susy DOMENICANO¹, M.Sc., étudiante au doctorat
Alain PAQUETTE¹ et Christian MESSIER¹

¹Centre d'étude de la forêt, Université du Québec à Montréal,
B.P. 8888, Centre-Ville Station, Montréal QC H3C 3P8

Courriel : s.domenicano@sympatico.ca

(Conférence présentée par **Alain PAQUETTE**, Ph.D., chercheur, CEF)

Mots clefs : systèmes agroforestiers, changement climatique, modélisation de productivité agroforestière, Hi-sAFé, complémentarité

Les changements climatiques pourraient avoir des conséquences considérables sur les rendements des cultures et les pratiques agricoles québécoises. Il est de plus en plus reconnu à travers le monde que l'implantation d'arbres sur les terres agricoles au moyen de systèmes agroforestiers fournit des services écologiques diversifiés et peut atténuer les effets négatifs des changements climatiques appréhendés pour les prochaines décennies. Leur structure particulière, intermédiaire entre celles des monocultures agricoles et des écosystèmes naturels complexes, permettrait une meilleure exploitation des ressources du milieu en raison de l'effet de complémentarité entre l'arbre et les cultures.

Bien que la pratique d'agroforesterie dans les régions tempérées ait pris de l'ampleur en Europe et aux États-Unis dans les dernières décennies (Graves *et al.*, 2007), nous retrouvons des lacunes importantes dans la littérature scientifique portant sur l'agroforesterie et les techniques relatives à notre région tempérée québécoise. Étant donné que l'agroforesterie n'est pas une pratique courante au Québec et que les expérimentations sur le terrain sont rares et limitées par la lente maturation des arbres, la modélisation apparaît d'autant plus nécessaire. Le développement de modèles mécanistes est considéré comme un point clé pour intégrer des connaissances souvent site et climat spécifiques, pour améliorer la compréhension des interactions arbres/cultures et pour concevoir des systèmes agroforestiers productifs (Muetzelfeldt, 1995; Ellis *et al.*, 2004).

Pour nous permettre de mieux comprendre la contribution potentielle de systèmes agroforestiers (systèmes de cultures intercalaires) à la résistance des agroécosystèmes du sud du Québec face aux changements climatiques, nous avons adapté le modèle Hi-sAFé, développé essentiellement dans le cadre du projet européen SAFE (Silvoarable Agroforestry For Europe, Dupraz *et al.*, 2005). Hi-sAFé est un modèle biophysique du fonctionnement de systèmes agroforestiers tempérés, associant arbres et grandes cultures, conçu sous l'hypothèse que le partage des ressources (lumière, eau et azote) au sein d'un système agroforestier est le déterminant majeur de sa productivité. Il propose un couplage en 3-D et au pas de temps journalier, par des modules de répartition de ces trois ressources, entre un modèle de culture et un modèle d'arbre.

Avant de soumettre le modèle Hi-sAFé à des hypothèses de productivité et de scénarios futurs de changements climatiques, il était impératif dans un premier temps de paramétrer et de valider le modèle pour le Québec. Des données tirées d'un des seuls sites agroforestiers expérimentaux au Québec situé à Saint-Paulin dans la région de la Mauricie ont été utilisées. Des données extraites de la littérature ont aussi été utilisées pour bonifier la paramétrisation étant donné un manque de sites expérimentaux.

Une fois validé, le modèle nous permet de tester divers scénarios d'implantation des systèmes intercalaires, selon différentes hypothèses de changements climatiques.

Des scénarios futurs de productivité pour le chêne rouge (*Quercus rubra* L.) et le cerisier tardif (*Prunus serotina* Ehrh.), en association avec une culture de fourrage, font partie de notre premier plan d'expérimentations virtuelles. En utilisant différents scénarios de changements climatiques fournis par le Consortium Ouranos, nous explorons des questions de nature plus théorique sur les thèmes de complémentarité, de facilitation et de compétition dans les communautés de plantes agroforestières. À l'aide de notre modèle, nous allons pouvoir observer l'influence des changements climatiques sur ces interactions.

Nous vous présentons nos résultats préliminaires ainsi que nos pistes de recherches futures qui incluent un plan pour un dispositif expérimental conçu pour tester l'effet du vent (stress mécanique) sur les systèmes racinaires d'arbres isolés. Nous aimerions mieux comprendre l'effet du vent sur la distribution spatiale de la biomasse racinaire pour évaluer la nécessité d'intégrer ce facteur dans la modélisation de systèmes agroforestiers.

RÉFÉRENCES

- Ellis E. A., G. Bentrup et M.M. Schoeneberger. 2004. Computer-based tools for decision support in agroforestry: current state and future needs. *Agroforestry Systems* 61/62, 401-421.
- Graves, A.R., P.J. Burgess, J.H.N. Palma, F. Herzog, G. Moreno, M. Bertomeu, C. Dupraz, F. Liagre, K. Keesman, W. van der Werf, A.K. de Nooy et J.P. van den Briel. 2007. Development and application of bio-economic modelling to compare silvoarable, arable, and forestry systems in three European countries. *Ecological engineering*, vol. 29, no 4, p. 434-449.
- Dupraz, C., P. Burgess, A. Gavaland, A. Graves, F. Herzog, L.D. Incoll, N. Jackson, K. Keesman, G. Lawson, I. Lecomte, F. Liagre, K. Mantzanas, M. Mayus, G. Moreno, J. Palma, V. Papanastasis, P. Paris, D.J. Pilbeam, Y. Reisner, M. Van Noordwijk, G. Vincent et W. Van der Werf. 2005. *Synthesis of the Silvoarable Agroforestry For Europe project*. Montpellier: 254 p.
- Muetzelfeldt R. I. 1995. A framework for a modular modelling approach for agroforestry. *Agroforestry Systems* V30, 223-234.



Étude de l'impact des systèmes intercalaires sylvicoles-agricoles sur la dynamique de l'eau et la connectivité sédimentaire : suivi de terrain et modélisation numérique

Alain N. ROUSSEAU¹, Ph.D., ing., professeur-chercheur titulaire
Dennis W. HALLEMA¹, Silvio J. GUMIERE², Alain PAQUETTE³ et Alain OLIVIER⁴

¹Institut National de la Recherche Scientifique, Centre Eau Terre Environnement,
490 rue la de Couronne, Québec (Québec) G1K 9A9

²Université Laval, Département des Sols et de Génie Agroalimentaire,
2480 boulevard Hochelaga, Québec (Québec) G1V 0A6

³Centre d'étude de la forêt (CEF), Université du Québec à Montréal, Montréal (Québec)

⁴Université Laval, Pavillon Paul-Comtois, 2425, rue de l'agriculture, Québec (Québec) G1V 0A6

Courriel : alain.rousseau@ete.inrs.ca

Mots clefs : systèmes intercalaires, FDR, changement climatique, modélisation de l'eau souterrain, HYDRUS

Le système intercalaire est une pratique agroforestière dans laquelle des arbres sont plantés à des espacements larges, créant des couloirs pour la production de cultures associées. L'implantation des systèmes intercalaires a un impact sur le bilan d'énergie thermique et sur le bilan d'eau, ce qui conduit à des changements de la circulation d'air dans et autour du couvert végétal (Wilson et Shaw, 1977), du rayonnement net, de l'évapotranspiration et du flux de chaleur dans le sol. Une autre différence par rapport à la monoculture pratiquée dans la plupart des terres agricoles concerne l'absorption d'eau par les systèmes racinaires des plantes. Sous l'influence de l'évolution des conditions environnementales causées par un changement local du climat, l'objectif du présent projet est de quantifier et d'évaluer l'effet des systèmes de cultures intercalaires sur la dynamique de l'eau du sol et l'érosion hydrique.

La dynamique de l'eau ainsi que l'érosion du sol par le ruissellement de surface dépendent à divers degrés de l'espèce végétale (plus particulièrement la distribution racinaire, le stade de croissance), des variables météorologiques (telles que l'humidité relative, le rayonnement net, les précipitations, le vent), de la surface contributive en amont, des caractéristiques du sol (texture et type de sol, porosité). Selon les conditions locales de l'environnement dans lequel est pratiquée la culture intercalaire, on peut s'attendre à ce que les systèmes résultants influencent les variables météorologiques locales ainsi que la distribution de l'eau dans le sol et à la surface du sol. Par conséquent, il est possible que la culture intercalaire assure un certain niveau de résistance à la sécheresse et à l'augmentation anticipée de l'intensité des précipitations projetées pour le sud du Québec, Canada, par Mailhot *et al.* (2007).

Nous avons développé une approche pour quantifier et évaluer l'influence des systèmes de culture intercalaire sur la dynamique de l'eau du sol et l'érosion du sol par le ruissellement de surface. L'approche s'articule autour de quatre thèmes principaux, qui comprennent le suivi météorologique et le suivi de l'humidité du sol, la modélisation du mouvement de l'eau dans le sol, la simulation de l'érosion hydrique des sols et la simulation du comportement de la circulation de l'eau du sol dans des conditions climatiques différentes.

Lors des campagnes de terrain de 2011 et 2012, nous avons mesuré la pression atmosphérique, l'humidité relative, les précipitations, la température, le rayonnement photosynthétiquement actif (RPA), la vitesse et la direction du vent, à l'aide d'une station météorologique portable. Les données de l'humidité du sol sont importantes pour établir la courbe de rétention d'eau du sol dont nous avons besoin pour estimer le stockage

en eau dans le sol, l'approvisionnement en eau pour les plantes et la stabilité des agrégats du sol. Elles ont été obtenues en utilisant 45 capteurs FDR implantés dans le sol le long d'un transect de 12,4 m perpendiculaire aux rangées d'arbres du système de culture intercalaire. La campagne de 2011 a produit des données de haute qualité. Les données météorologiques ont été analysées de même que les données d'humidité du sol afin de préparer un modèle hydrologique pour la distribution de l'eau du sol. L'analyse des données de la campagne de 2012 viendra confirmer vraisemblablement notre compréhension du système.

Le modèle de distribution d'eau du sol du système de culture intercalaire est développé dans la plateforme de modélisation 2D/3D HYDRUS (Sejna *et al.*, 2011). Les équations à base physique et conceptuelles qui représentent les processus hydrologiques dans le modèle permettent de simuler les précipitations, l'infiltration, la dynamique de l'eau dans la zone non saturée du sol et l'écoulement en milieu saturé avec l'équation de Richards; la transpiration après absorption par les racines est simulée avec la fonction linéaire de réponse de stress hydrique de Feddes (Feddes *et al.*, 2001), et l'évaporation de la surface du sol et la transpiration réelle en utilisant l'équation de Penman-Monteith.

L'agriculture intensive est souvent la cause de l'érosion accélérée des sols avec des taux d'ablation plusieurs fois supérieurs à la vitesse des processus de formation (pédogenèse). La modélisation de l'érosion hydrique est potentiellement utile pour la mise en œuvre de pratiques de gestion bénéfiques sur les bassins versants agricoles, telle la culture intercalaire. Cela peut nous permettre de mieux conserver le sol et de réduire le transport des sédiments vers les ruisseaux. À cette fin, nous prévoyons de réaliser des simulations d'érosion d'un système de culture intercalaire sur la base de scénarios traditionnels de cultures en rangs en utilisant le modèle distribué d'érosion hydrique MHYDAS-Érosion développé par Gumiere *et al.* (2010) et de comparer les taux d'érosion résultant.

Dans cette contribution, nous présentons le dispositif de terrain (station météorologique et suivi hydrodynamique du sol) et les résultats de la modélisation hydrologique du système intercalaire sélectionné pour cette étude (Mauricie, Québec).

RÉFÉRENCES

- Feddes, R.A., H. Hoff, M. Bruen, T. Dawson, P. De Rosnay, P. Dirmeyer, R.B. Jackson, P. Kabat, A. Kleidon, A. Lilly et A.J. Pitman. 2001. Modeling root water uptake in hydrological and climate models. *Bulletin of the American Meteorological Society* **82** (12), 2797–2809.
- Gumiere, S.J., D. Raclot, B. Cheviron, G. Davy, X. Louchart, J.-C. Fabre, R. Moussa et Y. Le Bissonnais. 2010b. MHYDAS-Erosion: A distributed single-storm water erosion model for agricultural catchments. *Hydrological Processes* **25**, 1717–1728.
- Mailhot, A., S. Duchesne, D. Caya et G. Talbot. 2007. Assessment of future change in intensity-duration-frequency (IDF) curves for Southern Quebec using the Canadian Regional Climate Model (CRCM). *Journal of Hydrology* **347**, 197–210.
- Šejna, M., J. Šimůnek et M.T. Van Genuchten. 2011. The HYDRUS software package for simulating two- and three-dimensional movement of water, heat and multiple solutes in variably-saturated media. User manual, version 2.0. PC Progress, Prague, Czech Republic.
- Wilson, N.R. et R.H. Shaw. 1977. A higher order closure model for canopy flow. *Journal of Applied Meteorology* **16** (11), 1197–1205.



Distribution de la biomasse racinaire et des stocks de carbone du sol dans différents systèmes riverains

Julien FORTIER^{1,2}, stagiaire post-doctoral,
Benoit TRUAX², Ph.D., Daniel GAGNON^{2,3}, Ph.D. et France LAMBERT², M.Sc.

¹Centre d'étude de la forêt (CEF, UQAM)

²Fiducie de recherche sur la forêt des Cantons-de-l'Est

³Université de Regina

La présence de racines dans les systèmes riverains en milieu agricole permet de stabiliser le sol, de favoriser l'infiltration de l'eau, d'accroître l'activité biologique du sol et de favoriser l'accumulation du carbone dans les agroécosystèmes. Ces apports de carbone au sol sont importants pour favoriser des processus tels que la dénitrification et la dégradation de certains pesticides. Mais, à quel point l'établissement de bandes riveraines agroforestières permet-il d'accroître la biomasse racinaire et le carbone du sol dans les sols riverains par rapport à des bandes herbacées? Comment les systèmes agroforestiers riverains se comparent-ils à des forêts riveraines naturelles sur le plan de la biomasse racinaire et du carbone du sol?

L'étude présentée vise à comparer, sur quatre sites du sud du Québec, la distribution de la biomasse racinaire (racines fines et grosses racines) et des stocks de carbone dans trois différents systèmes riverains : (1) des bandes riveraines agroforestières de peuplier hybride âgées de 9 ans, (2) des bandes riveraines herbacées non aménagées, et (3) des forêts naturelles situées en bordure de petit cours d'eau (prucheraie de 200 ans, cédrière de 72 ans, érablière de 54 ans et bétulaie grise de 27 ans). Pour ce faire, un total de 80 tranchées (50 x 50 cm de surface) ont été creusées jusqu'à une profondeur de 60 cm dans le sol. La biomasse de racines fines (< 2 mm) et le carbone total du sol ont été échantillonnés à trois profondeurs (0-20, 20-40 et 40-60 cm) à l'aide d'un carottier, alors que la biomasse des grosses racines (> 2 mm) a été extraite manuellement du sol à même les tranchées, toujours selon les trois profondeurs d'échantillonnage.

Pour tous les types de systèmes riverains étudiés, la majeure partie de la biomasse racinaire se situe dans la couche superficielle du sol (0-20 cm). La biomasse totale de racines fines sur tout le profil de sol étudié (0-60 cm) variait de 2,67 à 8,63 t/ha dans les forêts naturelles, de 2,60 à 3,29 t/ha dans les bandes herbacées et de 1,86 à 2,62 t/ha dans les bandes de peuplier hybride. La biomasse totale des grosses racines variait de 8,7 à 73,7 t/ha dans les forêts naturelles, 0,6 à 1,3 t/ha dans les bandes herbacées et de 9,1 à 27,3 t/ha dans les bandes de peuplier. Les bandes de peuplier hybride avaient une biomasse de racine fine moindre ou équivalente à celle observée dans les deux autres types d'environnements, et ce, pour les trois profondeurs d'échantillonnage. Pour les trois profondeurs d'échantillonnage, la biomasse de grosses racines était de manière générale supérieure dans les forêts riveraines naturelles et les bandes de peuplier hybride par rapport aux bandes herbacées. Dans la couche superficielle de sol, la prucheraie et la cédrière avaient une biomasse de grosses racines supérieure aux autres types de forêt et aux bandes de peupliers hybrides. Toutefois, sur certains sites, les bandes riveraines de peuplier hybride avaient une biomasse de grosses racines (0-20 cm) comparable à celle observée dans l'érablière et supérieure à celle de la bétulaie grise. Et dans la couche la plus profonde du sol (40-60 cm), la bande de peuplier la plus mature avait une biomasse de grosses racines significativement plus élevée que dans les autres environnements riverains. Ces résultats mettent en lumière la capacité du peuplier hybride à coloniser les couches profondes du sol pour y absorber des nutriments et accroître les stocks de carbone dans la biomasse souterraine. Enfin, les stocks de carbone étaient également différents entre les systèmes riverains à l'étude. Pour tout le profil de sol étudié (0-60 cm), ces stocks de C variaient de 91 à 172 t/ha dans les forêts riveraines, de 87 à 117 t/ha dans les bandes herbacées et de 78 à 109 t/ha dans les bandes de peuplier hybride.



De la facilitation à l'adoption d'aménagements agroforestiers territoriaux : approche participative en France

David GRANDGIRARD¹, Dr agroécologie et écologie du paysage,
Anne COMBAUD¹, Dr, géographie, Jean-Didier CLEMENT¹, Dr phytopathologie,
Anne-Maïmiti DULAURENT¹, Dr écologie animale,
Michel-Pierre FAUCON¹, Dr écologie végétale,
Fabien LIAGRE², Dr agroéconomie et Christian DUPRAZ, ingénieur recherche

¹IP Lasalle, Beauvais

²AGROOF développement, Anduze

³INRA UMR SYSTEM, Montpellier

La venue du conférencier David Grandgirard de la France a été rendue possible grâce au soutien financier du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation



La décision d'investir dans un projet de boisement, même partiel, d'une exploitation agricole implique de nombreux questionnements pour le propriétaire terrien, l'exploitant agricole. Le boisement, parce qu'il correspond à une immobilisation des terres cultivées et à un investissement en temps et ressources sur le très long terme, échappe souvent aux modes habituels de prise de décision des agriculteurs. Les freins à l'acceptation au changement sur l'exploitation agricole sont alors généralement d'ordre économique, mais aussi structurels comme culturels, reflétant le rejet de l'incertitude propre aux projets au long court, antinomique à la gestion actuelle court-termiste des entreprises agricoles.

En France comme en Europe, les enjeux agro-éco-environnementaux n'ont pourtant jamais été aussi favorables à la réintroduction de l'arbre au sein des paysages agricoles. Outre le service de sécurisation alimentaire, l'agriculture se voit ainsi régulièrement invitée à participer (i) à la lutte contre le réchauffement climatique, (ii) à la protection des sols et des eaux de surface comme souterraines, (iii) à la régénération et le renforcement des corridors écologiques favorables aux biodiversités communes et remarquables, (iv) à la production d'énergies renouvelables de substitution aux énergies fossiles, ou encore (v) au recyclage par la valorisation des déchets organiques. Face à ces défis, l'arbre agricole, quelle que soit sa déclinaison (agroforesterie, haies, TTCR, reboisement de terres agricoles, fascines vivantes...), est régulièrement imaginé comme solution « multiservices ». Sollicitée, mais aussi parfois contrainte, l'agriculture et ses producteurs sont-ils à l'aube d'une nouvelle ère qui verra l'agriculture pouvoir, devoir démontrer de ses performances globales comme participer pleinement et activement à la gestion des territoires ruraux. Ainsi, la possibilité est donnée à l'agriculture d'aujourd'hui de co-concevoir les sociétés « agroécologiques » territoriales durables attendues.

Le travail présenté ici vise à analyser l'actuelle perception et acceptation des agriculteurs de l'arbre agricole, de la relier aux caractéristiques agro-éco-techniques de leurs exploitations comme aux enjeux agro-environnementaux territoriaux pour permettre d'identifier les freins et leviers au déploiement de l'arbre agricole, mais aussi d'orienter spécifiquement (selon le type d'exploitation agricole) et contextuellement (selon les enjeux agro-environnementaux locaux) les plans d'action et de développement des modèles arborés adaptés aux zones agricoles et rurales.

Ce travail repose sur deux études réalisées en France à partir de 2010 sur deux bassins versants localisés dans deux régions agricoles différenciées de par la nature des agricultures qui y sont conduites. La zone du Pays du Ternois, située dans la région Nord-Pas de Calais (dpt. 62) est représentative de milieux agricoles *openfield* accueillant des agricultures légumo-céréalières et élevage bovin au sein d'un territoire à fort enjeu « érosion des sols et colmatage des rivières ». La zone du Pays d'Othe, quant à elle, est située entre les régions Bourgogne et Champagne-Ardenne (dpt. 89 et 10) et est représentative de milieux agricoles semi-ouverts boisés dont l'agriculture est essentiellement céréalière au sein d'un territoire à fort enjeu « ruissellement et transferts de polluants agricoles vers les masses d'eau superficielles ». La méthodologie retenue est celle de l'analyse multicritères associant (i) niveau et raisons de l'acceptation des agriculteurs des modèles d'aménagement arborés proposés, (ii) efficacité à dire d'experts des modèles arborés testés (iii) mesures et priorisation des enjeux agro-environnementaux territoriaux et (iv) adéquation morphologique parcellaire aux modèles arborés testés. Les modèles arborés testés sont l'agroforesterie, les haies, le TCR/TTCR, les fascines vivantes; ils font partie d'un panel d'aménagements envisagés, dont d'autres sont purement d'ordre agronomique, voire issus des techniques de l'hydraulique douce et du génie civil. Elle est conduite pour l'ensemble des territoires (592 et 465 km² respectivement), à l'échelle de la parcelle et de l'exploitation agricole. Elle repose sur la conduite de diagnostics géographiques territoriaux (érosion, ruissellement, connectivité écologique...), de diagnostics d'exploitations agricoles et parcellaires et de cartographie des préférences « agriculteurs ». L'outil produit est considéré comme un outil d'aide à la décision mis à la disposition des aménageurs et conseillers agricoles pour aider au déploiement sur les exploitations d'aménagements acceptés, adaptés et efficaces à la parcelle.

Les principaux résultats suggèrent que l'acceptation de l'arbre au sein des parcelles, des exploitations agricoles est très fortement corrélée (i) aux systèmes de production rencontrés, (ii) aux plans d'action et modèles d'agriculture portés localement par les acteurs agricoles des filières agricoles comme de la gestion des territoires et (iii) à la place (actuelle comme historique) de l'arbre au sein du territoire. Ainsi, dans le Ternois, région à structures arborées résiduelles très éparées en fond de vallon, l'arbre, quel que soit le modèle arboré considéré, est jugé acceptable par plus de 40 % des agriculteurs, alors que dans le Pays d'Othe, pays couvert à près de 50 % de forêts, l'acceptation de l'arbre est de moins de 15 %.

Par ailleurs, la persistance, même modeste de l'élevage bovin dans le Ternois, permet souvent d'envisager le déploiement de l'arbre au sein ou à proximité des pâturages pour lesquels il pourrait renforcer les systèmes bocagers disparus et répondre aux risques de pertes de sols par érosion et de fourniture de biomasse à la filière bois énergie locale. Pour ces systèmes bovins, bien que des interrogations concernant les coûts de mise en place et de protection des arbres persistent, le modèle sylvo-pastoral remporterait 18 % des avis. Par contre, l'existence depuis 1998 de plans d'action locaux en faveur de l'implantation de fascines vivantes au sein des parcelles induit une préférence marquée des agriculteurs pour ce modèle au détriment des autres; elle témoigne de l'importance des phases initiales de sensibilisation et de formation des agriculteurs lors de la mise en place d'un plan d'action destiné par exemple à l'introduction de l'agroforesterie.

Dans le pays d'Othe, à l'opposé, la disparition quasi totale des structures d'élevage, des systèmes bocagers et des haies, rend difficile culturellement l'acceptation de la réintroduction de l'arbre en milieu agricole; parce que, historiquement, les parcelles agricoles y ont été réorganisées spatialement dans un souci d'efficacité technico-économique, la réintroduction de l'arbre, et plus encore de l'arbre intraparcélaire, est perçue comme contreproductive. De fait, les aménagements de pourtours (haies) sont les seuls à rencontrer une certaine adhésion. À l'opposé, l'agroforesterie ne semble susciter l'intérêt que des seuls exploitants agricoles ayant régulièrement adhéré à des mesures agro-environnementales en faveur de la préservation des ressources (mesures « agriculture biologique, ré-enherbement, bandes enherbées... »); ils restent cependant minoritaires.

Globalement, l'outil d'aide à la décision élaboré répond-il aux besoins recensés auprès des conseillers et aménageurs? Il indique, en fonction des enjeux agro-environnementaux locaux, des préférences, des agriculteurs et de la morphologie parcellaire, les alternatives les plus efficaces sans pour autant en éliminer. Il fournit alors matière à échanges entre aménageurs et agriculteurs et facilite l'identification de l'aménagement consensuel. Relié à des modèles de simulation de la production de biomasse, donc du potentiel de séquestration carbone tels ceux propres à l'agroforesterie, il pourrait en outre permettre de simuler les balances à l'échelle territoriale et d'envisager le design agroécologique des zones agricoles et rurales à des fins écosystémiques, c'est-à-dire pensé pour améliorer les performances d'un territoire par son agriculture, donc en faveur de la réintégration de cette dernière dans son territoire.



Les cultures intensives de saules sur courtes rotations : des systèmes agronomiques pour solutionner des problèmes environnementaux

Michel LABRECQUE¹, M.Sc., conservateur-professeur associé,
et Werther GUIDI¹

¹Institut de recherche en biologie végétale,
Université de Montréal et Jardin botanique de Montréal,
4101 est rue Sherbrooke, Montréal (Québec) H1X 2B2

Mots clés : culture intensive sur courtes rotations, saules, biomasse, boues usées, lisiers

INTRODUCTION

La culture intensive sur courtes rotations (CICR) de plantes ligneuses constitue une technologie spécifique de production à haute densité qui utilise des méthodes agricoles afin de maximiser la productivité. Suivant ce mode de culture, les parties aériennes des plantes sont récoltées sur des cycles courts de deux, trois ou quatre ans selon les rendements en laissant au sol les souches et leurs racines et permettant l'émergence de rejets qui pourront être récoltés à leur tour quelques années plus tard. L'opération peut se répéter plusieurs fois (jusqu'à 7 ou 8 cycles selon les régions) tout au long de la vie productive d'une plantation. Depuis près de 20 ans, des travaux de recherche sur les CICR de saules sont conduits à l'Institut de recherche en biologie végétale (IRBV). Ceci a permis de démontrer que, dans des bonnes conditions, des rendements annuels appréciables de plus de 15 tonnes sèches par hectare pouvaient être obtenus et maintenus d'un cycle à l'autre (Labrecque et Teodorescu 2003, 2005; Volk *et al.*, 2011; Guidi et Labrecque, 2012).

Au départ, tant en Europe qu'en Amérique du Nord, les CICR de saules étaient principalement destinées à la production de biomasse énergétique (Sennerby-Forsse *et al.*, 1992). Au cours des dernières années, on a envisagé d'exploiter leur formidable potentiel de croissance pour des contextes davantage liés à des problématiques environnementales (Kuzovskina et Volk, 2009), cherchant ainsi à utiliser les CICR de saules pour engendrer des bénéfices environnementaux (Lockwell *et al.*, 2012).

C'est donc dans cette perspective que plusieurs études ont été entreprises et conduites par notre équipe de recherche au cours des récentes années.

TRAITEMENT DES EAUX USÉES

Dans le cadre d'un projet de Laboratoire rural, une étude a été amorcée en 2008 afin d'étudier la capacité d'une plantation de saules en CICR pour traiter une partie des eaux usées de la Municipalité de Saint-Roch-de-l'Achigan en utilisant la biomasse produite pour le chauffage de l'école du village. Tout en réalisant une belle boucle environnementale, il s'est avéré que, sous ces conditions, les saules étaient non seulement très efficaces pour retenir les nutriments apportés par les eaux usées, mais atteignaient des rendements en biomasse jamais rapportés au Canada. Les résultats démontrent également que des volumes dépassant 6000 m³ ha⁻¹ an⁻¹ d'eau usée pouvaient être appliqués sans impact négatif pour l'environnement.

TRAITEMENT DES LISIERS DE PORCS

L'épandage excessif de lisiers et la conséquence néfaste pour l'environnement de l'enrichissement en azote et en phosphore des plans d'eau (Carpenter, 1998; Redding, 2001; Wang, 2004), nous ont aussi amenés à proposer d'utiliser des plantations de saules pour le traitement de ces déchets. L'épandage de lisier apportant aux plantations des doses croissantes jusqu'à 600 kg de N ha⁻¹ a été expérimenté. Nous en avons conclu que l'application de lisier de porc pouvait stimuler la croissance des saules et permettre d'atteindre, après seulement deux saisons de croissance, des rendements de l'ordre de 33 t/ha. L'application de lisier, même avec des niveaux aussi élevés que ceux testés, n'a pas entraîné de lessivage d'azote ou de phosphore de façon significative. Nous sommes cependant conscients que l'application répétée de lisier constituerait sans doute un plus grand risque pour l'environnement (Cavanagh *et al.*, 2011).

BANDES RIVERAINES

Plus récemment, un projet visant à étudier l'impact de bandes riveraines faites de saules plantés selon différentes densités a été entrepris afin d'étudier leur rôle possible dans l'interception de fertilisants et des pesticides (notamment du glyphosate) utilisés en agriculture. L'étude interdisciplinaire s'intéresse tant au suivi dans le sol, la plante de même que dans les cours d'eau et comporte un volet socio-économique.

Dans maintes régions au Québec, des plantations de saules ont été établies. Reste que l'exploitation sur une base commerciale de celles-ci tarde à réellement exploser. C'est une question de marché qui freine ce développement, les utilisateurs de biomasse ligneuse n'étant pas encore au rendez-vous.

RÉFÉRENCES

- Cavanagh, A., M.O. Gasser et M. Labrecque. 2011. Pig slurry as fertilizer on willow plantation. *Biomass and Bioenergy* Volume 35 (10): 4165-4173.
- Guidi W. et M. Labrecque. 2012 Il salice nel controllo del degrado ambientale: L'esperienza canadese nell'ambito delle fitotecnologie. *Sherwood* 184: 41-45
- Kuzovkina, Y.A. et T.A. Volk. 2009. The characterization of willow (*Salix L.*) varieties for use in ecological engineering applications: coordination of structure, function and autecology. *Ecological Engineering* 35, 1178-1189.
- Labrecque, M. et T.I. Teodorescu. 2003. Biomass yield and nutrient uptake of *Salix* clones after two 3-year coppice rotations on southern Quebec, Canada. *Biomass and Bioenergy* 25 (2): 135-146.
- Labrecque, M. et T.I. Teodorescu. 2005. Field performance and biomass production of 12 willow and poplars in short-rotation coppice in southern Quebec (Canada). *Biomass and Bioenergy* 29 (1): 1-9.
- Lockwell, J., W. Guidi et M. Labrecque. 2012. Soil carbon sequestration potential of willows in short-rotation coppice established on abandoned farm lands. *Plant and Soil* Volume 360 (1): 299-318.
- Sennerby-Forsse, L., A. Ferm et A. Kauppi. 1992. Coppicing ability and sustainability. In: Mitchell C., J. Ford-Robertson, T. Hinckley and L. Sennerby-Forsse (Eds.), *Ecophysiology of short rotation forest crops*. Elsevier, London, pp. 146-184.
- Volk, T.A., L.P. Abrahamson, K.D. Cameron, P. Castellano, T. Corbin, E. Fabio, G. Johnson, Y. Kuzovskina-Eischen, M. Labrecque, R. Miller, D. Sidders, L.B. Smart, S. Staver, G.R. Tanosz et K. Van Rees. 2011. Yields of willow biomass crops across a range of sites in North America. *Aspects of Applied Biology* 112: 67-74.



Étude des distributions de racines fines d'arbres et de fourrage en fonction de la profondeur et de la distance aux arbres dans un système agroforestier de cultures intercalaires

Léa BOUTTIER, étudiante à la maîtrise en sciences biologiques de l'Université de Montréal

Alain COGLIASTRO, professeur associé au département de sciences biologiques de l'Université de Montréal et botaniste chercheur du Jardin botanique de Montréal

INTRODUCTION

Mise en contexte

Il est de plus en plus reconnu à travers le monde que l'implantation d'arbres sur les terres agricoles au moyen de systèmes agroforestiers fournit des services écologiques diversifiés et peut atténuer les effets négatifs d'événements climatiques extrêmes. Parmi les systèmes agroforestiers des régions tempérées, les systèmes de cultures intercalaires (SCI) représentent le mieux ce que peut être une combinaison arbre-culture en agroforesterie. Dans ces systèmes, les arbres sont implantés en rangées largement espacées, permettant la poursuite des activités agricoles tout en bénéficiant des services écologiques des arbres et d'une production de bois. Ces modèles agroforestiers sont encore peu connus au Québec, mais sont bien établis en Europe, aux États-Unis et en Chine.

La diversification de l'agrosystème entraîne des interactions complexes et variées (compétition, complémentarité, facilitation...) entre ses composantes tant au niveau aérien que souterrain. Les monocultures profitent d'un ensoleillement maximal, c'est pourquoi l'ombre induite par les arbres est souvent considérée comme problématique. Cependant, certaines cultures (notamment fourragères) peuvent présenter des rendements plus importants en condition ombragée. Selon une des hypothèses entourant les pratiques agroforestières, les SCI bénéficieront d'une productivité totale améliorée en comparaison aux monocultures si les arbres ont la capacité de capter leurs ressources (eau et nutriments) dans d'autres horizons du sol que ceux utilisés par les cultures intercalaires. Cette capacité des arbres agroforestiers à s'enraciner plus profondément en présence de culture agricole a été démontrée principalement dans les régions semi-arides (climat méditerranéen, par exemple).

Objectifs de l'étude

Ce projet de recherche vise à déterminer l'impact de l'association arbre-culture en milieu tempéré (froid et humide) sur les profils racinaires de deux espèces d'arbre, l'une à croissance rapide, l'autre à croissance lente, et d'une culture fourragère en régie biologique. L'effet des deux espèces d'arbres sur le microclimat lumineux est comparé ainsi que l'impact sur le rendement agricole.

Ce projet s'inscrit dans un projet de recherche plus large qui a pour objectif général de déterminer la contribution potentielle de systèmes agroforestiers multifonctionnels à la résistance des agroécosystèmes du sud du Québec face aux changements climatiques.

MÉTHODOLOGIE

Le système de culture intercalaire à l'étude a été mis en place en 2004. Ce système agroforestier combine une culture intercalaire pérenne (fourrage composé de *Phleum pratens* L. et *Trifolium pratens* L.) à des rangées de

peupliers hybrides (*Populus deltoides* x *nigra*, DN 3570 (PEH), arbres à croissance rapide) alternées avec des rangées de chênes rouges (*Quercus rubra* L., (CHR), feuillus noble à croissance lente) et espacées de 12 m. Des données de croissance des arbres et de biomasse sèche aérienne du fourrage ont été prises afin de comparer les rendements. La réduction de la lumière disponible pour le fourrage a été estimée à partir de photographies hémisphériques. Les densités de longueur des racines fines des arbres et du fourrage, combinées (SCI) ou séparées (AS pour les arbres sans culture et FS pour le fourrage sans arbre), ont été déterminées avec la méthode par comptages d'impacts de racines sur un profil de sol (intersection racine-paroi) (*Trench Profile Technique*). Pour déterminer l'effet de l'association arbre-culture sur les profils racinaires de deux espèces d'arbre et de la culture intercalaire, les valeurs de densité de racines fines sont comparées selon différents paliers de profondeur.

RÉSULTATS

Après 7 saisons de croissance, les PEH ont un diamètre à hauteur de poitrine (DHP) moyen de 12,7 cm et une hauteur moyenne de 9,3 m. Les CHR ont des DHP moyens de 4 cm et une hauteur moyenne de 3,2 m.

La présence des arbres en SCI réduit le taux de lumière disponible pour la culture par rapport à la zone d'agriculture conventionnelle, sans arbre. La réduction de lumière à 1 m du sol est plus forte à proximité des arbres, particulièrement des PEH (34 % contre 22 % près des CHR), qu'au milieu de l'allée intercalaire (12 %).

Les profils racinaires des arbres indiquent une concentration des racines fines en surface. Pour le CHR, 35 % et 52 % ($p=0,042$) des racines fines se situent dans les 10 premiers cm de sol respectivement en SCI et AS. Pour le PEH, il s'agit respectivement de 44 % et 40 %. Plus de 95 % des racines fines se situent dans les 30 et 50 premiers cm respectivement pour le CHR et le PEH (AS et SCI confondus). Les valeurs absolues de densité de racines fines du PEH sont environ 10 fois plus élevées que celles du CHR.

Le fourrage a aussi un enracinement superficiel avec 52 % de ses racines fines dans les 10 premiers cm en agriculture conventionnelle (FS) et 58 % en moyenne en SCI. Les valeurs absolues de densités de racines du fourrage sont de 3 à 4 fois plus élevées que celles du PEH et de 30 à 40 fois plus élevées que celles du CHR.

La biomasse aérienne sèche de fourrage obtenue en SCI varie selon un gradient de valeur croissant de la rangée d'arbres vers le milieu de l'allée intercalaire. La proximité des arbres réduit la biomasse fourragère significativement, particulièrement le PEH (- 75 % jusqu'à 3,5 m du tronc; - 42 % jusqu'à 1,5 m du CHR). Au centre de l'allée intercalaire, la biomasse fourragère ne diffère pas significativement de la zone d'agriculture conventionnelle.

DISCUSSION-CONCLUSION

L'étude n'a pas démontré d'enracinement plus profond des arbres en présence d'une culture agricole (fourrage en régie biologique), bien qu'on observe une baisse de la proportion de racines fines de CHR au niveau de la zone d'enracinement du fourrage.

L'effet conjoint de la réduction de lumière et des hautes densités de racines fines des PEH sur la biomasse fourragère rend l'agrosystème moins productif sur le plan agricole, tel qu'il est structuré aujourd'hui. Les paramètres de lumière peuvent être cependant facilement améliorés par l'élagage, l'éclaircie des rangs d'arbres ou encore en augmentant la distance entre ces derniers. L'effet du travail du sol par la machinerie sur l'enracinement des arbres est bien documenté dans le cas de cultures intercalaires annuelles.

Dans le cas du fourrage (culture pérenne) ou d'une faible fréquence de travail du sol (labour-hersage), le cernage racinaire pourrait être envisagé pour permettre une meilleure distinction des zones d'enracinement (et donc d'acquisition des ressources) entre les arbres et la culture intercalaire.

Il est à prévoir que l'impact des arbres sur la culture fourragère augmentera avec la croissance de ces derniers. Cependant, les PEH arriveront à maturité plus tôt que les CHR et l'espace libéré après leur récolte favorisera la croissance de la culture intercalaire. Cet aspect dynamique des systèmes agroforestiers les rapproche des écosystèmes naturels et devrait être réfléchi et approfondi pour leur succès futur.



Bénéfices économiques et environnementaux des systèmes agroforestiers avec cultures intercalaires

Robert BRADLEY, Ph.D., Université de Sherbrooke

Charles BEAUDETTE, M.Sc., Les Consultants S.M. inc.

Mélanie BERGERON, M.Sc., Association Forestière des Cantons de l'Est

Simon LACOMBE, M.Sc., Club Agri-Durable de Marieville

(Conférence présentée par William F.J. PARSONS, Ph.D., professionnel de recherche, Université de Sherbrooke)

RÉSUMÉ

Depuis 2004, une équipe de chercheurs étudie les bénéfices économiques et environnementaux des systèmes agroforestiers avec cultures intercalaires (ACI) au Québec. Dans cette présentation, je rapporterai les résultats de trois expériences qui appuient ce point.

Dans une première étude, nous avons démontré l'efficacité des systèmes ACI à réduire les pertes des nutriments du sol par lessivage. Par exemple, au cours d'une saison de croissance pluvieuse (2006), les rangées de peupliers ont réduit les pertes de NO_3^- par 227 kg N ha^{-1} dans une culture de soya. Les nutriments qui sont ainsi absorbés par les racines des arbres sont éventuellement retournés au sol par la chute de litière, ce qui augmente considérablement l'efficacité d'utilisation des nutriments et qui réduit les prescriptions d'engrais.

Dans une deuxième étude, nous avons démontré que les systèmes ACI diminuaient d'environ 65 % les émissions de N_2O du sol. Le N_2O est un puissant gaz à effet de serre qui est souvent formé dans le sol à partir d'ajouts d'engrais azotés. Dans cette même étude, la présence d'arbres n'a pas diminué les rendements d'une culture de canola sur une période deux ans.

Dans une troisième étude, nous avons démontré que les systèmes ACI augmentaient la quantité de mycorhizes arbusculaires dans le sol. Ces champignons sont des symbiotes bénéfiques pour la majorité des plantes agronomiques en leur conférant une meilleure acquisition du phosphore, une meilleure tolérance à la sécheresse et une meilleure résistance aux pathogènes. De plus, les systèmes ACI ont augmenté la diversité ainsi que la stabilité des communautés microbiennes du sol.



Qualité et résilience du sol en systèmes agroforestiers et rétroactions sur la productivité du blé en contexte de déficit et d'excès d'eau

David RIVEST¹, Ph.D., spécialiste en agroforesterie
Louis-Mathieu GAGNON², B.Sc., étudiant à la maîtrise en agroforesterie
Alain OLIVIER², Ph.D., professeur en agroforesterie,
Christian MESSIER³, Ph.D., professeur en écologie

¹Agriculture et Agroalimentaire Canada

²Université Laval

³Centre d'étude de la forêt (CEF)

RÉSUMÉ

Hypothèse de recherche

Les systèmes agroforestiers (SAF) apparaissent comme une alternative tout indiquée aux systèmes agricoles conventionnels (SAC) pour atténuer les effets négatifs des changements climatiques anticipés sur la qualité des sols et les rendements des cultures agricoles. Nous avons émis l'hypothèse que, comparativement aux SAC, les SAF améliorent la qualité des sols et leur résilience à des perturbations ou stress hydriques, ce qui peut avoir un effet rétroactif positif sur la productivité des cultures agricoles et leur tolérance à certains stress abiotiques sévères comme la sécheresse.

Méthode

Nous avons récolté des sols en SAF et en SAC sur deux sites, l'un situé à Rivière-Ouelle (Bas-Saint-Laurent) et l'autre à Saint-Paulin (Mauricie). Le site de Rivière-Ouelle intègre un système de haie brise-vent de 19 ans implanté sur une argile limoneuse. Le site de Saint-Paulin intègre quant à lui un système de culture intercalaire de 9 ans implanté sur un loam sableux. La qualité biophysique des sols échantillonnés a été analysée à l'aide d'un nombre minimal de variables (C et N totaux, P extractible, N minéralisable, pH, biomasse microbienne, respiration basale et qCO_2). Nous avons aussi évalué la capacité de résilience microbienne des sols grâce à une expérience en laboratoire, où les sols ont été soumis à différents stress de séchage/réhumectation. Parallèlement, une proportion de chaque échantillon de sol récolté sur les deux sites a été utilisée comme substrat de production pour une expérience de culture de blé en serre. Le blé a été cultivé jusqu'à sa pleine maturité. Dans cette expérience en serre, nous avons soumis les pots de blé à trois traitements d'irrigation initiés au stade de l'épiaison du blé : 1) irrigation optimale du blé; 2) arrêt de l'irrigation pendant 10 jours (sécheresse); 3) inondation en continu du pot pendant 10 jours.

Principaux résultats

Sur le site de Rivière-Ouelle, la résilience de la biomasse microbienne dans le SAF était significativement supérieure à celle dans le SAC. De plus, la biomasse aérienne du blé cultivé sur le sol du SAF était significativement supérieure à celle du blé cultivé sur le sol du SAC, dans les trois traitements d'irrigation. Sur le site de Saint-Paulin, une augmentation significative du P extractible et du N minéralisable a été observée dans le SAF, comparativement au SAC. On y a aussi observé une diminution significative du quotient métabolique (qCO_2) dans le SAF, indiquant une plus grande efficacité d'utilisation du carbone disponible du sol par les communautés microbiennes. Sur le site de Saint-Paulin, une augmentation significative de la biomasse aérienne et du rendement en grain du blé a été mesurée dans les pots intégrant le sol du SAF, mais seulement dans le traitement de sécheresse. Les résultats suggèrent que les sols des SAF ont le potentiel d'atténuer les effets négatifs de la sécheresse sur la productivité des cultures agricoles.



Les haies brise-vent dans nos champs : doit-on s'inquiéter des racines?

Anne VANASSE, Ph.D., agronome, professeure agrégée
Université Laval, Québec

Collaborateurs :

Pierre-Manuel PLANTE, M.Sc., agr., Groupe Envir-Eau-Sol inc.

André VÉZINA, M.Sc., ing. for., ITA de La Pocatière

INTRODUCTION

Différents systèmes agroforestiers, tels que les haies brise-vent et les bandes riveraines, favorisent la conservation des sols, améliorent la qualité de l'eau, maintiennent la biodiversité, embellissent le paysage, séquestrent du carbone et génèrent parfois un apport non négligeable au revenu de l'agriculteur. Ces systèmes sont en fait multifonctionnels. Ces avantages n'arrivent toutefois pas à convaincre la grande majorité des agriculteurs à adopter des systèmes agroforestiers. Plusieurs raisons sont évoquées pour expliquer cet état de fait, telles que l'appréhension des producteurs agricoles face au risque de voir les racines des arbres endommager les drains agricoles souterrains ou de diminuer le potentiel de rendement des cultures adjacentes.

Plusieurs facteurs influencent l'enracinement des arbres. Le type de sol aura un impact considérable sur le développement racinaire de l'arbre (Drénou, 2006) et l'architecture racinaire sera naturellement tributaire de l'espèce en question. L'étude des systèmes racinaires d'arbres implantés en haies brise-vent mérite une attention particulière puisqu'elle permettra de mieux comprendre les interactions entre les arbres et les cultures et, par le fait même, de recommander des aménagements agroforestiers durables et rentables.

OBJECTIF DU PROJET

L'objectif de ce projet était de vérifier la distribution verticale et horizontale du système racinaire de trois espèces d'arbres implantées en haies brise-vent, soit l'épinette (*Picea* sp.), le peuplier hybride (*Populus* sp.) et le saule (*Salix* sp.) selon deux types de sol aux propriétés physiques contrastées : un sol léger et un sol lourd.

MÉTHODOLOGIE

L'étude a été réalisée dans les municipalités régionales de comté de Kamouraska et de L'Islet, appartenant aux régions administratives du Bas-Saint-Laurent et de Chaudière-Appalaches. Afin de répondre à l'objectif général, neuf sites sur texture sableuse (sols légers) ont été sélectionnés dans la zone de transition des basses terres et neuf autres sites, sur des textures à prédominance argileuse (sols lourds) ont été localisés dans les basses terres. Les haies sélectionnées étaient composées de trois espèces principales : 1) épinette blanche (*Picea glauca*) et épinette de Norvège (*Picea abies*); 2) peuplier hybride (*Populus deltoides* X *Populus nigra*) appelé clone fédéral de type euraméricain (André Vézina, com. pers., 2011) et 3) saule de Bebb (*Salix bebbiana*) et saule vannier (*Salix viminalis*).

Le dispositif expérimental était constitué d'un plan entièrement aléatoire de type factoriel avec deux facteurs à l'étude; le type de sol (2) et les espèces (3) composant les haies brise-vent. Ce dispositif comprenait trois répétitions, pour un total de 18 unités expérimentales. Pour chaque haie, trois transects ont été considérés.

L'évaluation de la distribution verticale et horizontale des racines d'arbres a été réalisée à l'aide de la méthode du profil (Sudmeyer et coll., 2004). Cette méthode consiste à étudier les racines sur les parois lisses de tranchées ouvertes. Les tranchées étaient rectilignes d'une largeur d'environ 2 mètres par 1,2 mètre de profondeur. Trois transects distancés d'un minimum de 10 mètres ont été tracés de façon perpendiculaire à la ligne d'arbres sur chaque site. La densité racinaire (nombre de racines/dm²) et le nombre de racines par classe de diamètre ont été comptabilisés jusqu'à une profondeur d'un mètre, et ce, à une distance de deux, six et neuf mètres des arbres dans la parcelle agricole. Afin de faciliter cette procédure, un cadre de 1 m x 1 m a été disposé sur la paroi. L'intérieur de ce cadre était subdivisé en carrés de 10 cm x 10 cm. Cela a permis de déterminer la densité racinaire (nombre de racines/dm²) selon chaque strate de profondeur; 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm, 40-50 cm, 50-60 cm, 60-70 cm, 70-80 cm, 80-90 cm et 90-100 cm. Les diamètres ont été regroupés dans quatre classes; classe 1 : racines ≤1,0 mm (racines fines); classe 2 : racines de 1,1 à 5,0 mm (petites racines); classe 3 : racines de 5,1 à 10 mm (racines moyennes) et classe 4 : racines de ≥10 mm (racines grossières).

RÉSULTATS

Les résultats obtenus montrent que les racines sont localisées principalement dans les couches superficielles du sol, soit 0-30 cm. Les racines sont peu envahissantes à une profondeur de plus de 50 cm, et ce, dans un rayon de deux mètres de souche de l'arbre. Par contre, de plus hautes densités racinaires ont été obtenues en sol léger en comparaison au sol lourd ($p=0,1043$) à plus de 50 cm de profondeur. Les racines fines sont présentes sur tout le profil et elles représentent au moins 76 % de l'ensemble des racines observées. Le peuplier hybride se démarque de façon significative en obtenant un nombre de racines plus élevé que les autres espèces pour les classes 2, 3 et 4. La différence de hauteur entre les espèces étudiées pourrait expliquer en partie ces résultats. Le peuplier présentait une hauteur moyenne de près de 20 mètres, soit huit mètres de plus que l'épinette et environ 14 mètres de plus que le saule, ce qui a pu entraîner un enracinement plus important et de plus hautes densités racinaires. L'extension des racines à l'intérieur des champs était minime puisque très peu de racines ont été observées à 6 et 9 m des haies brise-vent. Le fait d'avoir observé une étendue limitée des racines dans les champs adjacents supporte l'idée que les racines latérales se développent en surface et sont éliminées par le travail superficiel du sol. Ces résultats suggèrent que les racines des espèces étudiées ne concurrencent pas ou très peu les cultures adjacentes.

Enfin, l'aménagement des haies brise-vent devrait tenir compte des drains agricoles puisque le système racinaire des arbres peut atteindre un mètre de profondeur dans un rayon de deux mètres des arbres. Certains facteurs sont aussi à prendre en considération, tels que la durée de l'implantation et la gestion du système agroforestier. Le système racinaire se densifie et prend de l'expansion en profondeur et en longueur avec le temps (Drénou, 2006). Sachant cela, si l'objectif est de pratiquer la ligniculture de courte rotation ou encore de récolter le bois de jeunes arbres implantés dans des bandes riveraines ou des haies brise-vent dans le but de se procurer de la biomasse, le risque de voir les racines s'étendre sur de longues distances et se développer à des profondeurs élevées est plus faible.

RÉFÉRENCES

- Drénou, C. 2006. Les racines : Face cachée des arbres. Paris : Institut pour le développement forestier. 335 pp.
- Sudmeyer, R.A., J. Speijers et B.D. Nicholas. 2004. Root distribution of *Pinus pinaster*, *P. radiata*, *Eucalyptus globulus* and *E. kochii* and associated soil chemistry in agricultural land adjacent to tree lines. *Tree physiology*. 24: 1333-1346.



Perception et adoption de l'agrosylviculture : résultats des enquêtes menées auprès des agriculteurs, des propriétaires de terres agricoles et de la population résidente en Gaspésie

Bertrand ANEL, M.Sc., ing.,
Marjolaine BERNIER-LEDUC, Camille TRILLAUD-DOPPIA et Sara SAVOIE
MRC du Rocher-Percé, Chandler

Le contexte de réalisation de cette étude est celui de la MRC du Rocher-Percé, à l'est de la péninsule gaspésienne. Cette région est marquée par une agriculture extensive orientée vers la production bovine. Ainsi, les cultures fourragères et les prairies pâturées marquent le paysage. Depuis un demi-siècle, cette agriculture est toutefois en régression : diminution du nombre d'agriculteurs et augmentation des terres abandonnées à la friche. Pour de nombreux acteurs, cette régression est un problème puisqu'il y a une perte du potentiel de production agricole et que les attributs paysagers associés à l'agriculture disparaissent eux aussi.

Étant donné qu'il y a plus de terres disponibles qu'il n'y a de demandes de la part des agriculteurs, seules les terres les plus faciles d'accès sont cultivées (situation géographique, productivité, type d'entente avec le propriétaire). De plus, étant donné que l'agriculture est pratiquée avec un faible niveau d'investissement, les améliorations de la productivité des terres (drainage, chaulage et fertilisation) sont limitées. Enfin, une étude des terres agricoles menées en 2005 a démontré que plus de la moitié des terres cultivées n'appartiennent pas aux agriculteurs qui les cultivent, ce qui semble fragiliser encore davantage leur occupation.

Parallèlement, depuis plusieurs décennies, un effort a été consenti pour le reboisement des anciennes terres agricoles. Ce reboisement se fait avec un appui technique et financier coordonné par une agence régionale. Les propriétaires admissibles ont accès à un financement pouvant atteindre 80 % des coûts d'établissement d'une plantation, incluant la préparation de terrain et de son entretien. Dans la pratique, ces aides peuvent même couvrir la totalité des dépenses, l'engagement du propriétaire se limitant alors à autoriser une intervention sur sa terre. À l'échelle du territoire, cette différence de moyens dans la mise en œuvre des approches agricoles et sylvicoles joue en faveur de la progression du reboisement.

Les développements récents de l'agroforesterie en zones tempérées démontrent qu'il est possible de combiner une production agricole et une production sylvicole intéressantes dans le même champ. Au Québec, ce type d'association se définit comme l'agrosylviculture. Concrètement, les arbres peuvent être placés en bordure de champ (haies) ou en plein champ (système de cultures intercalaires [SCI]), mais toujours de sorte que l'agriculture soit maintenue. L'introduction de cette pratique permettrait-elle de rendre complémentaires ces deux activités à l'échelle du territoire et de bénéficier de leurs avantages respectifs? L'application des aides à la sylviculture pour la mise en place et l'entretien de systèmes agrosylvicoles permettrait des investissements sur le foncier (préparation de terrain, drainage) qui bénéficieraient aux arbres, mais aussi à l'agriculture, renforçant ainsi sa capacité d'occuper le territoire. Il serait aussi possible d'associer un agriculteur et un propriétaire autour d'un projet commun sur la même parcelle : l'agriculteur bénéficiant des espaces en culture et le propriétaire d'une production sylvicole axée sur un petit nombre d'arbres de grande valeur. Au final, la communauté bénéficierait de productions diversifiées et de paysages qui conservent leur ouverture et leur dynamisme.

Pour évaluer cette hypothèse, plusieurs démarches de type *recherche-action* sont entreprises depuis 2009 dans le cadre du laboratoire rural *Agroforesterie et paysage*. Outre des essais qui permettent de documenter les coûts et la productivité des systèmes, des enquêtes ont été menées auprès de plusieurs catégories d'acteurs afin de connaître leur perception de cette approche alternative. Ces enquêtes ont été menées en 2010 et 2011 auprès d'agriculteurs, de propriétaires de terres et de résidents de la MRC.

Les agriculteurs sollicités pour participer à l'enquête se situaient dans la partie est de la MRC, soit dans un secteur où des démarches avaient déjà été entreprises depuis 2005 (travail d'animation et mise en place d'essais). Ces agriculteurs ont été sélectionnés en fonction de l'impact de leur activité sur le territoire (superficie cultivée ≥ 40 ha, fourrage, pâturage et céréales confondues). L'enquête a été menée sous la forme d'une entrevue semi-dirigée. Le concept de l'agrosylviculture leur était présenté en différenciant les haies en bordure de champ des SCI. La possibilité d'avoir accès à un financement couvrant 80 % des travaux de mise en place des systèmes et d'entretien des arbres en échange d'un engagement de 10 ans était introduite, ainsi que des budgets indicatifs pour le coût des travaux. Il était également fait mention de la possibilité de réaliser un projet chez un propriétaire avec qui l'agriculteur serait associé par un bail. Au total, 14 agriculteurs ont été sollicités et 11 ont accepté de participer à l'enquête.

Dans les conditions proposées, 91 % des répondants se sont dits intéressés à participer à des essais de haies et 73 % à des essais de SCI. Pour plus de la moitié des répondants favorables, un tel essai pourrait se réaliser indifféremment chez eux ou chez un propriétaire avec qui ils auraient une entente.

Les motivations et les contraintes ont été recueillies pour chacun des deux aménagements selon deux modalités. Les répondants étaient d'abord invités à donner leurs réponses spontanées. Dans un deuxième temps, des avantages et des contraintes prédéterminées leur étaient proposés et ils devaient leur attribuer un score. Les résultats obtenus montrent clairement que la première source de motivation pour l'installation d'un système agrosylvicole est sa qualité esthétique, qu'il s'agisse de haies ou de SCI. La valorisation des espaces actuellement envahis par la friche, l'augmentation de la valeur des terres et la protection contre le vent arrivent ensuite. Il est intéressant de constater que la production de bois de qualité arrive sensiblement en dernière position parmi les avantages offerts. En ce qui concerne les contraintes, celle relevée le plus clairement est l'investissement à fournir, principalement s'il doit être fait en argent. Dans le cas des SCI, on craint également les difficultés associées au travail avec la machinerie et la perte d'espace cultivable. Finalement, la cohabitation arbres — animaux inquiète plusieurs des répondants.

Dans l'analyse de ces résultats, il faut tenir compte du rôle de l'animation et des essais réalisés dans le secteur où se trouvent ces agriculteurs. Ces derniers ont eu l'occasion de se familiariser avec l'agrosylviculture avant cette enquête et plusieurs y participent déjà. Par contre, trois agriculteurs n'ont pas souhaité participer à l'enquête et, puisqu'ils en connaissaient le sujet, on peut supposer que l'agrosylviculture ne les intéressait pas. Toutefois, leurs réponses ne sont pas incluses puisqu'ils n'ont pas été rencontrés. Par ailleurs, il est intéressant de souligner que sept agriculteurs parmi les quinze sollicités ont été impliqués dans la réalisation de nouveaux projets en agrosylviculture en 2012, chez eux ou chez des propriétaires à qui ils louent des terres, ce qui confirme l'intérêt qu'ils ont manifesté lors de l'enquête en 2010.

L'enquête auprès des propriétaires de terres a été réalisée en 2011 sur le même secteur géographique que l'enquête auprès des agriculteurs. Les propriétaires ont été sélectionnés en fonction des caractéristiques de leur terre. À la différence des agriculteurs, un système agrosylvicole spécifiquement adapté à leur propriété leur était proposé, ainsi qu'une simulation d'entente incluant un financement à 80 % des travaux et des conditions à respecter, notamment la signature d'un bail de dix ans avec un agriculteur. Les systèmes proposés pouvaient être des haies, des SCI, ou une combinaison des deux, et les parcelles pouvaient être en culture ou en friche. Au total, 65 propriétaires ont été identifiés et 42 ont pu être rencontrés. Les motivations et les contraintes ont été identifiées de la même façon que pour les agriculteurs.

Parmi les répondants, 71 % se sont dits intéressés à participer au projet agrosylvicole proposé. La principale motivation relevée pour mettre en œuvre ce projet a été sa valeur esthétique. Le maintien ou le retour de la vocation agricole de la terre arrive en seconde position et devance la production de bois de qualité. En ce qui concerne les contraintes, l'investissement à réaliser est le facteur le plus souvent mentionné.

Plusieurs des propriétaires ont d'ailleurs affiché un intérêt pour pouvoir s'acquitter de leur contribution en réalisant eux-mêmes une partie des travaux. La signature d'une entente pour une période de dix ans est une contrainte de moindre importance.

À la suite de ces enquêtes, plusieurs des propriétaires ont été contactés pour passer à l'action et mettre en place des essais. Au total, quinze propriétaires parmi ceux qui avaient mentionné être intéressés ont reçu des propositions. De ceux-ci, huit ont donné suite et des systèmes ont été installés sur leurs terres en 2012.

Afin d'obtenir un point de vue complémentaire sur le développement de l'agrosylviculture, une troisième enquête a été menée en 2011 auprès de résidents du territoire. Pour cela, 23 participants ont pris part à une activité qui les a conduits à observer des situations paysagères sur le terrain, puis à commenter des scénarios représentant de possibles évolutions de ces situations dans un futur de 25 ans. Ainsi, pour chacune des cinq situations paysagères, quatre scénarios étaient proposés et illustraient un paysage marqué par le développement de l'agriculture, de la friche, du reboisement ou de l'agrosylviculture. L'activité s'est tenue en groupe et les participants étaient invités à indiquer leurs réponses dans un livret-questionnaire présentant des questions ouvertes et fermées.

Quelle que soit la situation paysagère initiale, la préférence des participants est allée au scénario agrosylvicole. Venaient ensuite les scénarios agricoles, du reboisement et de la friche. L'analyse des réponses des participants démontre que les critères guidant les choix des répondants ont été l'aspect vivant du paysage, sa diversité et les ouvertures qu'il propose.

En conclusion, les enquêtes menées auprès de ces trois groupes révèlent un intérêt marqué envers l'agrosylviculture. Pour les agriculteurs et, dans une moindre mesure, pour les propriétaires, cet intérêt est sans doute à mettre en lien avec le travail d'animation déjà réalisé sur place.

Pour les trois groupes, il est intéressant de constater que l'aspect paysager est la première motivation : l'alternative agrosylvicole séduit plus pour le cachet de campagne vivante et entretenue qu'elle offre que pour ses aspects strictement productifs. D'ailleurs, la faible valorisation de la production de bois est surprenante. Sans doute peut-elle être mise en relation avec le contexte forestier actuel qui est particulièrement difficile ou avec le manque d'habitude de considérer la valeur d'une bille de qualité. La contrainte financière est mentionnée par les agriculteurs et par les propriétaires. Le passage à l'action de plusieurs d'entre eux semble montrer qu'elle n'est pas insurmontable. Toutefois, un support financier tel que celui proposé et évalué par le laboratoire rural *Agroforesterie et paysage* pourrait être un facteur décisif à l'adoption.



Centre de référence en agriculture
et agroalimentaire du Québec

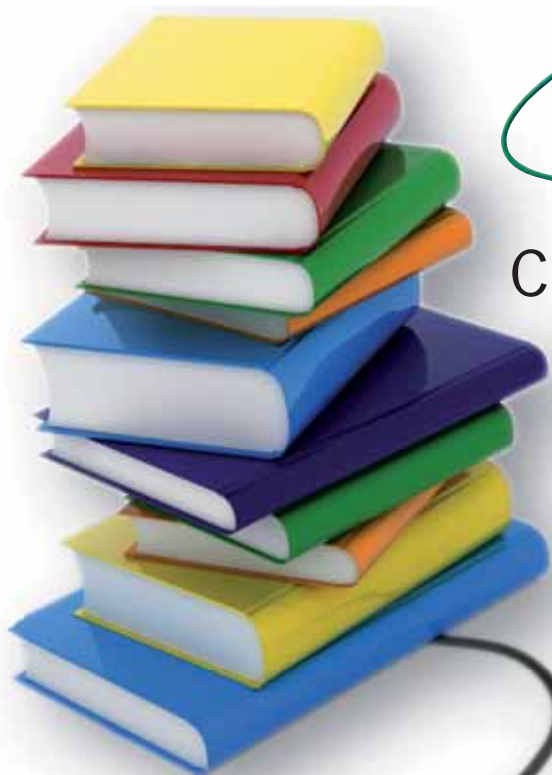
Le **CRAAQ** remercie ses
collaborateurs médias

le Bulletin
des agriculteurs

le coopérateur
agricole



www.craaq.qc.ca
1 888 535-2537



C'est **LA bibliothèque virtuelle**
agricole et agroalimentaire



**ABONNEZ-VOUS
C'EST GRATUIT!**

WWW.AGRIRESEAU.QC.CA

*Agriculture, Pêcheries
et Alimentation*

Québec 

CENTRE DE RÉFÉRENCE EN AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE DU QUÉBEC



Besoin d'un coup de main?

Trouvez le professionnel qu'il vous faut!



www.repertoiresducraaq.ca

Ciblez votre recherche par région, par service offert et par production parmi les différents répertoires. Que ce soit pour un appui à la commercialisation de vos produits, pour améliorer l'efficacité de votre entreprise, pour démarrer un nouveau projet ou pour résoudre une problématique, vous y trouverez la ressource dont vous avez besoin.



CENTRE DE RÉFÉRENCE EN AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE DU QUÉBEC



Calendrier 2012 - 2013

Journée phytoprotection

Station agronomique de l'Université Laval
Saint-Augustin-de-Desmaures, 26 juillet 2012
Commission de phytoprotection

Activité Bœuf 2012

Un bovin génétiquement bien **conformé!**
Victoriaville, 5 octobre 2012
Comité bovins de boucherie

Colloque Horizon marketing agroalimentaire

Produits d'ici, saveurs du monde! Les marchés ethniques : un créneau en croissance
Drummondville, 11 octobre 2012
Comité marketing agroalimentaire

Symposium ovin 2012

Innové aujourd'hui, prospérer demain
Sainte-Marie-de-Beauce, 19 octobre 2012
Comité production ovine

36^e Symposium sur les bovins laitiers

Agir pour l'avenir!
Drummondville, 1^{er} novembre 2012
Comité bovins laitiers en partenariat avec la Fédération des producteurs de lait du Québec

Colloque Gestion

De producteur à chef d'entreprise!
Drummondville, 8 novembre 2012
Comité gestion de l'entreprise agricole

Colloque sur la pomme de terre

30 ans d'excellence et d'innovation
Lévis, 23 novembre 2012
Comité pomme de terre

Colloque Technologies de l'Information

Cultiver le numérique
Saint-Hyacinthe, 31 janvier 2013
Comité des technologies de l'information du CRAAQ

Journée scientifique – Agroforesterie

Drummondville, 7 février 2013
Collaboration MAPAQ et Comité agroforesterie

Journée d'information scientifique – Grandes cultures

Ensemble pour la diffusion de la recherche agronomique
Drummondville, 21 février 2013
Comité céréales
Comité maïs et oléoprotéagineux

Journée d'information scientifique – Productions animales

Drummondville, 27 février 2013
Collaboration MAPAQ et CRAAQ

Perspectives 2013

Saint-Hyacinthe, 16 avril 2013
Comité économie et perspectives agroalimentaires

Colloque sur l'établissement et le retrait en agriculture

Comment s'établir autrement
Drummondville, 8 mai 2013
Comité établissement et retrait de l'agriculture

Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec

craaq.qc.ca • 1 888 535 2537



CULTIVER L'EXPERTISE
DIFFUSER LE SAVOIR

