

# INFO-RLQ

## Périodique de transfert de connaissances du Réseau Ligniculture Québec

### Dossier carbone

#### Quatrième numéro :

### La séquestration du carbone par les systèmes agroforestiers

#### 1. Introduction

Comme le protocole de Kyoto le propose, la réduction du carbone atmosphérique passe soit par une réduction des émissions issues des combustibles fossiles, soit par une augmentation de la séquestration du carbone dans les végétaux et le sol des écosystèmes terrestres. Dans le dernier numéro, nous avons montré en quoi la conversion de cultures agricoles en plantations avait la possibilité d'augmenter le carbone dans le sol. Puisque le sol représente le plus grand réservoir de carbone dans une multitude d'écosystèmes (Tableau 1), il apparaît pertinent de miser sur des stratégies qui maximiseront la séquestration dans les sols moins riches en carbone comme les cultures annuelles (ex: maïs-grain et soya). À cet effet, les plantations feuillues semblent particulièrement performantes. Parmi celles-ci, les plantations à haut rendement attirent de plus en plus l'attention du fait qu'elles séquestrent rapidement beaucoup de carbone dans la biomasse aérienne, une biomasse qui pourra être utilisée pour faire du bois ou pour réduire notre dépendance aux énergies fossiles.

**Tableau 1 :** Estimés globaux de la teneur en carbone dans le sol et la végétation pour les différents écosystèmes terrestres (d'après Amthor et Houston 1998).

Ecosystem	Area ( $\times 10^{12}$ m <sup>2</sup> )	Plant C (g m <sup>-2</sup> )	Soil C <sup>a</sup> (g m <sup>-2</sup> )	Total C (g m <sup>-2</sup> )
Tundra	9.5	630	12750	13380
Boreal forest	9.0	2445	15000	17445
Temperate forest	7.5	12270	12000	24270
Tropical forest	14.8	16500	8300	24800
Northern peatland	3.4	0	133800	133800
Wetlands	2.8	4300	72000	76300
Temperate grassland	12.5	720	23600	24320
Tropical savanna	22.5	2930	11700	14630
Chaparral	2.5	3200	12000	15200
Extreme desert, desert, semi-desert, scrub	30.0	365	10500	10865
Lakes and streams	2.0	10	0	10
Cultivated and permanent crop	14.8	200	7900	8100
Temperate woodland	2.0	8000	12000	20000
Human area	2.0	500	5000	5500

<sup>a</sup> Soil C values are for the top 1 m, except for peatlands where they account for the total depth.

Toutefois, bien que les terres agricoles fertiles semblent les meilleurs sites pour créer de nouveaux puits forestiers de carbone, il semble plutôt improbable qu'une partie importante de ces terres soit convertie en plantation. Actuellement, deux facteurs rendent la conversion de terres arables en plantations forestières difficile au Québec. D'une part, il y a un manque d'incitatifs financiers et, d'autre part, la plupart des agriculteurs veulent continuer de cultiver la terre de manière traditionnelle.

Dans ce contexte, il serait avantageux de développer de nouveaux modèles d'aménagement du territoire agricole basés sur l'agroforesterie (culture intercalaire, haies brise-vent, bandes riveraines, systèmes sylvopastoraux, produits forestiers non ligneux, etc.). Les pratiques agroforestières pourraient favoriser la séquestration du carbone dans les systèmes agricoles grâce à la production de matière ligneuse et grâce à l'augmentation des apports en matière organique dans le sol (litière, débris ligneux, racines mortes, etc.). Outre ce potentiel de captation du carbone, n'oublions pas les autres bénéfiques environnementaux et socioéconomiques qui accompagnent l'aménagement de systèmes agroforestiers : réduction de l'érosion et de l'appauvrissement des sols, création de brise-vent et de corridors fauniques, protection de la biodiversité, réduction de la pollution diffuse et protection de la santé humaine, diversification des revenus sur la ferme, production de ressource ligneuse facilement accessible, amélioration des paysages, etc.

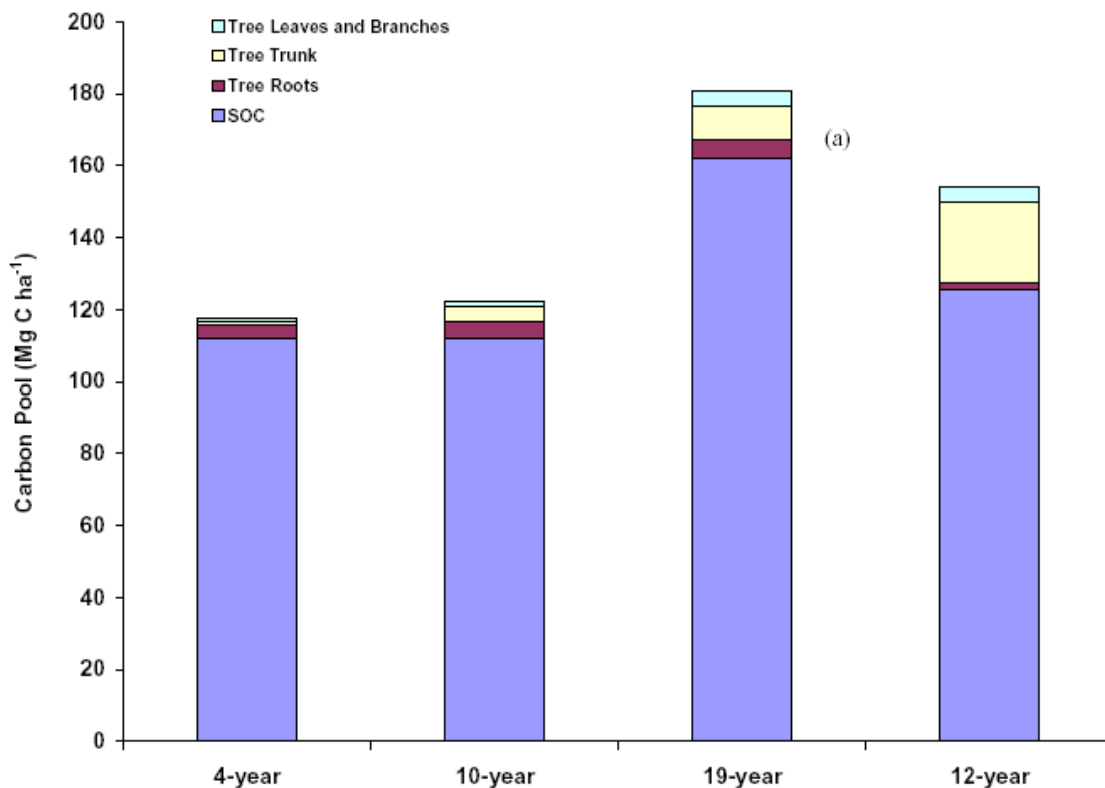
Dans ce numéro, nous vous présentons certaines parties de l'étude synthèse réalisée par Oelbermann *et al.* (2004). Cette étude consistait à rassembler les diverses recherches traitant du potentiel des systèmes agroforestiers comme puits de carbone dans les écosystèmes tropicaux et tempérés. Nous consacrerons toutefois plus d'attention aux études réalisées dans des écosystèmes tempérés traitant de l'association du peuplier hybride à diverses pratiques agricoles. Certaines conclusions qui se rattachent au potentiel de la culture intercalaire au Québec seront aussi présentées en lien avec l'étude réalisée par Rivest et Olivier (2007).

## 2. Dynamique du carbone dans les systèmes agroforestiers

L'expansion mondiale des pratiques agroforestières devrait avoir un impact sur le flux global de carbone et son stockage à long terme dans les écosystèmes terrestres. Ces quantités de carbone qui seront captées par les systèmes agroforestiers dépendent essentiellement du choix de système qui sera introduit en milieu agricole et de sa situation bioclimatique. Par la suite, d'autres facteurs pourront faire en sorte que les systèmes agroforestiers séquestrent plus ou moins efficacement le carbone atmosphérique : conservation des résidus après récolte, type de culture, âge et densité des arbres, choix des espèces ligneuses, etc.

À cet effet, la figure 1 montre la différence de carbone séquestré par trois systèmes de culture intercalaire (4, 10 et 19 ans) établis au Costa Rica avec l'*Erythrina poeppigiana* par rapport à une culture intercalaire du sud de l'Ontario renfermant des peupliers hybrides de 12 ans. En comparant ces systèmes, on s'aperçoit rapidement que les stocks de carbone varient avec l'âge du système, mais qu'ils sont relativement similaires entre le milieu tempéré du sud du Canada et le milieu tropical, malgré que les apports en matière organique soient moins importants dans le système agroforestier tempéré. Cette tendance s'explique par une vitesse de renouvellement de la matière organique plus faible en région tempérée.

Dans le sud du Québec et du Canada, il serait particulièrement avantageux de choisir le peuplier hybride au détriment des conifères, car cette essence permettrait d'augmenter de manière optimale le flux de carbone vers le sol et la biomasse forestière. Par exemple, en Ontario, Peich *et al.* (2006) ont montré qu'après 13 années de croissance, l'association peuplier hybride (D x N) et orge en culture intercalaire permettait de séquestrer 13,2 t C/ha/an comparativement à 1,1 t C/ha/an pour l'association orge - épinette de Norvège et -2,9 t C/ha/an pour l'orge en monoculture.



**Figure 1 :** Carbone contenu dans les arbres et la matière organique du sol (40 cm) pour une culture intercalaire de 4,10 et 19 ans au Costa Rica (*E. poeppigiana*) par rapport à une culture intercalaire de 12 ans établie dans le sud de l'Ontario avec le peuplier hybride.

### 2.1 Apports carbonés issus de la biomasse arborescente aérienne

Aux latitudes tropicales, les arbres à valeur commerciale rencontrés dans les systèmes de culture intercalaire sont, la plupart du temps, régulièrement élagués (jusqu'à trois fois par année) et les résidus forestiers sont directement incorporés au sol afin de maintenir leur fertilité. Dans les systèmes de culture intercalaire en milieu tempéré, la situation est passablement différente. L'élagage est, d'une part, relativement moins fréquent (2-5 ans) et, d'autre part, les résidus forestiers ne sont pas immédiatement incorporés à la culture en raison de leur haut contenu en lignine et leur faible vitesse de décomposition sous l'effet d'un climat tempéré. Ainsi, les résidus sont généralement exportés du site où ils pourront être broyés et réincorporés par la suite dans la portion occupée par les rangées d'arbres.

En milieu tempéré, ce sont plutôt les feuilles constituant la litière qui génèrent le plus important flux de carbone dans les systèmes agroforestiers. Cependant, ce flux de carbone vers le sol décroît rapidement à mesure que l'on s'éloigne de la portion du système occupée par les arbres. Par exemple, dans une culture intercalaire, Oelbermann (2002) a montré que des peupliers hybrides âgés de 12 ans génèrent 0,95 Mg C/ha/an dans un rayon de 1 m autour de l'arbre alors que cette valeur chute à 0,38 Mg C/ha/an à 6 m de distance de l'arbre. Il semble enfin que cette production de litière dans les systèmes intercalaires établis avec le peuplier hybride augmente avec l'âge de la plantation.

## 2.2 Rôle des racines d'arbres dans les systèmes agroforestiers

Les racines peuvent, à elles seules, contenir jusqu'à 30 % de la biomasse forestière dans les systèmes agroforestiers, ce qui fait en sorte qu'elles jouent un rôle prépondérant dans l'augmentation des stocks de carbone dans le sol (Young 1997). À ce chapitre, le peuplier performe plutôt bien à cause de son important réseau de racines fines qui se caractérise par un taux de renouvellement particulièrement rapide. Rappelons qu'environ 90 % du réseau racinaire du peuplier est constitué de racines fines (voir Block *et al.* 2006). Il existe cependant peu d'études qui ont documenté les apports carbonés issus des racines dans les systèmes agroforestiers tempérés. D'après Thevathasan (comm. pers. 2002), le potentiel de séquestration du carbone dans les sols agroforestiers serait d'environ 0,2 Mg C/ha/an lorsque le peuplier hybride est planté à une densité de 111 tiges/ha.

## 2.3 Les apports carbonés issus des résidus agricoles

Il n'y a pas que les arbres qui ont le potentiel d'accroître les stocks de carbone dans les sols agroforestiers, les espèces cultivées annuellement peuvent également contribuer à cet important pool. Lorsque les résidus végétaux sont laissés à la surface du sol après la récolte, ils relâchent graduellement leurs nutriments sous l'effet de la minéralisation microbienne. Ces résidus permettent alors le développement d'une microfaune et d'une microflore qui dynamise le cycle du carbone et, par conséquent, celui des autres nutriments du sol. Le tableau 2 donne une indication du potentiel d'augmentation des apports carbonés lorsque les résidus sont laissés sur place après la récolte dans des systèmes associant le peuplier hybride à différentes cultures annuelles.

**Tableau 2** : Apports carbonés (moyenne de deux saisons) issus des résidus végétaux dans des systèmes de culture intercalaire avec le peuplier hybride (12 ans) dans le sud du Canada (Ontario).

	Shoots ( $\text{g C m}^{-2} \text{ year}^{-1}$ )	Roots ( $\text{g C m}^{-2} \text{ year}^{-1}$ )	Total ( $\text{g C m}^{-2} \text{ year}^{-1}$ )
Maize	177 (11)	29 (11)	206
Soybeans	72 (14)	8 (2)	80
Wheat	107 (15)	15 (4)	122

Crops are grown on a 3-year rotation in the hybrid poplar alley crop. Standard errors are given in parentheses (Oelbermann, 2002).

## 2.4 Décomposition et stabilisation de la matière organique

Le carbone stocké dans le sol se trouve sous plusieurs formes et chacune d'elles possède un temps de résidence plus ou moins long. Par exemple, le carbone labile issu de la litière peut être rapidement décomposé avec un temps de résidence d'environ 3-4 ans alors que les débris ligneux plus stables peuvent séjourner plus de 1000 ans avant d'être décomposés et de faire partie du pool de carbone actif. Ainsi, l'incorporation de formes stables de carbone organique grâce à l'introduction de paillis issus de matières ligneuses autour des arbres pourrait augmenter le carbone du sol dans les systèmes agroforestiers tempérés et tropicaux. Néanmoins, il faudra peser le pour et le contre de cette approche puisque des matériaux comme les copeaux de bois peuvent avoir un effet nuisible sur les jeunes plants du fait qu'ils causent une diminution de température et de contenu en oxygène dans le milieu souterrain (Greenly et Rakow 1995).

## 2.5 Pool global de carbone organique dans le sol

Le pool global de carbone organique dans le sol est d'environ 1500 Pg C, ce qui est deux à trois fois plus important que la quantité de carbone contenue dans la végétation (Hudson 1995). Cependant, la mise en culture des sols vierges peut entraîner des réductions importantes en carbone organique, ce qui

entraîne d'importantes répercussions sur le plan de la fertilité. Ainsi, lorsque la forêt tropicale devient une terre de culture, les pertes en carbone organique dans le premier mètre de sol sont estimées à 15-40 % durant les 2-3 premières années (Ingram et Fernandes 2001). D'autres facteurs contribuent à réduire le carbone organique du sol incluant l'érosion des sols, l'enlèvement des résidus organiques, le travail intensif du sol et la mise à nue, notamment pendant certains types de jachères. Il pourrait donc être possible de rétablir une certaine partie des stocks de carbone organique dans le sol en augmentant les apports en résidus et en favorisant l'incorporation de résidus végétaux récalcitrants grâce à la rotation des cultures, à l'introduction de plantes de couverture et à la jachère végétale.

Sur le plan du potentiel global de restauration des sols, des estimations montrent qu'il existerait plus de 2 milliards d'hectares de terres dégradées, dont environ 1,5 milliard est situé dans les latitudes tropicales. Ainsi, l'afforestation, la reforestation, l'agroforesterie, la lutte à la déforestation et la restauration des terres ont le potentiel de séquestrer dans la biomasse aérienne  $8,7 \times 10^9$  Mg C/an dans les tropiques et  $4,9 \times 10^9$  Mg C/an dans les régions tempérées (Tableau 3). Ce nouveau carbone séquestré dans la biomasse augmenterait inévitablement les stocks de carbone du sol en raison de la mortalité racinaire et des apports en litière et en débris ligneux.

**Tableau 3** : Potentiel biologique de séquestration du carbone dans la biomasse aérienne associé à certaines pratiques (adapté de Dixon et Turner 1991).

Land management practice	Tropical biomes ( $\times 10^9$ Mg C year <sup>-1</sup> )	Temperate Biomes ( $\times 10^9$ Mg C year <sup>-1</sup> )
Forestation	1.3	0.9
Agroforestry	2.1	1.9
Land rehabilitation	0.1	0.1
Conservation agriculture	2.4	1.0
End deforestation and desertification	2.8	1.0
Total	8.7	4.9

### 3. Et la productivité dans tout ça?

La perte de rendement agricole ou sylvicole associée à la compétition pour les ressources (lumière, eau et nutriments) qui existe entre les arbres et la culture en place dans les systèmes agroforestiers semble être une des principales préoccupations économiques. Ainsi, dans le cas des cultures intercalaires, plusieurs études montrent que la productivité des cultures est plus faible à proximité des arbres par rapport au centre de la rangée, que ce soit en milieu tempéré ou tropical. Toutefois, puisque la culture intercalaire a le potentiel de restaurer les sols dégradés par une agriculture trop intensive, il est probable que, dans certains cas, les rendements agricoles soient peu affectés par la pratique. En ce qui concerne les rendements sylvicoles, la situation semble plus partagée alors que des effets parfois bénéfiques et parfois négatifs sont observés sur la croissance des arbres. Néanmoins, lorsqu'on combine les rendements agricoles aux rendements sylvicoles, la productivité totale du système, en termes de biomasse et donc d'accumulation du carbone, est la plupart du temps supérieure à la monoculture.

#### 3.1 Impact sur la production agricole

Après avoir réalisé le suivi de l'association peuplier hybride - orge en milieu contrôlé, Thevathasan et Gordon (1995) ne rapportent aucun déclin dans la productivité et le rendement de l'orge du fait que les peupliers exploitent les ressources hydriques et nutritives dans des horizons plus profonds du sol. La situation semble néanmoins différente lorsque le peuplier hybride (D x N) atteint une certaine maturité. Au terme des 10<sup>e</sup> et 11<sup>e</sup> années de croissance, la présence de peupliers hybrides espacés

de 6 m x 12,5-15 m réduisait de 35 % les rendements en grains pour le maïs et de 40 % pour le soya (Reynolds et al. 2007, sud de l'Ontario). Une baisse de rendement un peu moins importante a également été observée lorsque chacune de ces deux cultures est associée à l'érable argenté. En Angleterre, Burgess *et al.* (2004) ont également réalisé des observations similaires alors qu'ils ont étudié l'association du peuplier hybride avec différentes cultures (blé, orge, gourgane, moutarde et pois) avec un espacement de 10 m x 6,4 m. Ainsi, durant les 3 premières années de croissance des peupliers hybrides, une diminution moyenne des rendements de 4 % a été notée et cette diminution atteignait 10 % de la 4<sup>e</sup> à la 6<sup>e</sup> année de croissance. Bien que dans plusieurs cas les arbres n'exploitent pas les ressources du sol aux mêmes profondeurs que les cultures annuelles, il semble que les rendements de certaines cultures (ex : maïs et soya) soient, en contrepartie, fortement corrélés avec le rayonnement photosynthétique actif (Reynolds *et al.* 2007).

Parallèlement, en Nouvelle-Zélande, Guevara-Escobar *et al.* (2007) ont observé que des peupliers hybrides âgés de 5 ans (50-100 tiges/ha) avaient peu d'impact sur l'accumulation de la biomasse fourragère alors que les peupliers matures (29 ans et plus, 37-40 tiges/ha) réduisaient cette biomasse de 40 %. La qualité nutritive des plantes fourragères retrouvées sous la canopée de peuplier était également inférieure à celle rencontrée en milieu ouvert, excepté durant le printemps où elle était alors comparable.

Mis à part l'âge des arbres, il semble également que l'espacement entre les rangées d'arbres soit un facteur déterminant dans la productivité agricole des systèmes agroforestiers. Imo et Timmer (1999) ont observé une diminution de la productivité du maïs lorsque les rangées de *L. leucocephala* étaient espacées de 2 m alors qu'aucune baisse de productivité n'a été enregistrée pour un espacement de 8 m. Or, ce choix dans les espacements peut varier en fonction de la hiérarchisation des objectifs poursuivis par le producteur (production de bois et de biomasse ou production agricole, bénéfices environnementaux, modification du paysage, etc.) (Rivest et Olivier 2007).

### 3.2 Impact sur la production sylvicole

Au Québec, les travaux de Rivest *et al.* (2005) dans une culture intercalaire associant le peuplier hybride (694 tiges/ha) au soya ont montré une augmentation de croissance en hauteur de 15 % comparativement à la plantation forestière de référence où la compétition végétale avait été maîtrisée au moyen d'un hersage sur une base bisannuelle. Aucune différence (hauteur et diamètre) n'a cependant été observée sur un site adjacent comportant 521 tiges/ha. De leur côté, Burgess *et al.* (2004) ont montré une réduction de la croissance du peuplier hybride de 11 % en hauteur et de 21 % en diamètre après 7 années de croissance comparativement aux arbres établis sur le sol laissé en jachère et soumis à un entretien mécanique de la végétation.

Pour plus de détails sur l'itinéraire technique à adopter en vue d'optimiser la productivité globale du système de culture intercalaire, vous pouvez consulter la revue de littérature réalisée par Rivest et Olivier (2007). Des aspects comme le choix des espèces et de l'espacement, la répression de la végétation concurrente, l'entretien des arbres et le choix du site y sont présentés.

### 4. Conclusion

À la lumière des informations présentées dans ce texte, il semble évident que les systèmes agroforestiers ont un potentiel énorme en tant que puits terrestre de carbone, particulièrement lorsque ceux-ci combinent des essences à croissance rapide feuillues aux cultures annuelles comme le maïs-grain et le soya. Ainsi, des résultats obtenus en terrain canadien, montrent que l'implantation de cultures intercalaires en terres marginales avec le peuplier hybride à une densité 111 tiges/ha a le

potentiel de séquestrer 32 % du carbone nécessaire à l'atteinte de l'objectif fixé par le protocole de Kyoto pour 2012 (Oelbermann *et al.* 2004).

Cependant, en raison des baisses de productivité agricole souvent rencontrées suite à l'adoption de pratiques agroforestières, on peut se questionner à savoir si la production de matière ligneuse dans un horizon relativement éloigné et la protection de l'environnement constituent des incitatifs assez forts pour convaincre les agriculteurs québécois. Néanmoins, une enquête réalisée par Rivest (2004) auprès de producteurs feuillus de la région Chaudière-Appalaches révèle un certain intérêt de la part de ce groupe d'acteurs du fait que la culture intercalaire permettrait de rentabiliser leur plantation à court terme. Dans ce contexte, il est clair que des incitatifs économiques comme les crédits de carbone et les subventions associées aux pratiques agro-environnementales exemplaires combinées à un soutien technique sont nécessaires à la popularisation du concept d'agroforesterie au sein de notre ruralité.

En terminant, soulignons que l'agroforesterie constitue un des piliers de l'aménagement durable des paysages agricoles québécois puisque cette pratique intégrative mettra de l'avant une utilisation plus polyvalente du territoire au profit des communautés locales et des villégiateurs. Enfin, rappelons qu'il existe une multitude de façons de réintroduire l'arbre en milieu rural sans que le territoire ne perde sa vocation agricole, soit par le biais de l'aménagement de cultures intercalaires, de bandes riveraines, de haies brise-vent, de systèmes sylvopastoraux et de plantations sur de petites superficies.

### 5. Bibliographie

- Amthor, J.S. et M.I. Huston (1998) Terrestrial Ecosystem Responses to Global Change: A Research Strategy, ORNL/TM-1998/27. Oak Ridge National Laboratory.
- Block, R.M.A, K.C.J. Van Rees et J.D. Knight (2006) A review of fine root dynamics in *Populus* plantations. *Agrofor. Syst.* 67: 73-84.
- Burgess, P.J., L.D. Incoll, D.T. Corry, A. Beaton et B.J. Hart (2004) Poplar (*Populus spp*) growth and crop yields in a silvoarable experiment at three lowland sites in England. *Agrofor. Syst.* 63:157-169.
- Dixon, R.K. et D.P. Turner (1991) The global carbon cycle and climate change: responses and feedback from below-ground systems. *Environ. Pollut.* 73: 245-261.
- Greenly, K.M. et Rakow, D.A. (1995) The effect of wood mulch type and depth on weed and tree growth and certain soil parameters. *Journal of Arboriculture* 21 (5): 225-232.
- Guevara-Escobar, A., P.D. Kemp, A.D. Mackay et J. Hodgson (2007) Pasture production and composition under poplar in a hill environment in New Zealand. *Agrofor. Syst.* 69:199-213.
- Hudson, N. (1995) Soil and Water Conservation. B.T. Batsford Ltd., London, UK.
- Imo, M. et V.R. Timmer (1999) Vector competition analysis of a *Leucaena*-maize alley cropping system in western Kenya. *For. Ecol. Manage.* 47: 1-14.
- Ingram, J.S.I. et E.C.M. Fernandes (2001) Managing carbon sequestration in soils: concepts and terminology. *Agric. Ecosyst. Environ.* 87: 111-117.

- Oelbermann, M., R.P. Voroney et A.M. Gordon (2004) Carbon sequestration in tropical and temperate agroforestry systems: a review with examples from Costa Rica and southern Canada. *Agric. Ecosyst. Environ.* 104 : 359-377.
- Oelbermann, M. (2002) Linking carbon inputs to sustainable agriculture in Canadian and Costa Rican agroforestry systems. Ph.D. Thesis. Department of Land Resource Science, University of Guelph, p. 208.
- Peich, M., N.V. Thevathasan, A.M. Gordon, J. Huss et R.A. Abohassan (2006) Carbon sequestration potentials in temperate tree-based intercropping systems, southern Ontario, Canada. *Agrofor. Syst.* 66 : 243-257.
- Reynolds, P.E., J.A. Simpson, N.V. Thevathasan et A.M. Gordon (2007) Effects of tree competition on corn and soybean photosynthesis, growth, and yield in a temperate tree-based agroforestry intercropping system in southern Ontario, Canada. *Ecol. Eng.* 29: 362-371.
- Rivest, D. et A. Olivier (2007) Cultures intercalaires avec arbres feuillus : quel potentiel pour le Québec ? *The Forestry Chronicle* 83(4): 526-538.
- Rivest, D. (2004) La culture intercalaire peut-elle dynamiser la plantation des arbres feuillus à bois nobles au Québec ? M.Sc. Université Laval, Québec, QC.
- Rivest, D., A. Cogliastro et A. Olivier (2005) Tree growth and crop productivity in a hybrid poplar – hardwood – soybean intercropping system in southwestern Quebec, Canada. *Dans* K.N. Brooks et P.F. folliott (eds.). *Proceedings of the 9th North American Agroforestry Conference : Moving agroforestry into the mainstream.* June 12–15, 2005, Rochester, MN. Dept. of Forest Resources, University of Minnesota, St. Paul, MN. *hardwoods. For. Chron.* 67 : 209-211.
- Thevathasan, N.V. et A.M. Gordon (1995) Moisture and fertility interactions in a potted poplar-barley intercropping. *Agrofor. Syst.* 29: 275-283.
- Young, A. (1997) *Agroforestry for Soil Management.* CAB International, Wallingford, UK.

***Rédigé par :***

**Julien Fortier**, M. Env.  
Agent de transfert de connaissances  
Réseau Ligniculture Québec