



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

Alain COGLIASTRO<sup>1</sup>, Ph.D., chercheur en plantation et environnement,  
Coline KOUCHNER<sup>1</sup>, et Léa BOUTTIER<sup>1</sup>, étudiante à la maîtrise en sciences biologiques

<sup>1</sup> 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<sup>-1</sup>) la première année d'expérimentation, et de 46,2 % (soit 76 kg.ha<sup>-1</sup>) 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 CO<sub>2</sub> 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 Albuqualf. *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.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



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



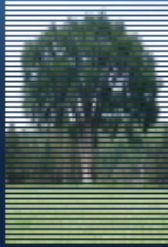
Alain Cogliastro  
Coline Kouchner  
Léa Bouttier

*Jardin botanique de Montréal  
Institut de recherche en biologie végétale*





- **Agroforesterie**
- **CC (précipitations, températures)**
- **Ruissellement- Infiltration- lessivage**
- **Ascenseur hydraulique**
- **Productivité**
- **Carbone**



# L'arbre dans l'espace agricole



## Fonction environnementale



## Fonction de production

**Haies brise-vent ; brise-odeur**  
(Kort et Turnock, 1999; Brandle *et al.*, 2004)  
**Bandes riveraines arborées**  
(Fortier *et al.*, 2010)



**Systemes de cultures intercalaires (SCI)**  
Rivest & Olivier 2007



**Plantation de feuillus nobles**  
**Ligniculture**  
(Cogliastro & Paquette 2012)



A. Cogliastro





« L'agroforesterie est un système intégré qui repose sur l'association intentionnelle d'arbres ou d'arbustes à des cultures ou à des élevages, et dont l'interaction permet de générer des bénéfices économiques, environnementaux et sociaux. »

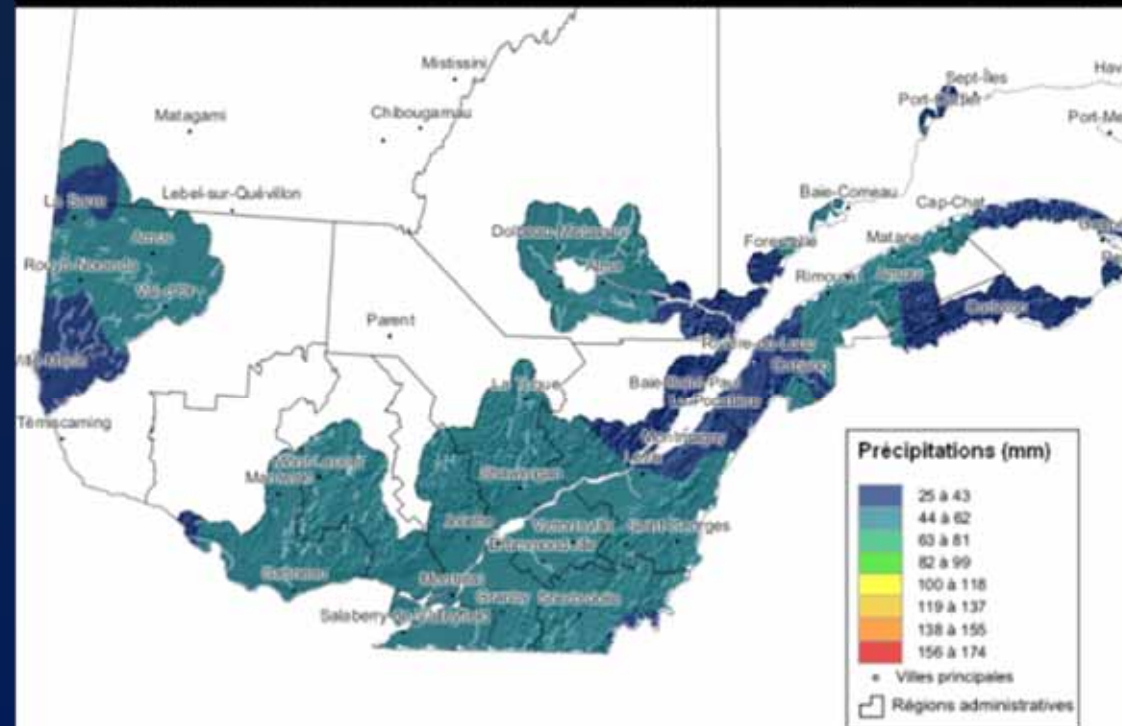
(CRAAQ, Comité agroforesterie, 2011)



**Contribution de systèmes agroforestiers multifonctionnels à la capacité d'adaptation aux changements climatiques des agroécosystèmes »**



Cumul des précipitations en saison de croissance: Scénario de changement inférieur (2041-2070 vs 1971-2000)



Préparé par :



En collaboration avec :



Agriculture et Agroalimentaire Canada

Agriculture and Agri-Food Canada



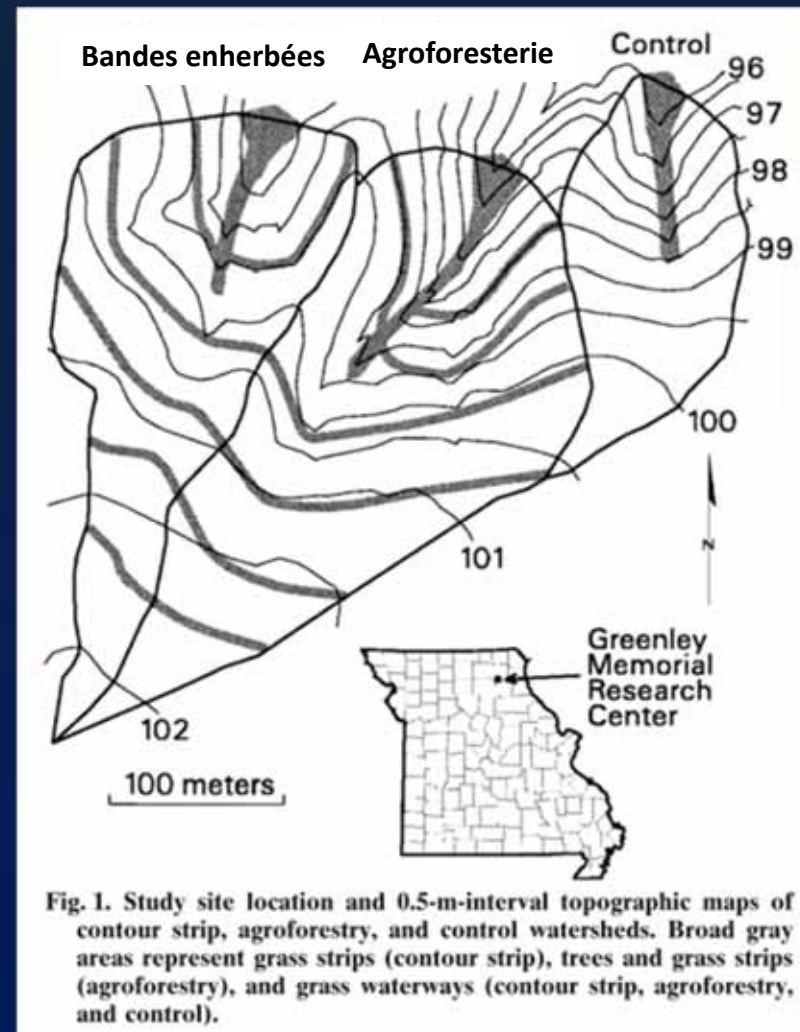
Québec



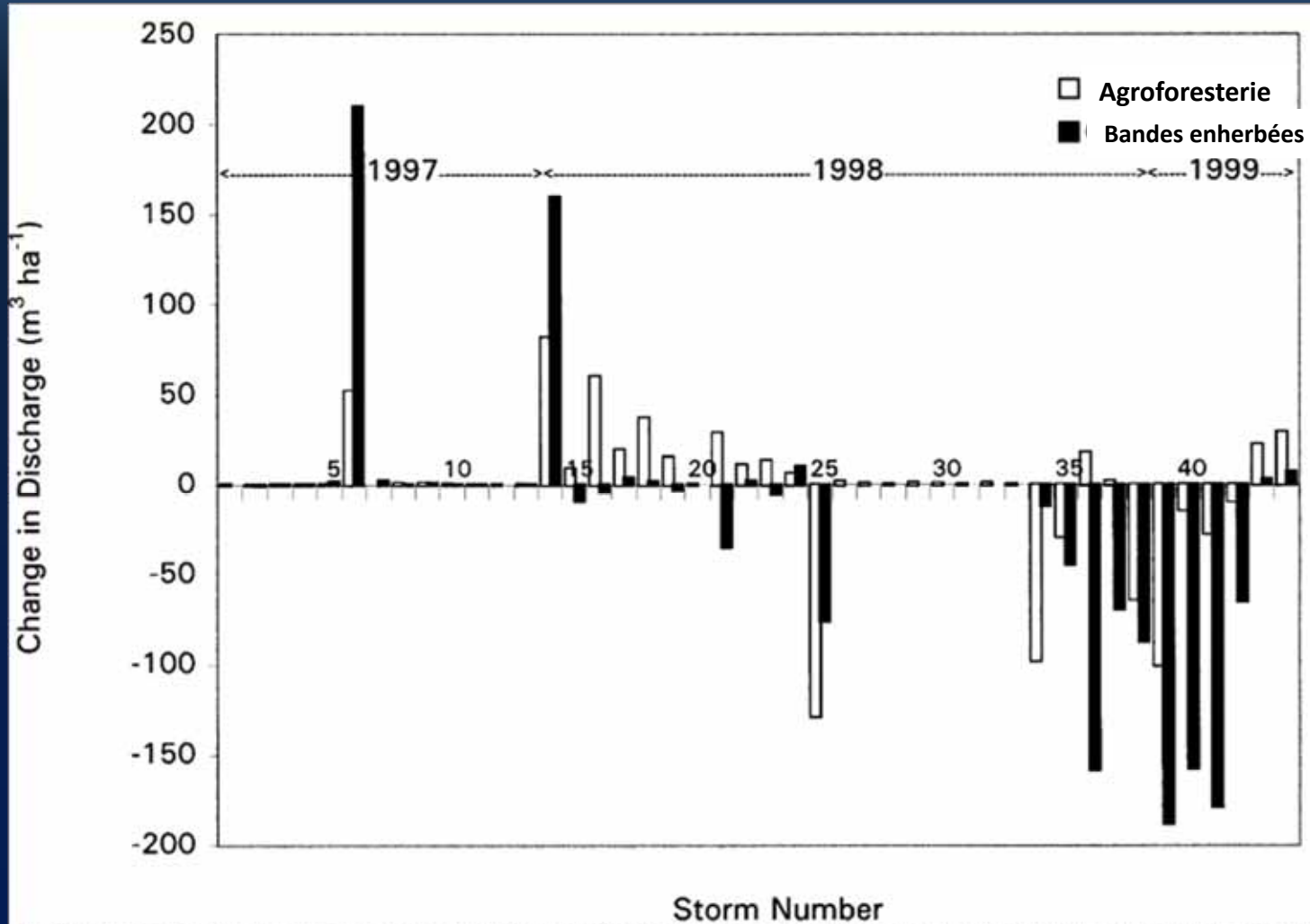
Canada

# Ruissellement et pertes de sol

Les bandes AF et enherbées font 4,5 m de large : bande herbacée (graminées, légumineuses) et arbres espacés de 3 m les uns des autres (Chênes des marais, Chênes bicolores, Chênes à gros fruits), et sont distantes de 23 à 36 m entre elles. Les cultures entre les bandes sont le soya et le maïs.



Site expérimental, Missouri, Udawatta et al., 2002



2. Observed deviation from predicted (observed minus predicted) runoff on agroforestry and contour strip watersheds during the treatment period.

Variations du ruissellement pour les parcelles avec haies enherbées et agroforestières, Udawatta *et al.*, 2002

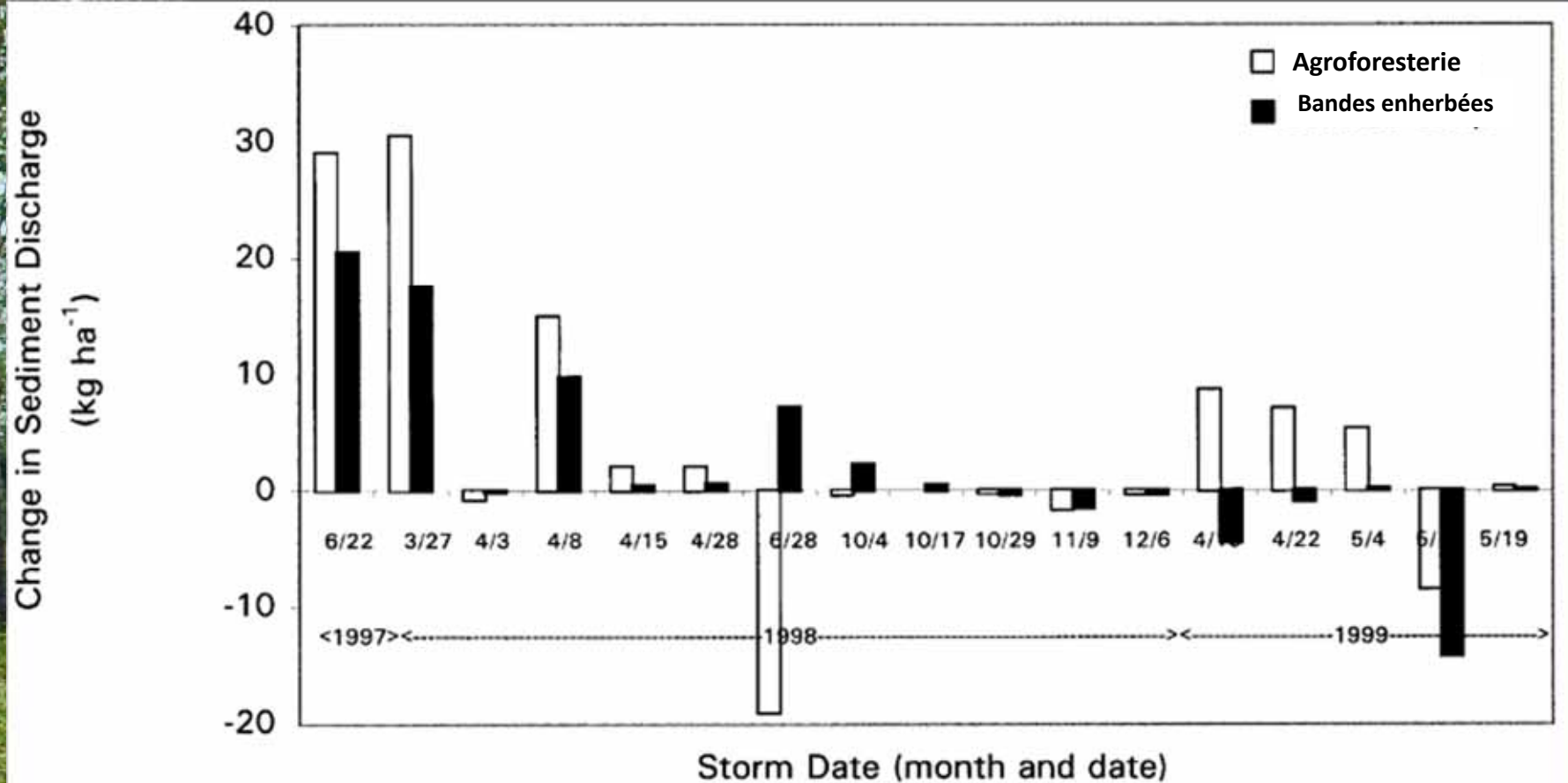


Fig. 3. Observed deviation from predicted (observed minus predicted) sediment loss on agroforestry and contour strip watersheds during the treatment period.

Variations des pertes de sol pour les parcelles avec haies enherbées et agroforestières, Udawatta *et al.*, 2002



Ruissellement et  
pertes de sol .  
Arbres 8-12 ans.  
Udawatta *et al.*, 2011

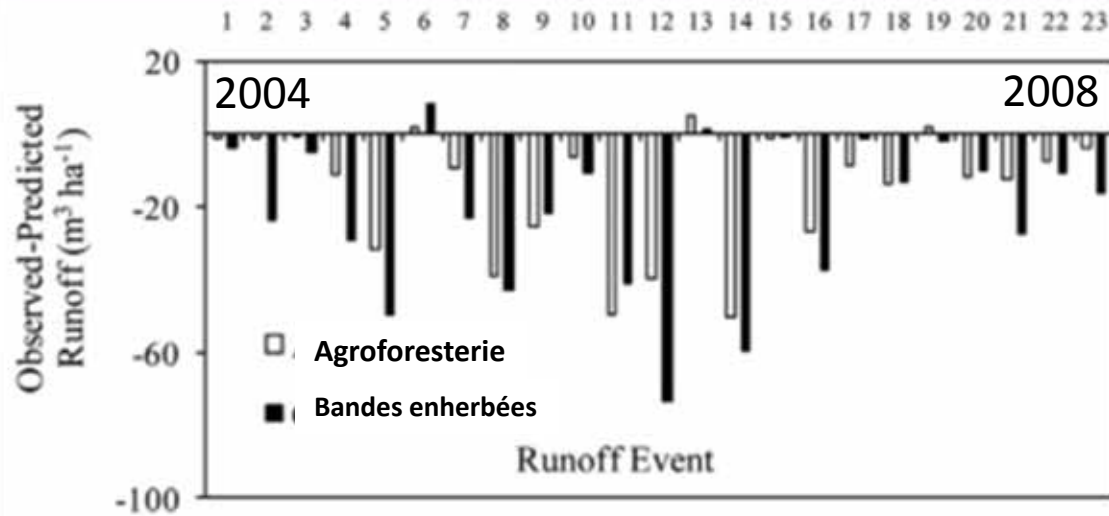


Fig. 3. Observed minus predicted runoff volumes for agroforestry (AGF) and grass buffer (CGS) watersheds at the Greenley Research Center from 2004 to 2008.

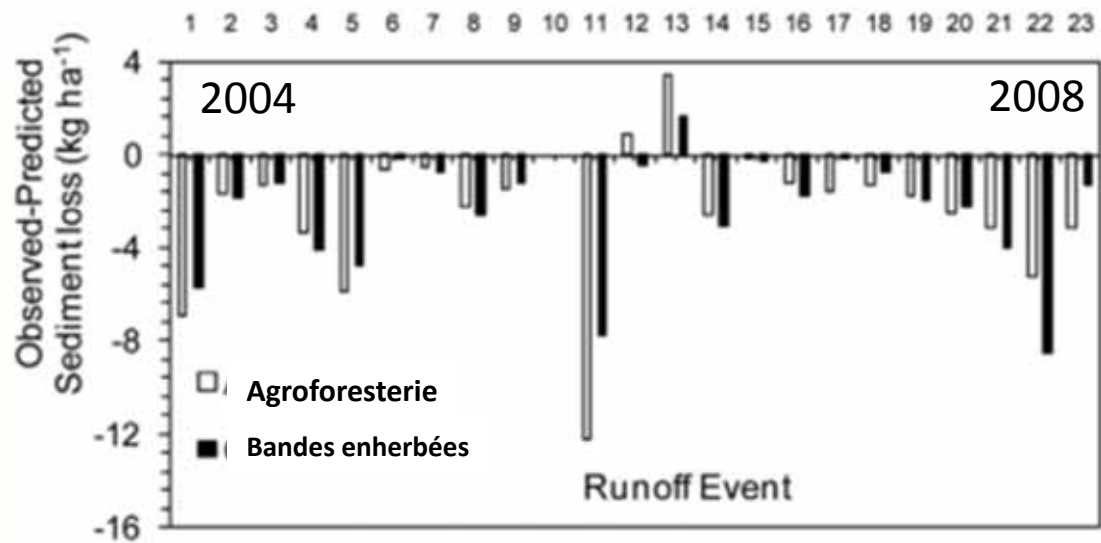
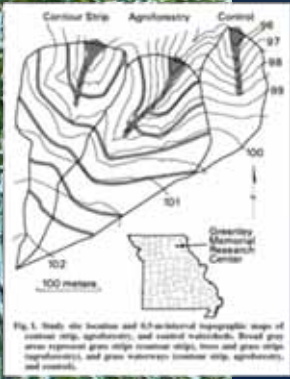


Fig. 4. Observed minus predicted sediment loss for agroforestry (AGF) and grass buffer (CGS) watersheds at the Greenley Research Center from 2004 to 2008.

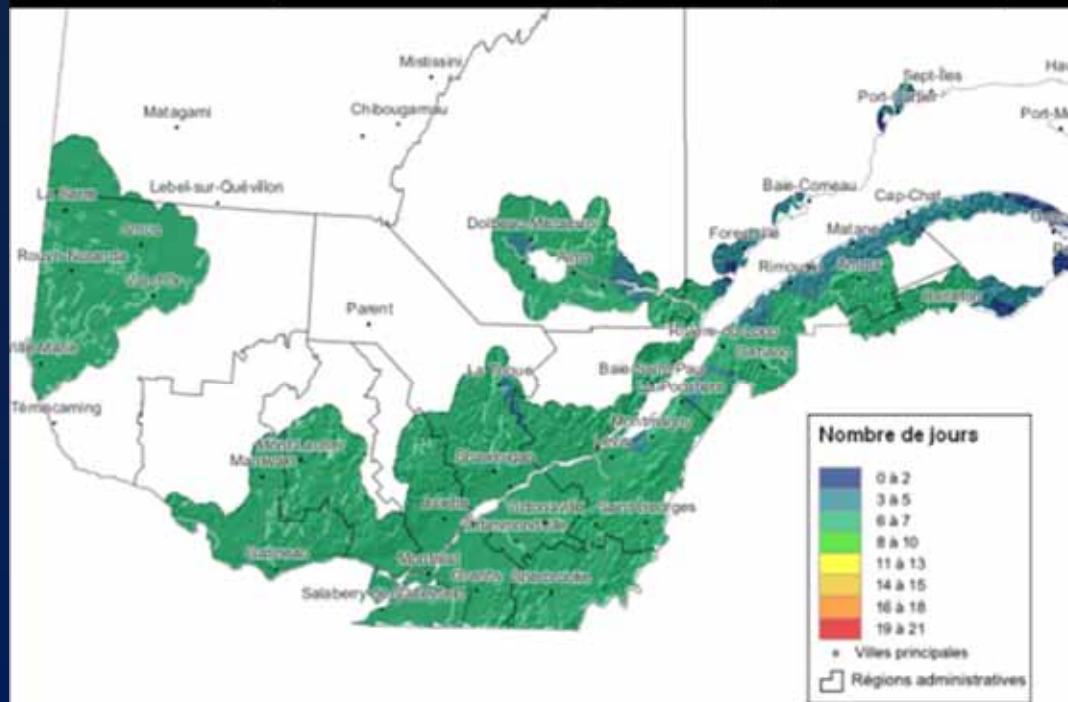
## Présence de bandes enherbées & arborées

- ↓des pertes de sédiments de 30 % sur 5 années.
- ↓des pertes d'N et de P de 11 % et 26 %.
- Une efficacité accrue au cours du temps.
- Bande arborée au contenu H<sub>2</sub>O 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.
- 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, capacité corrélée à une macroporosité du sol plus importante dans les bandes arborées.





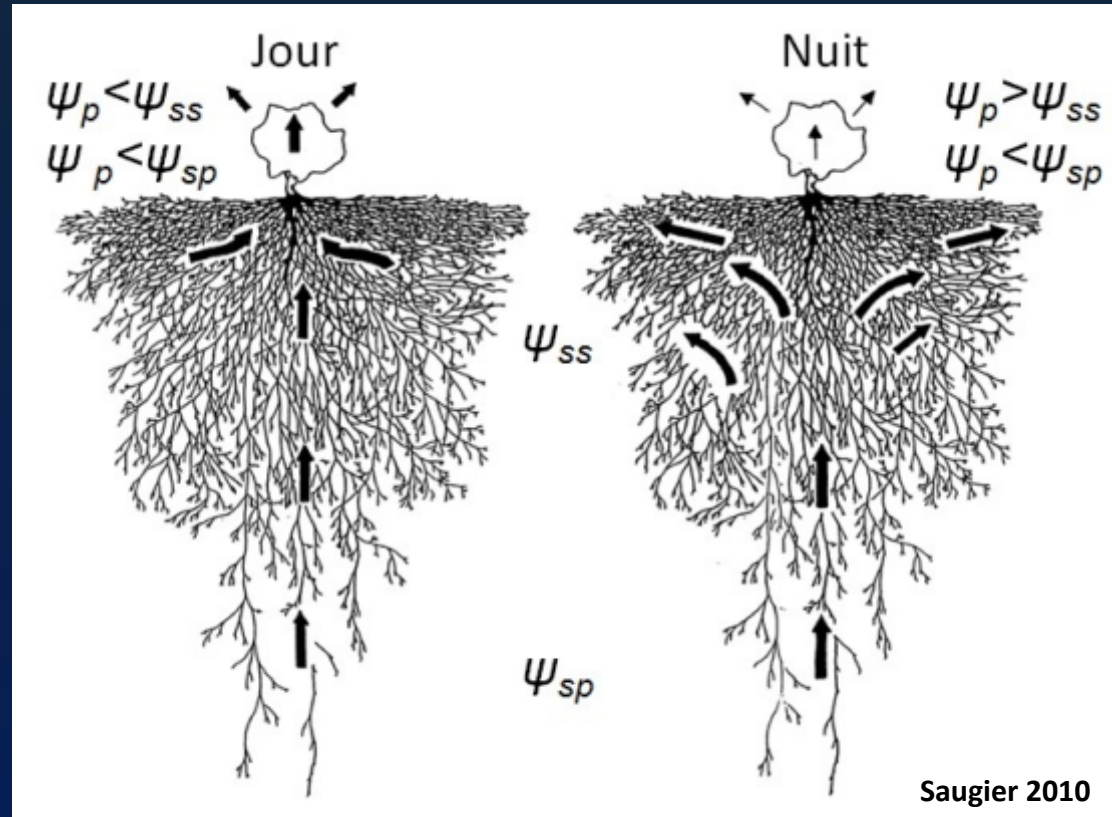
Occurrence annuelle de températures > 30°C: Scénario de changement inférieur (2041-2070 vs 1971-2000)



Préparé par : En collaboration avec : Agriculture et Agroalimentaire Canada / Agriculture and Agri Food Canada

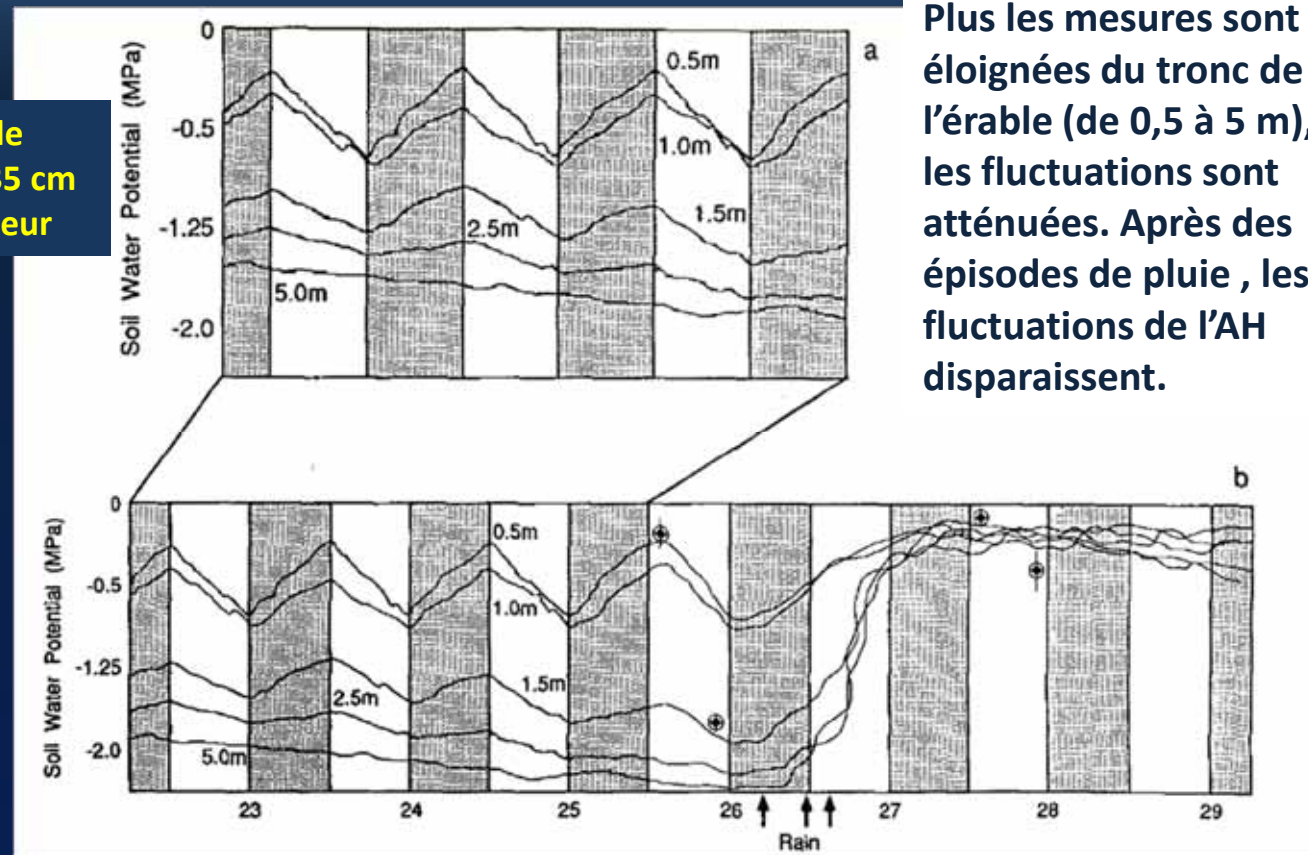


# Le phénomène d'ascenseur hydraulique (AH)





Moyenne de  
-20cm et -35 cm  
de profondeur



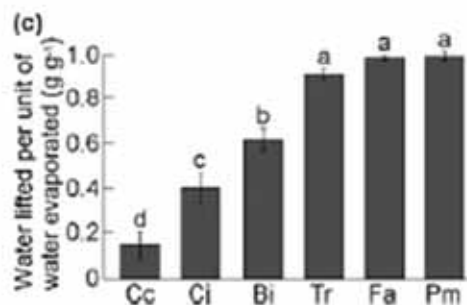
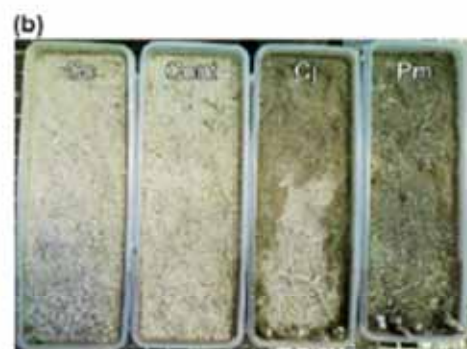
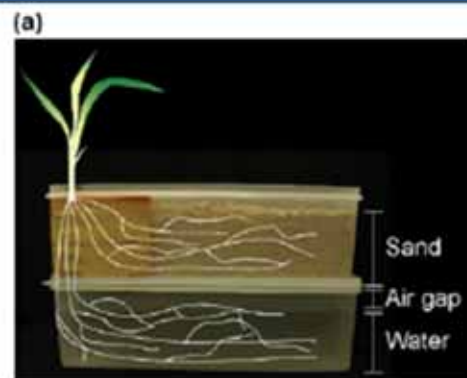
Plus les mesures sont éloignées du tronc de l'érable (de 0,5 à 5 m), plus les fluctuations sont atténuées. Après des épisodes de pluie, les fluctuations de l'AH disparaissent.

Fluctuations du potentiel hydrique du sol typique de l'ascenseur hydraulique, Dawson 1993.

Fig. 1a, b. Time course of soil water potential measured at five distances (0.5, 1.0, 1.5, 2.5 and 5.0 m) away from the base of mature sugar maple trees (*Acer saccharum*) for (a) a thirty hour period at the end of a 16 d drought period, and (b) over a six and one-half day period including the drought period and following three rainy periods (indicated by arrows along the x-axis). Stippled panels represent the dark period of each day. Midnight on a particular day is approximately where each new number appears. The lines represent a temperature corrected average of measurements taken at

two depths in the soil profile (-20 and -35 cm), at the four cardinal compass directions, around three trees. The values which appear on the figure indicate the distance away from the tree base associated with a particular line; for 0.5, 1.5 and 2.5 m distances, the line below the value applies, for 1.0 and 5.0 m distances, the line above the value applies. The target symbols which appear in the daylight panels for May 25 and 27 represent the average ( $\pm$ SD) dawn (upper symbol) and dusk (lower symbol) leaf water potential for the same three trees

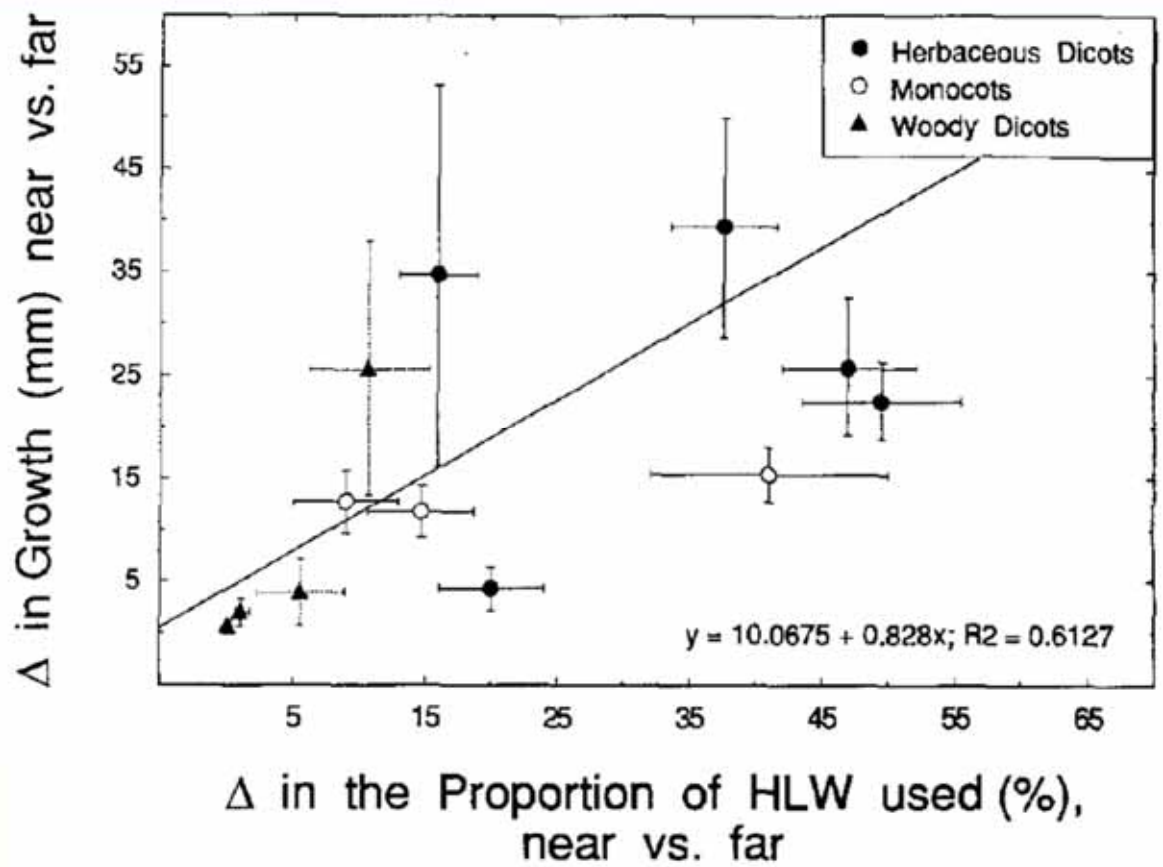
Dispositif  
( Sekiya *et al.*, 2011) pour  
étudier les capacités à  
réaliser l'AH de  
différentes plantes  
fourragères : si la plante  
réalise l'AH, le sable du  
contenant supérieur s'en  
trouve humidifié pendant  
la nuit.



**Fig. 1** Comparison of water lifting capability. **a** A schematic of the split-root container. **b** Sand surfaces grown without associated donor plants (Cont) and with *Cajanus cajan* (Cc), *Crotalaria juncea* (Cj) and *Panicum maximum* (Pm). **c** The amount of water lifted from the lower container per unit of water evaporated from the upper one ( $HL E_{up}^{-1}$ ) in split-containers with Cc, Cj, *Bromus inermis* (Bi), *Trifolium repens* (Tr), *Festuca arundinacea* (Fa) and Pm. Each bar represents mean  $\pm$  S.E. ( $n=5$ ). The letters above the bars represent significant differences at the 5% level as analyzed by Sheffe's F test



Les espèces qui augmentent + % H<sub>2</sub>O-AH quand près érables sont celles qui augmentent le + leur croissance  
Dawson 1993, *Oecologia*



**Fig. 4.** The difference ( $\Delta$ ) in aboveground growth of terminal stems or shoots (in mm) of plants growing near (within 1.5 m of the bole) maple trees conducting hydraulic lift versus far from maple trees ( $> 2$  m from bole of tree) as a function of the difference in proportion of hydraulically-lifted water (HLW) used by these same plants. The values are means ( $\pm$ SD;  $n = 5$ ) for the twelve most common neighboring plant species (in Table 2) growing near sugar maple trees. The symbols used show the plants grouped by habit and for monocots versus dicots. The strength of the relationship is different for each species, but over all species in the community,  $y = 10.0675 + 0.828x$ ,  $R^2 = 0.6127$ ,  $P < 0.05$

## Un filet racinaire

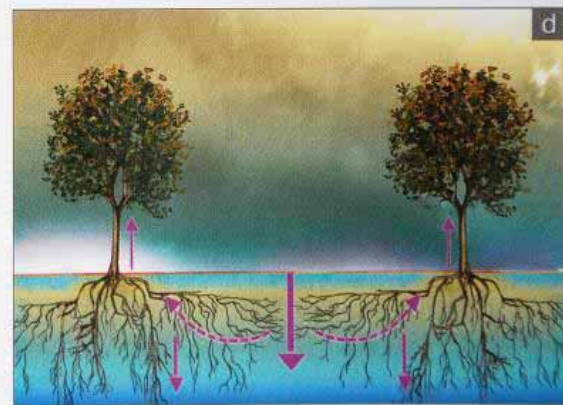
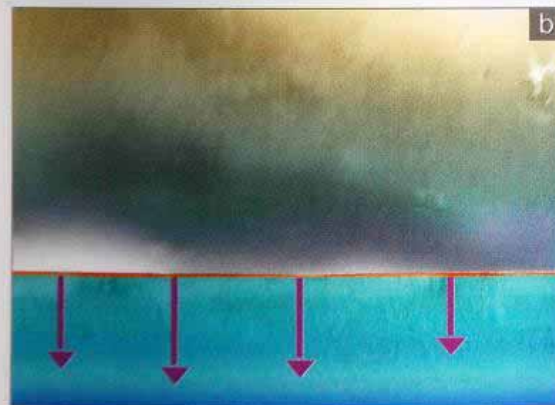
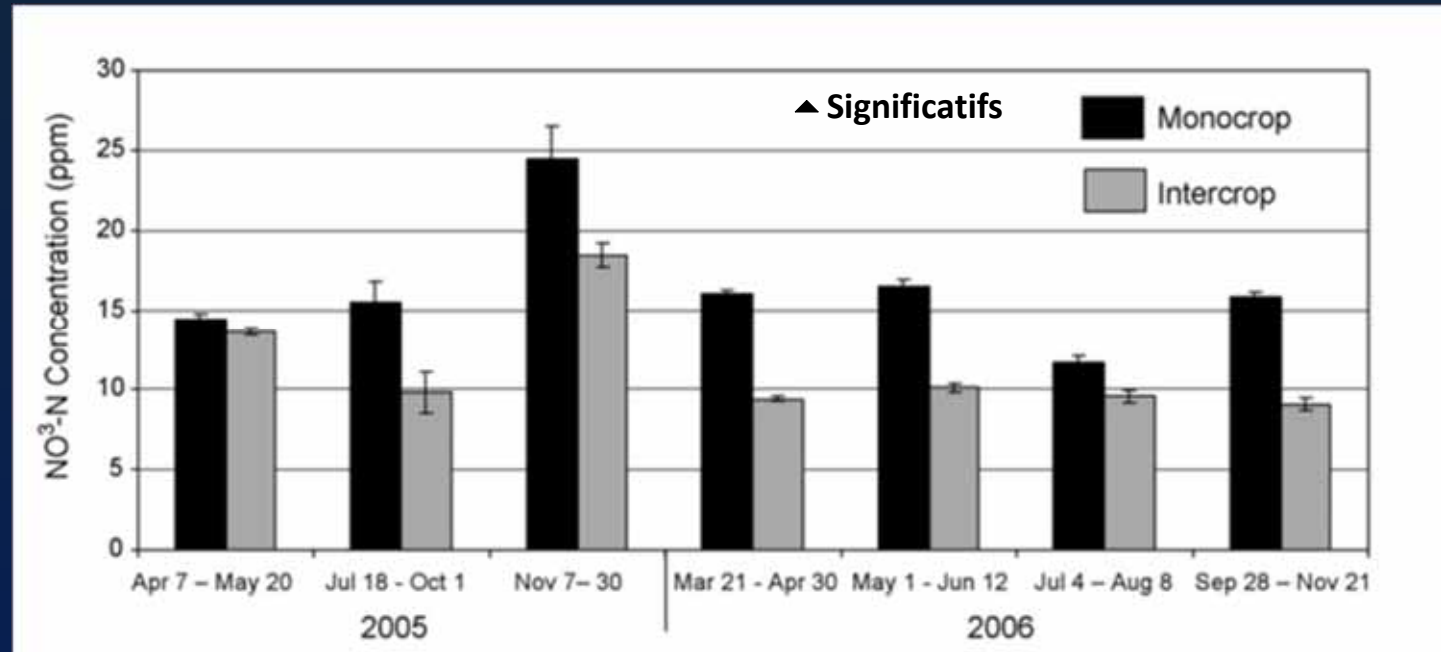


FIGURE 39 : Fonctionnement du filet racinaire qui capture les nitrates qui drainent sous les racines des cultures dans un système agroforestier ;



Différence de concentrations de nitrates dans les eaux de drains de parcelles en monocultures et SCI, Dougherty *et al.*, 2009

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

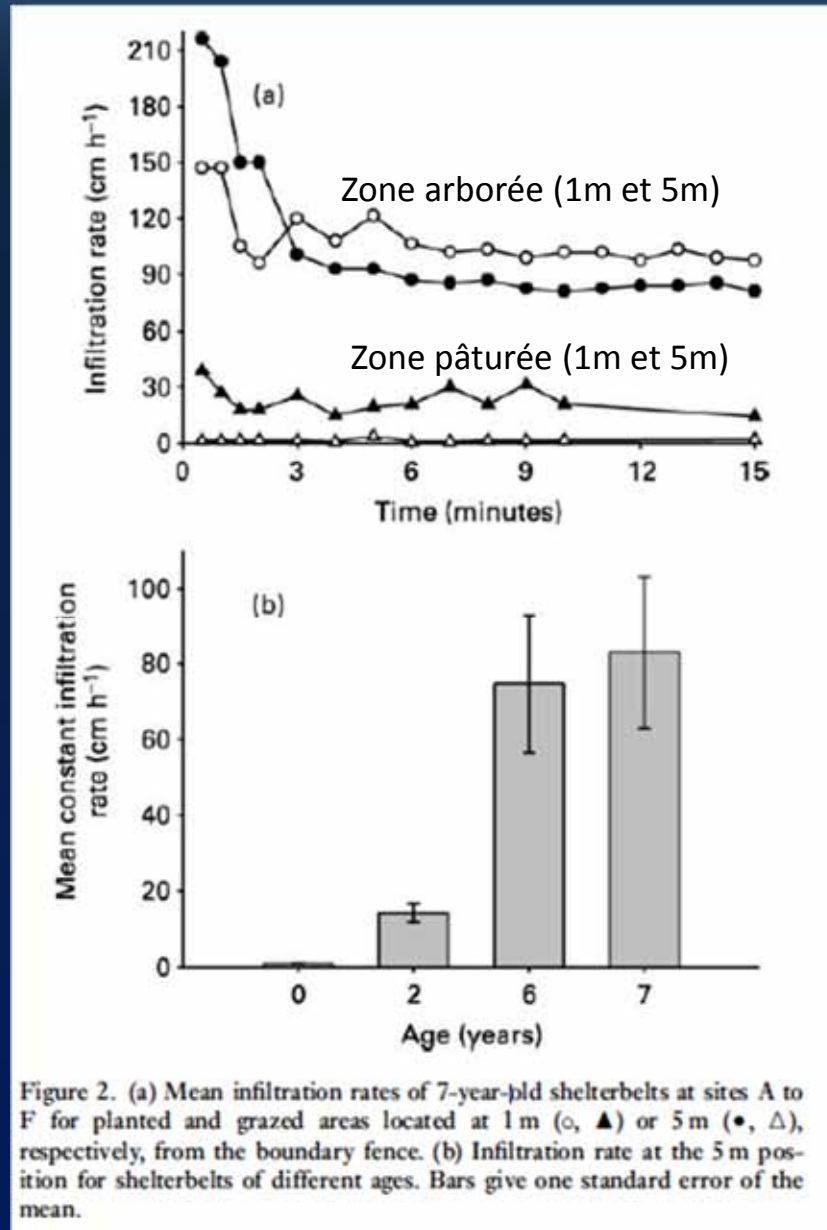
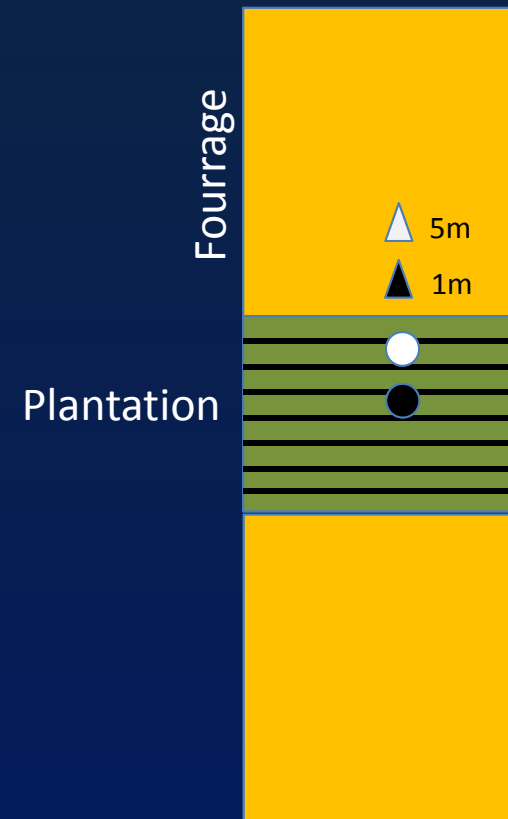


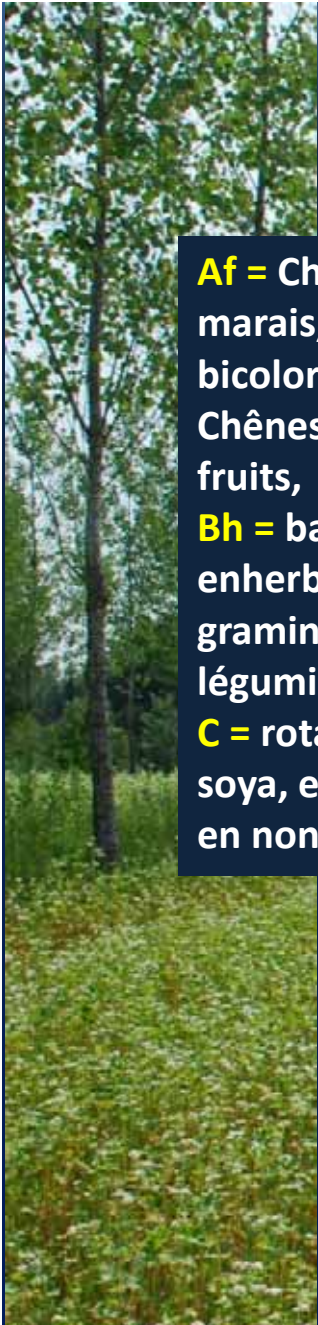
Figure 2. (a) Mean infiltration rates of 7-year-old shelterbelts at sites A to F for planted and grazed areas located at 1 m (○, ▲) or 5 m (●, △), respectively, from the boundary fence. (b) Infiltration rate at the 5 m position for shelterbelts of different ages. Bars give one standard error of the mean.

## Infiltration de l'eau dans le sol en pâture et en zone arborée

Carroll *et al.*, 2004



Carroll, Z. L., Bird, S. B., Emmett, B. A., Reynolds, B., & Sinclair, F. L. (2004).



**Af** = Chênes des marais, Chênes bicolores et Chênes à gros fruits,  
**Bh** = bandes enherbées, graminées et légumineuses,  
**C** = rotation maïs-soya, et la parcelle en non-labour

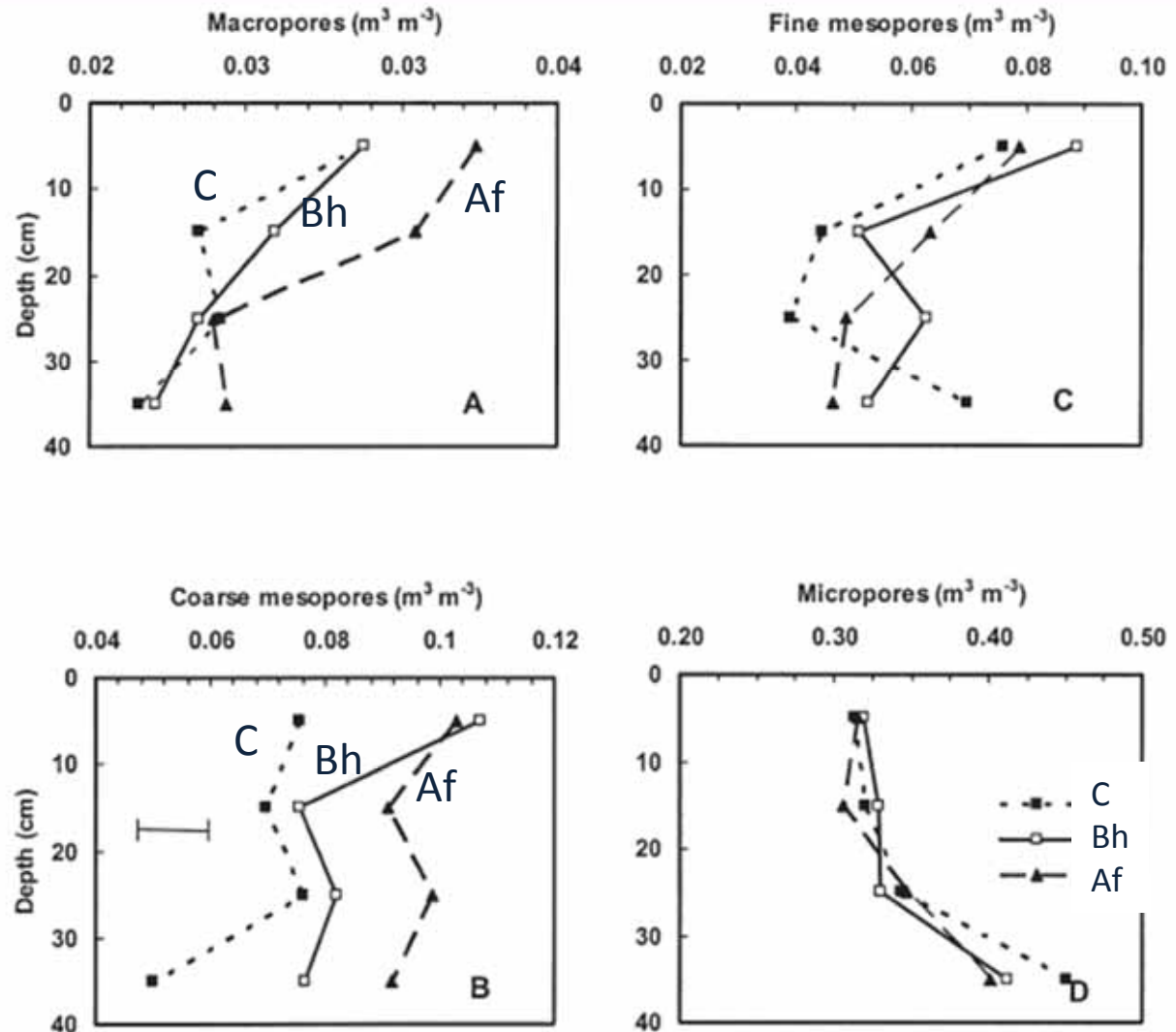


Fig. 3. Porosity values for selected pore-size classes for row crop (RC), grass buffer (GB), and agroforestry buffer (Ag) treatments as influenced by soil depth. Pore-size classes include (A) macropores (>1000- $\mu\text{m}$  diam.), (B) coarse mesopores (60- to 1000- $\mu\text{m}$  diam.), (C) fine mesopores (10- to 60- $\mu\text{m}$  diam.), and (D) micropores (<10- $\mu\text{m}$  diam.). Bars indicate LSD (0.05) values and are presented for pore-size classes with significant differences among treatments.

Différentes porosités du sol à plusieurs profondeurs, pour les zones de culture, bandes enherbées et bandes enherbées agroforestières, Seobi *et al.*, 2005



19,2 m entre les rangées, érables de 7 ans, allée de maïs de 14,2 m entre les rangs)

Rendements en maïs grain en SCI avec érables argentés, avec ou sans barrière racinaire, Miller et Pallardy 2001.

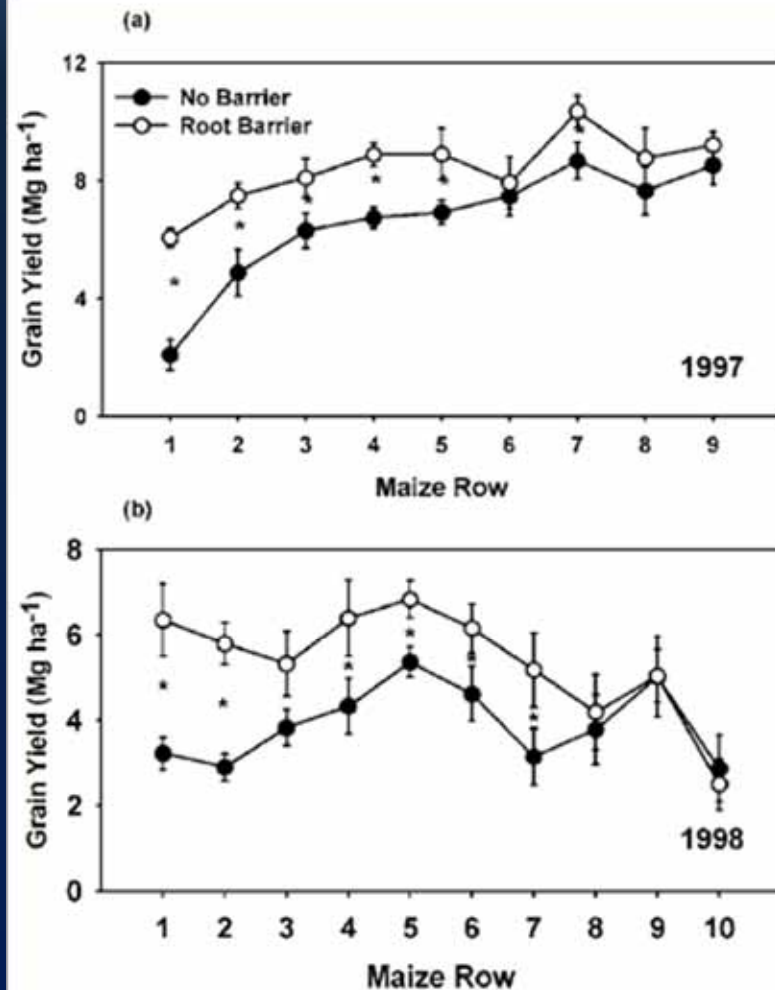
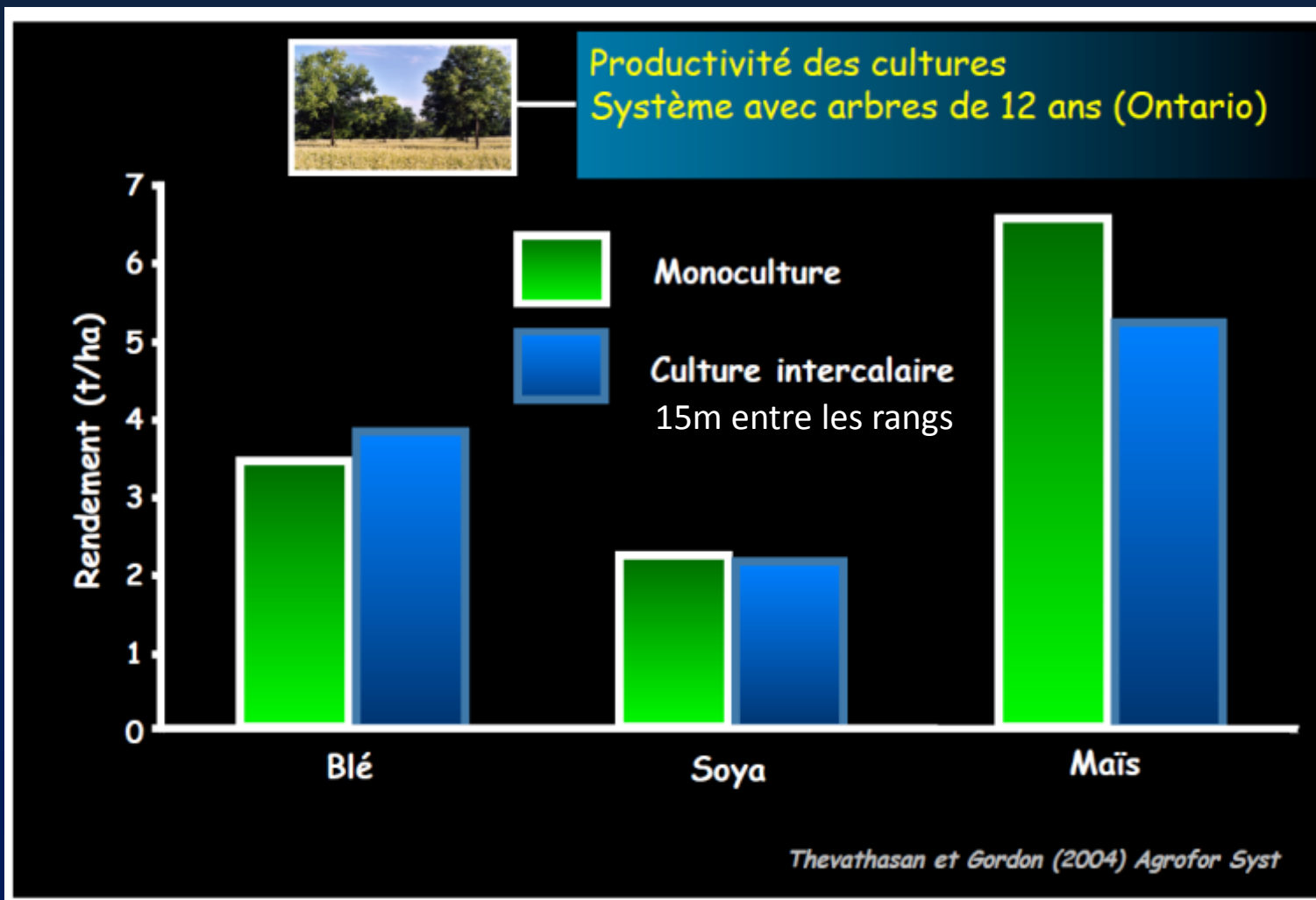
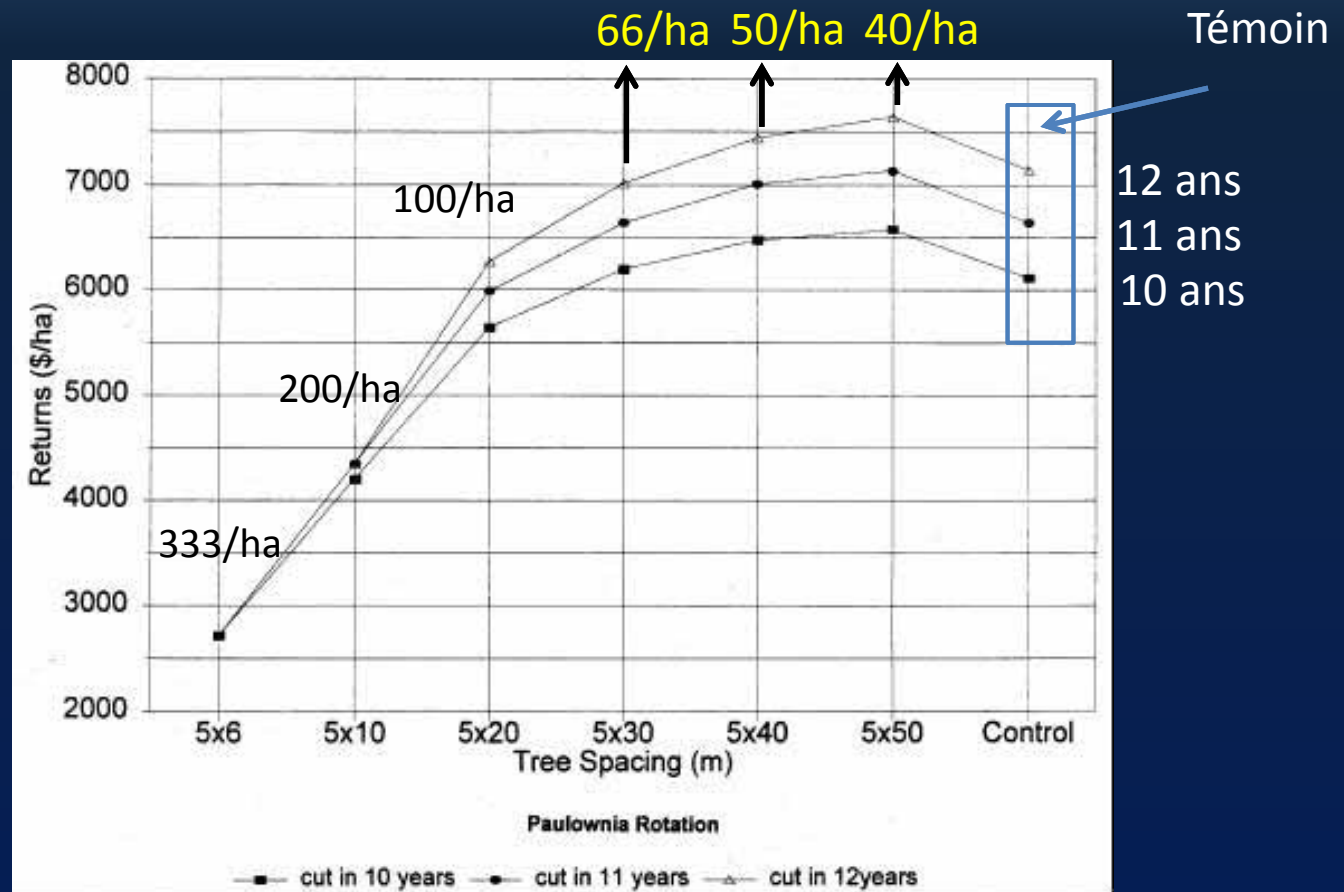


Figure 6. Grain yield of maize plants (mean  $\pm$  1 SE) from border row (Row 1) to alley center (Row 9 or 10) in the presence and absence of a root barrier at the crop-tree interface in a maize-silver maple alley cropping practice in north-central Missouri, USA for 1997 (a) and 1998 (b); asterisks indicate significant differences ( $P < 0.05$ ) between root barrier treatments.

# Productivité





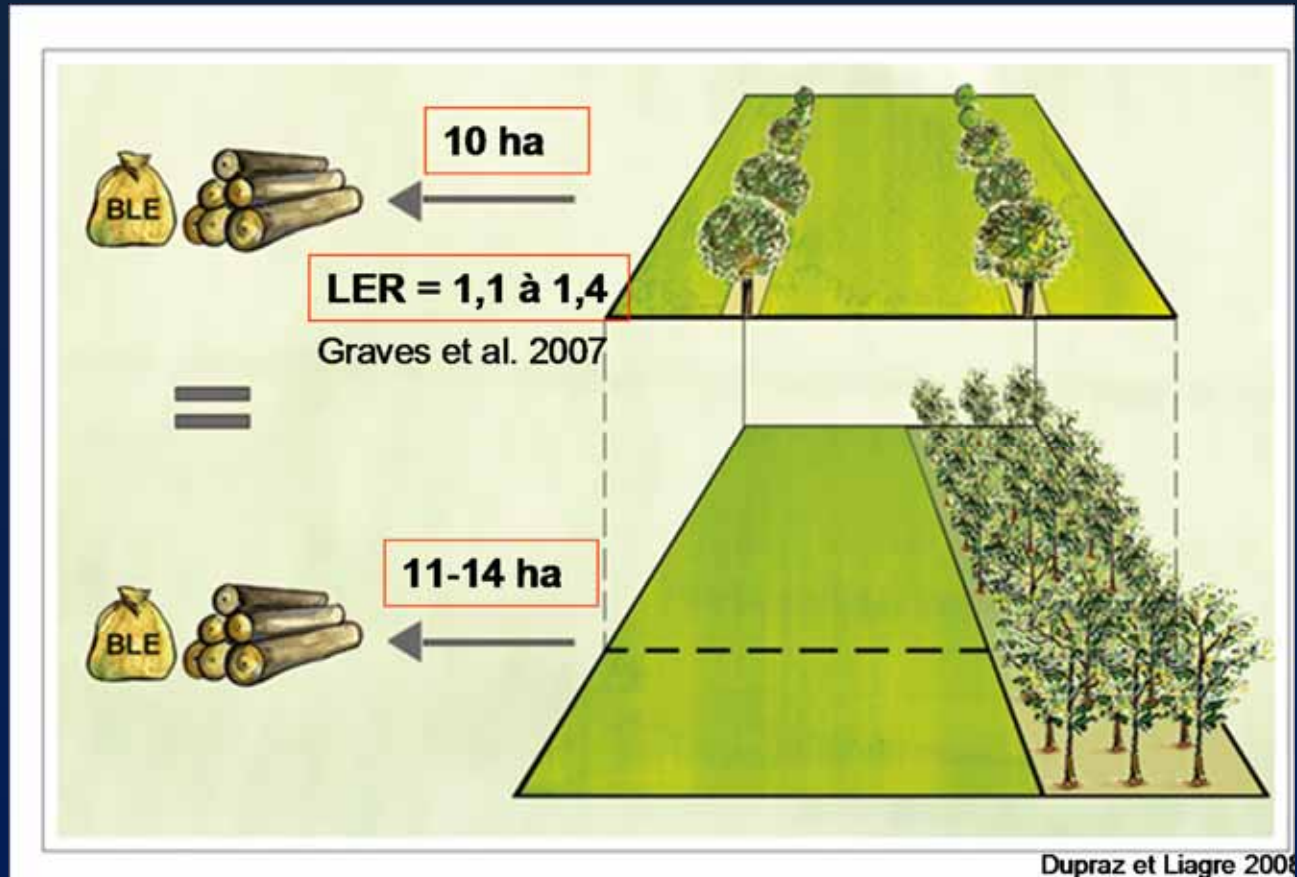
Revenus nets cumulés des cultures de blé et haricot en SCI avec du paulownia dans le nord de la Chine (Source : Yin et He, 1997)



# Productivité

SCI

Conventionnel

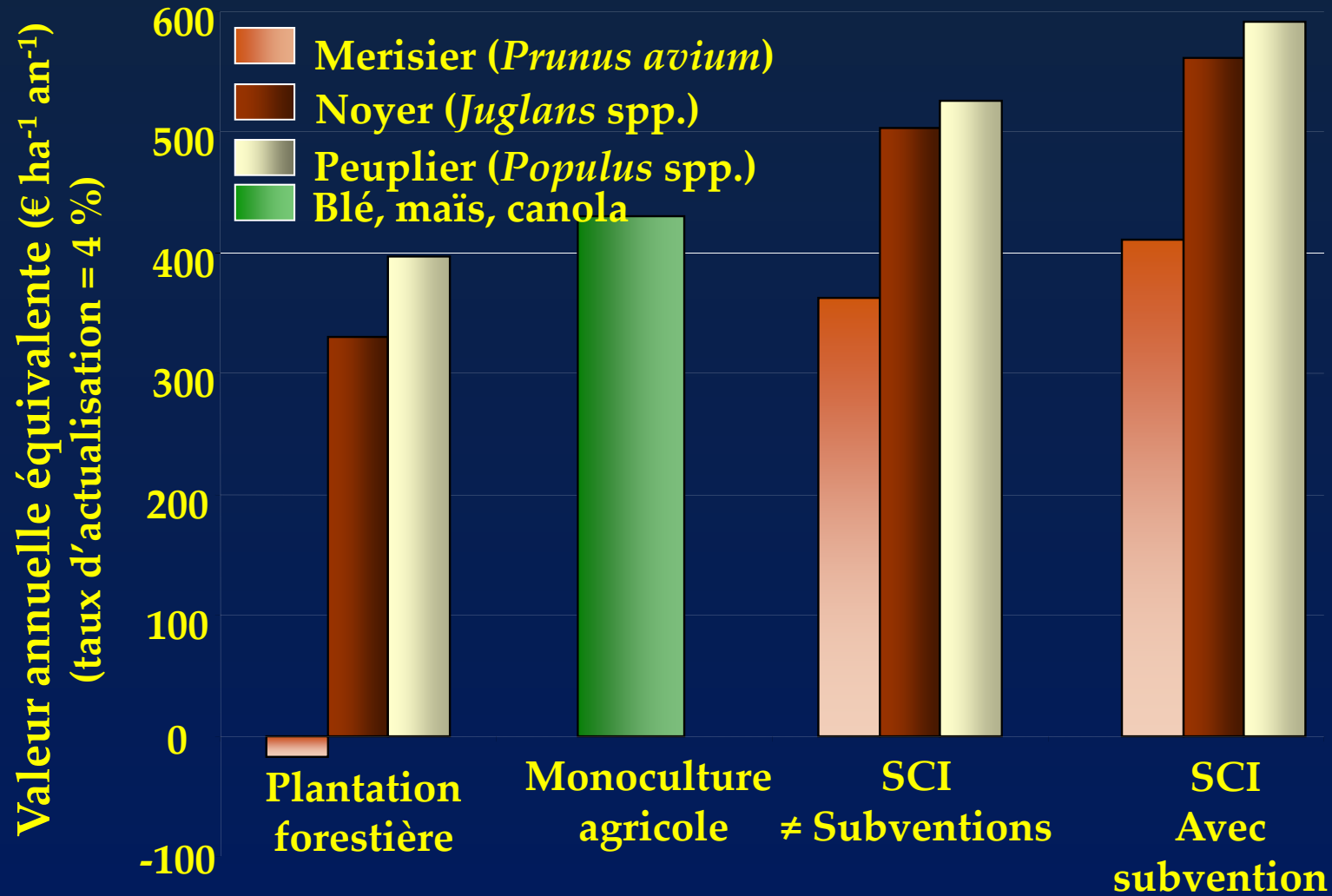


**LER = Land Equivalent Ratio**

**Superficie de sol nécessaire, en séparant arbres et cultures, pour obtenir la même production qu'un hectare de cultures associées**

# Rentabilité de SCI (113 arbres ha<sup>-1</sup>), comparativement à la plantation d'arbres et à la monoculture agricole en France (n = 20 sites)

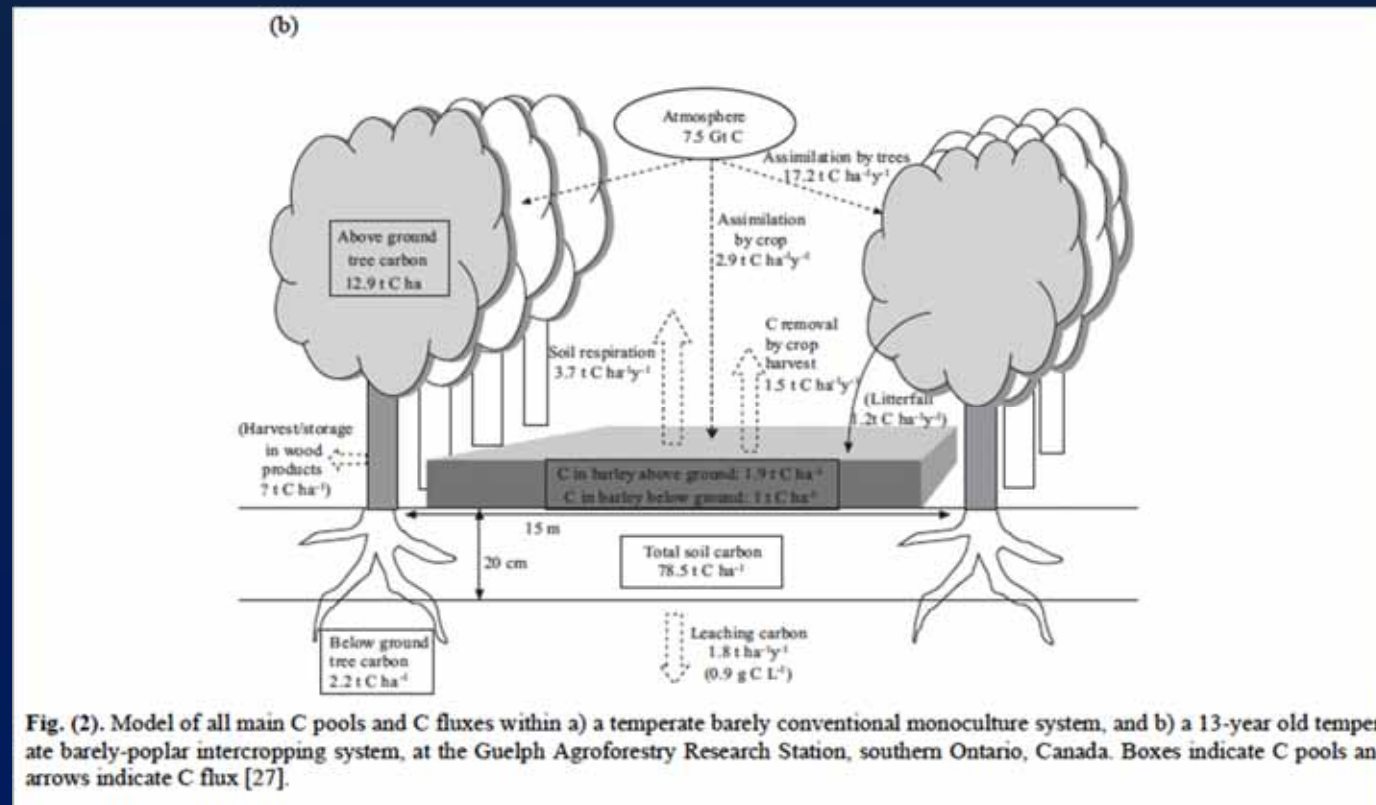
(Graves *et al.*, 2007)



Mitigation :  
Séquestrer le  
carbone le plus  
longtemps  
possible



SCI produit une litière riche en lignine  
qui se décompose lentement et stabilise le  $C_{org}$  Sol



SCI produit une litière riche en lignine  
qui se décompose lentement et stabilise le  $C_{org}$  Sol

### $C_{org}$ (SOC) et Azote<sub>total</sub> (N) des sols

Treatment	St. Paulin (4 years)		St. Edouard (4 years)		St. Remi (8 years)	
	SOC (Mg C ha <sup>-1</sup> )	SE <sup>a</sup>	SOC (Mg C ha <sup>-1</sup> )	SE	SOC (Mg C ha <sup>-1</sup> )	SE
SCI conventionnelle	66.9a	10.7	76.9a	2.0	77.1a	3.9
	66.3a	1.3	80.1a	6.0	43.5b	7.6
Treatment	Total N (Mg N ha <sup>-1</sup> )	SE <sup>a</sup>	Total N (Mg N ha <sup>-1</sup> )	SE	Total N (Mg N ha <sup>-1</sup> )	SE
SCI conventionnelle	7.30a	0.89	6.02a	0.23	9.87a	0.40
	6.73a	1.05	6.83a	0.61	5.28b	0.93

Bambrick AD, Whalen JK, Bradley RL, Cogliastro A, Gordon AM, Olivier A, Thevathasan NV (2010) Spatial heterogeneity of soil organic carbon in tree-based intercropping systems in Quebec and Ontario, Canada *Agroforestry Systems* 79: 343-353.

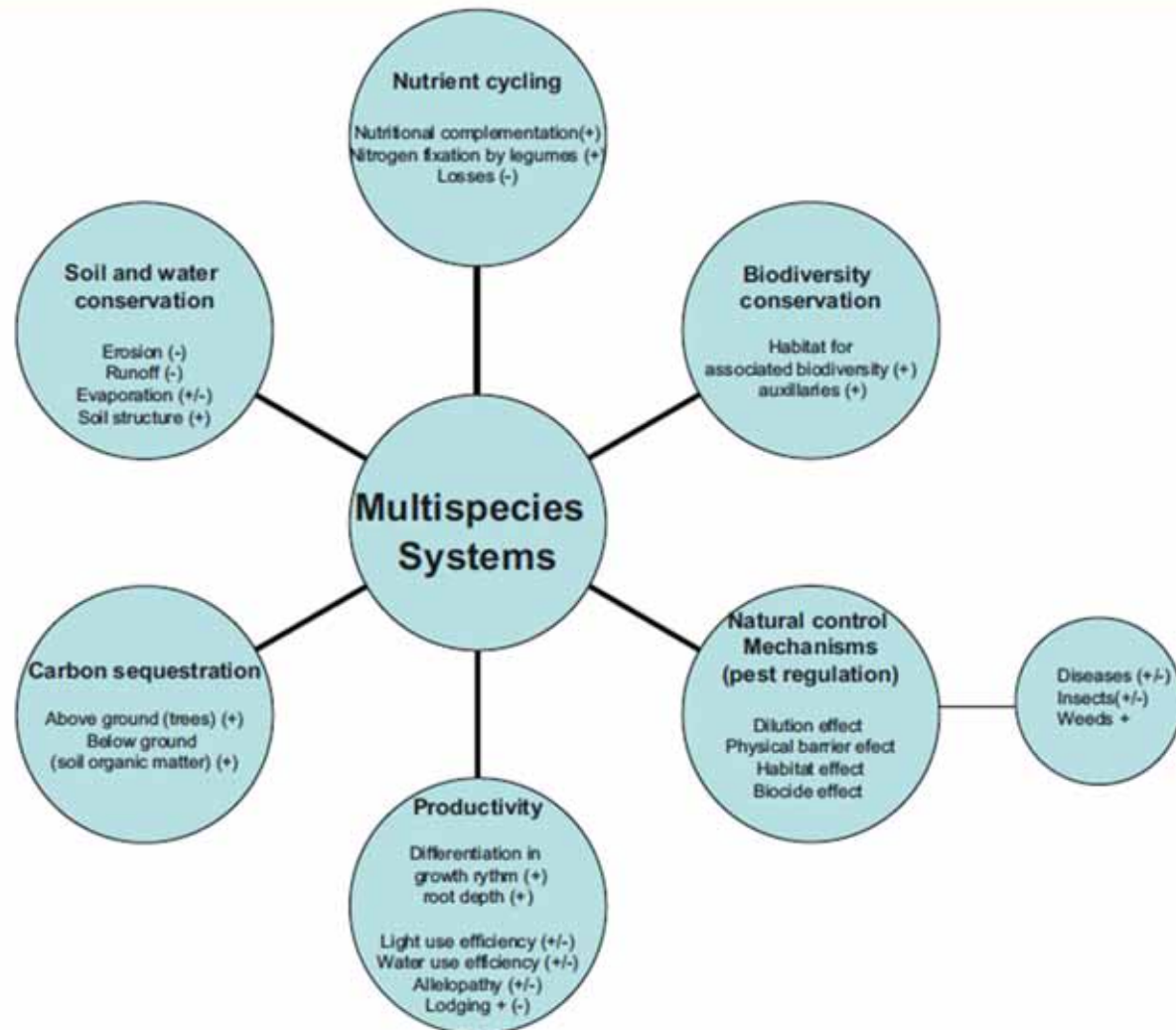


Figure 2. Processes and induced properties in multispecies systems.

Propriétés principales des cultures associées, Malézieux *et al.*, 2009





# Environnement

## Spécialisation spatiale de l'agriculture

**Perte de la qualité des paysages, de l'air, de l'eau, des sols et de la diversité biologique**

(Commission sur l'avenir de l'agriculture et de l'agroalimentaire québécois 2008)





## Production

Besoins croissants en bois

Volonté de conserver les forêts naturelles

Fixer et conserver le Carbone

Potentiel des SCI



Comonwealth Plywood



D. Rivest



Dupraz et Liagre



**Toutes les indications basées sur des évidences scientifiques disponibles suggèrent que**

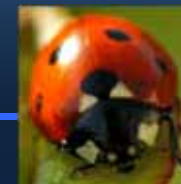
**l'agroforesterie a un plus grand potentiel que la monoculture dans la réalisation de la mitigation des CC, et que l'intégration des pratiques agroforestières serait une bonne stratégie d'adaptation au CC**

**Nair, P.K.R. 2012**



Merci !

Merci Coline !



OURANOS



CRÉ Vallée-du-Haut-St-Laurent  
& Montérégie Est



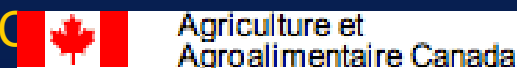
PMVRMF Volet II – MRN



Agence forestière de la Montérégie



Agriculture et Agroalimentaire Canada





Auteur	Année	Titre	Résultats/ Conclusions	Lieu/conditions exp.
Thevathasan et Gordon	1995	Moisture and fertility interactions in a potted poplar-barley intercropping	Pas de pertes de rendement pour l'orge (peupliers/orge)	Exp. en pots et sous serre, peupliers de 2 mois
Rivest et al	2009	Production of soybean associated with different hybrid poplar clones in a tree-based intercropping system in southwestern Québec, Canada	Diminution à proximité de la rangée	Soya et PH, Québec
Gillespie et al	2000	Defining competition vectors in a temperate alley cropping system in the midwestern USA - 1. Production physiology	Rendement maïs grain diminué, mais biomasse totale du maïs constante. Avec barrière ou taille racinaire des arbres, rendement de maïs est restauré.	SCI avec noyer noir ou chêne rouge de 11 à 12 ans, 8,5m entre les rangées d'arbres et 2,4m sur le rang
Thevathasan et Gordon	2004	Ecology of tree intercropping systems in the North temperate region: Experiences from southern Ontario, Canada	Pertes variables selon les cultures : diminution pour le maïs, mais pas de pertes pour le blé et le soya (distinction C3/C4)	Guelph, Ontario - 15m entre les rangées d'arbres
Miller et Pallardy	2000	Resource competition across the crop-tree interface in a maize-silver maple temperate alley cropping stand in Missouri	Pertes de rendement du maïs à proximité des érables argentés	Missouri, USA - 19,2 m entre les rangées, érables de 7 ans, bande sans cultures de 5m sur le rang d'érables
McGraw et al	2005	Yield and maturation of alfalfa in a Black Walnut alley-cropping practice	Luzerne : pertes de rendement entre des rangées de noyers noirs espacées de 12,2m, pas de pertes pour le milieu de l'allée quand espacement de 24,4m	Missouri, USA -Noyers noirs de 20 ans, rangées espacées de 12,2m ou 24,4m
Reynolds et al	2007	Effects of tree competition on corn and soybean photosynthesis, growth, and yield in a temperate treebased agroforestry intercropping system in southern Ontario,	Pertes de rendement pour soya et maïs, plus importantes pour le maïs, variables d'une année à l'autre (distinction C3/C4).	Guelph, Ontario - 12,5 à 15 m entre les rangées d'arbres, PH et érables argentés
Rivest, Cogliastro et Olivier	2009	Tree-based intercropping systems increase growth and nutrient status of hybrid poplar : A case study from two Northeastern American experiments	Croissance des peupliers plus rapide qu'en plantation sans cultures intercalaires	Québec