



Julien Fortier

EFFETS DU PAILLIS DE PLASTIQUE SUR LA QUALITÉ DU SOL

APRÈS 10 ANS DANS UNE BANDE RIVERAINE AGROFORESTIÈRE

Parce qu'il est très efficace pour améliorer la croissance et la survie des plants reboisés, le paillis de plastique noir est couramment utilisé au Québec lorsqu'il s'agit de réaliser une plantation d'arbres en champ ou en bande riveraine. Toutefois, dans la majorité des cas, le paillis de plastique demeure dans l'environnement de plantation puisqu'il est coûteux et ardu de l'enlever. Quels sont donc les impacts à long terme d'une telle utilisation du paillis de plastique sur la qualité du sol et sur des espèces clés comme les vers de terre?

PAR JULIEN FORTIER, PH.D., AMY JONES, B.SC., BENOIT TRUAX, PH.D., DANIEL GAGNON, PH.D.

DES RÉPERCUSSIONS CONNUES EN AGRICULTURE

Depuis quelques années déjà, les études agronomiques montrent que l'utilisation du paillis de plastique peut mener à une certaine dégradation de la qualité des sols agricoles. Puisque le paillis noir réchauffe le sol, il accélère la décomposition de la matière organique à court terme. Ce processus libère alors une partie du carbone séquestré dans le sol et transforme également l'azote contenu dans la matière organique en nitrate, un nutriment qui accroît la croissance des végétaux. Il n'est donc pas surprenant que la plupart des végétaux plantés avec du paillis de plastique aient une croissance vigoureuse, car en plus de réchauffer l'air et le sol, de conserver l'humidité de celui-ci et de créer une barrière contre la végétation concurrente, le paillis a un effet fertilisant notable. Or, lorsqu'un sol perd une partie de sa matière organique, sa structure, sa faune, ses microorganismes, son potentiel de rétention de l'eau et sa capacité à fournir des nutriments à long terme aux végétaux se trouvent hypothéqués.

Dans la plupart des plantations d'arbres où le paillis de plastique est utilisé, celui-ci demeure sur le site pour plusieurs années, causant potentiellement des répercussions à plus long terme qu'en agriculture. Ces

répercussions méritent d'être quantifiées dans un contexte où le paillis de plastique gagne en popularité auprès des aménagistes forestiers et agroforestiers. Nous avons donc étudié, dans une bande riveraine de 10 ans, l'effet du paillis de plastique sur la croissance des arbres plantés et sur diverses caractéristiques biologiques et physicochimiques du sol.

QUELQUES DÉTAILS SUR LE PROJET DE RECHERCHE

Afin de mettre en lumière les répercussions à long terme du paillis de plastique, nous avons échantillonné un dispositif de recherche établi en 2010 à la Ferme Lamontagne près de Magog. La bande riveraine expérimentale a été aménagée sur chaque berge bordant une section de 1 km du ruisseau Boily. Cinq espèces d'arbres ont été plantées, avec et sans paillis de plastique : ① le peuplier hybride (*Populus × canadensis*), ② le frêne rouge (*Fraxinus pennsylvanica*), ③ le chêne rouge (*Quercus rubra*), ④ le chêne à gros fruits (*Quercus macrocarpa*) et ⑤ le pin blanc (*Pinus strobus*). Le peuplier hybride sélectionné est issu du croisement entre le peuplier deltoïde (*Populus deltoides*), une espèce indigène, et le peuplier noir (*Populus nigra*) d'Europe.

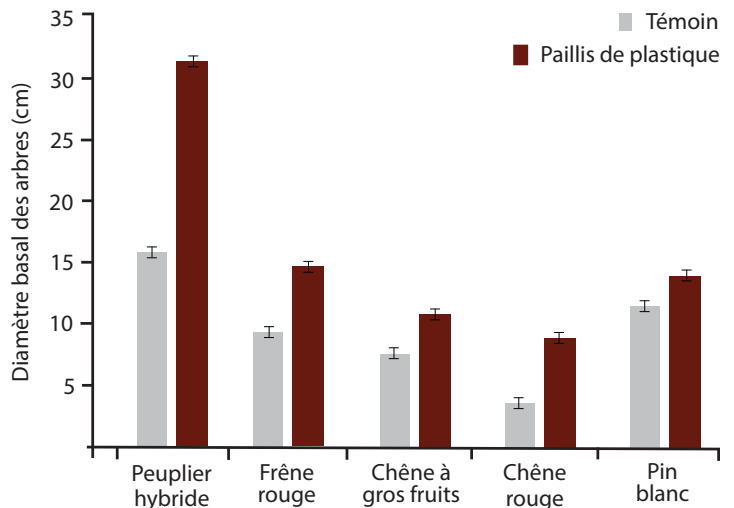
Chaque espèce a été plantée dans des parcelles comprenant huit arbres. Chaque parcelle a été subdivisée en deux sous-parcelles comprenant quatre arbres plantés avec du paillis (traitement paillis) et quatre arbres plantés directement parmi la végétation herbacée (traitement témoin). Dans chaque parcelle, la surface couverte par le paillis était plutôt grande, faisant 3 m x 3 m (9 m² de paillis pour quatre arbres). Pour chacune des espèces d'arbres, les sous-parcelles des traitements paillis et témoins ont été répliquées huit fois le long du cours d'eau pour un total de 320 arbres et de 80 sous-parcelles à l'étude. D'autres arbres ont également été plantés hors du dispositif expérimental afin de créer une bande riveraine boisée continue de 1 500 arbres. Aucune préparation de terrain n'a été réalisée avant la plantation, mais la pose du paillis de plastique s'est effectuée à la fin de l'été précédent l'année de la plantation, une stratégie qui a permis d'éliminer les plantes herbacées et d'ameublir le sol. Pour éviter que le bétail ne broute les arbres, la bande riveraine a enfin été clôturée.

Au cours de la 10^e saison de croissance (été 2019), plusieurs composantes du sol ont été échantillonnées. Dans chaque sous-parcelle, une tranchée de 25 cm x 25 cm de surface par 20 cm de profondeur a été excavée afin d'en extraire toutes les racines fines des arbres et de la végétation concurrente, ainsi que les vers de terre. Des échantillons de sol ont également été prélevés afin d'en déterminer les caractéristiques physicochimiques (pH, pourcentage de matière organique, teneur en carbone et en azote totale, saturation des bases, etc.). Des membranes échangeuses d'ions (PRS-probes™) ont été installées pour une période de 50 jours dans chaque sous-parcelle afin de mesurer les flux de nutriments disponibles dans le sol. À trois reprises au courant de l'été, la température et le contenu relatif en humidité du sol ont été mesurés à l'aide d'une sonde. Puis, vers la fin de l'été, le diamètre basal (à la base de l'arbre) et la survie ont été mesurés pour chaque arbre du dispositif expérimental.

LE PAILLIS DE PLASTIQUE AUGMENTE LA CROISSANCE DES ARBRES, MAIS DÉGRADE LE SOL

Comme observé dans la plupart des études, le paillis de plastique a été très efficace pour augmenter la croissance en diamètre des arbres plantés en bande riveraine. En moyenne, le paillis a permis d'augmenter la croissance en diamètre de 64 % par rapport au traitement témoin. Le pin blanc, une espèce peu exigeante sur le plan nutritionnel et très tolérante à la compétition herbacée, est l'espèce qui a répondu le moins au traitement paillis (Figure 1). C'est le chêne rouge qui a obtenu la plus faible croissance avec et sans paillis. Contrairement au pin blanc, le chêne rouge est intolérant à la compétition herbacée et sa croissance est ralentie lorsque le drainage du sol est imparfait, comme c'est le cas dans plusieurs secteurs du site étudié. Le peuplier hybride a eu la croissance la plus rapide dans les deux traitements, mais son diamètre basal a été le double dans le traitement paillis de plastique. Cette espèce très nitrophile (qui aime l'azote) a donc largement bénéficié de l'augmentation du flux de nitrate dans le sol mesuré dans le traitement paillis. Donc, sur le plan de la croissance, le paillis de plastique a permis d'accélérer la création d'un corridor forestier dans une zone riveraine agricole ouverte. Il s'agit d'un processus important pour restaurer des habitats aquatiques et riverains ombragés et pour optimiser le stockage du carbone atmosphérique dans la biomasse des arbres.

Figure 1 : Effet du traitement de répression de la végétation concurrente sur le diamètre basal des différentes espèces d'arbres de la bande riveraine après 10 ans



Les barres d'erreur correspondent à l'erreur type de la moyenne

Or, bien que le paillis de plastique augmente la croissance des arbres, son utilisation n'est pas sans conséquence pour la santé des sols (Tableau 1). En plus d'accélérer la décomposition de la matière organique à court terme, le paillis de plastique crée une barrière physique permanente qui réduit substantiellement les apports de matière organique en provenance des végétaux. D'une part, en empêchant la croissance de la végétation concurrente, le paillis de plastique prive le sol de la litière des plantes herbacées qui se déposerait normalement à la surface du sol à la fin de la saison de croissance. Les apports de matière organique issus des racines de plantes herbacées qui meurent et se renouvellent continuellement dans le sol sont également largement diminués. D'ailleurs, nous avons observé que la biomasse de racines fines de la végétation concurrente était diminuée de 85 % à cause du paillis de plastique. D'autre part, les feuilles et les branches d'arbres qui devraient également tomber sur le sol et l'enrichir se retrouvent plutôt à la surface du paillis de plastique (Figure 2). Ces effets combinés du paillis de plastique ont ainsi mené à un appauvrissement en matière organique (baisse de 19 %) qui s'est traduit par une perte de carbone et d'azote total du sol de 20 % et 26 %, respectivement.

Figure 2 : Effet du paillis sur la décomposition de la matière organique du sol



Le paillis de plastique accélère la décomposition de la matière organique du sol et réduit les nouveaux apports de matière organique issus des végétaux. Ici, la terre noire provenant de la décomposition des feuilles s'accumule dessus le paillis plutôt que sur le sol.

Tableau 1 : Effets du paillis de plastique par rapport au traitement témoin (sans paillis) sur différentes caractéristiques de la bande riveraine après 10 ans

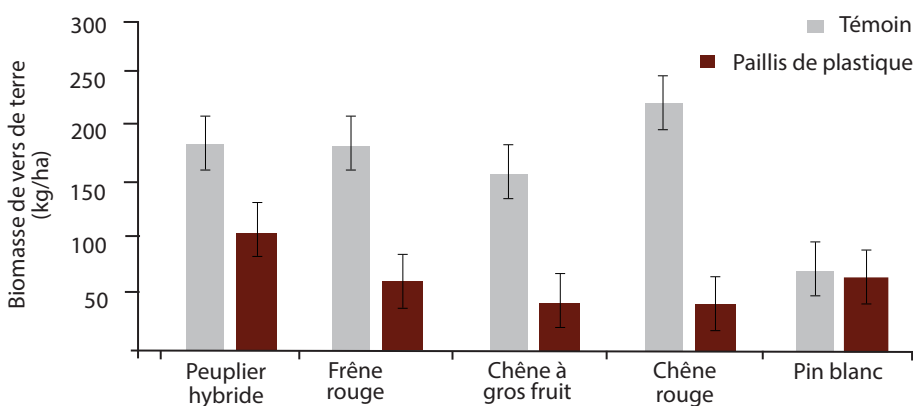
CARACTÉRISTIQUES DE LA BANDE RIVERAINE	VARIABLES	TÉMOIN	PAILLIS PLASTIQUE	VARIATION
Croissance des arbres	Diamètre basal (cm)	9,6	15,7	+ 64 %
Biomasse des racines fines (diamètre < 2 mm)	Arbres plantés (kg/ha)	1 592	1 525	NS
	Végétation concurrente (kg/ha)	3 072	451	- 85 %
	Total (kg/ha)	4 664	1 975	- 58 %
Vers de terre	Abondance (nombre/m ²)	336	178	- 47 %
	Biomasse totale (kg/ha)	167	65	- 61 %
Caractéristiques du sol	Matière organique (%)	4,3	3,5	- 19 %
	Carbone total (g/kg)	22,1	17,7	- 20 %
	Flux de nitrate (µg/10 cm ² /50 jours)	21,0	69,4	+ 231 %
	Flux de phosphore (µg/10 cm ² /50 jours)	11,3	7,7	- 32 %

NS indique une différence statistique non significative

Les racines fines d'arbres contribuent, elles aussi, à enrichir les sols agricoles en matière organique, en carbone et en azote. Or, bien que les arbres aient atteint une plus grande taille dans le traitement paillis, ces derniers n'avaient pas, en moyenne, une biomasse de racines fines supérieure comparativement au traitement témoin (Tableau 1). Les apports de matière organique issus des racines fines d'arbres n'ont donc pas pu compenser les autres pertes de matière organique (feuilles mortes, racines et partie aérienne des herbacées) causées par le paillis.

Puisque les vers de terre se nourrissent principalement de matière organique à divers stades de décomposition, ils sont un indicateur biologique idéal pour évaluer l'effet du paillis de plastique sur la faune du sol. Nous avons observé une diminution de 47 % de l'abondance des vers de terre et une diminution de 61 % de leur biomasse totale sous le paillis de plastique. Toutefois, ce résultat n'est pas généralisable à toutes les espèces d'arbres, puisque le pin blanc avait également une faible biomasse de vers de terre dans le traitement témoin (Figure 3). Ce résultat s'explique par le fait que la litière d'aiguilles mortes générée par le pin ne constitue pas une source de nourriture consommée par les vers de terre. La plus faible humidité du sol observée dans le traitement paillis, possiblement en raison d'une plus grande utilisation de l'eau du sol par les arbres de plus fort diamètre, pourrait également avoir eu un effet négatif sur les vers de terre.

Figure 3 : Effet de l'espèce d'arbre et du traitement de répression de la végétation concurrente sur la biomasse de vers de terre dans la bande riveraine après 10 ans



Les barres d'erreur correspondent à l'erreur type de la moyenne

Rappelons que les vers de terre ont un rôle important à jouer dans la restauration de la qualité des sols agricoles riverains et que leur activité est étroitement liée à plusieurs services écologiques fournis par les sols. En créant des tunnels dans le sol, les vers de terre améliorent la structure du sol et contribuent à augmenter l'infiltration de l'eau. Cela peut réduire l'érosion de surface et permettre à certains polluants agricoles de rejoindre la rhizosphère où ils seront stockés, dégradés et/ou transformés par l'imposante population de microorganismes et de mycorhizes qui vit autour des racines. De plus, l'activité des vers de terre permet de séquestrer et de stabiliser le carbone atmosphérique dans le sol et de dégrader certains polluants comme les pesticides. Pour ces raisons, lors de l'aménagement de bandes riveraines agricoles, il serait important d'utiliser des traitements de répression de végétation concurrente qui ont moins de répercussions négatives sur la matière organique du sol de manière à préserver les populations de vers de terre.

Un des résultats les plus surprenants de notre étude a été la forte teneur du sol en nitrate observée sous le paillis de plastique, et ce, peu importe l'espèce d'arbre plantée. Ainsi, le paillis de plastique continue d'avoir un effet fertilisant sur le sol même après 10 ans. Malgré l'ombrage créé par les arbres, des températures légèrement plus chaudes ont été observées dans le sol sous le paillis, ce qui a continué de stimuler la décomposition de la matière organique et la libération du nitrate dans le sol.

Il aurait été logique de penser que la plus forte biomasse des arbres poussant avec le paillis aurait permis de diminuer la teneur du sol en nitrate, mais ce ne fut pas le cas. Avec trois fois plus de nitrate accumulé dans le sol sous les paillis de plastiques, il est clair que ce traitement de répression de la végétation concurrente n'est pas idéal dans une bande riveraine qui serait aménagée pour réduire la charge en nitrate générée par les activités agricoles adjacentes. Comme le nitrate est très mobile dans les sols, il peut facilement être entraîné vers les cours d'eau lors de fortes pluies. Il dégrade alors la qualité de l'eau et il favorise l'eutrophisation en stimulant la croissance des plantes aquatiques. Toutefois, pour d'autres nutriments comme le phosphore et le potassium, une baisse de leur disponibilité dans le sol a été observée sous le paillis, possiblement en raison d'une plus forte assimilation par les arbres. Cet effet observé sur le phosphore dans le traitement paillis est souhaitable, car ce nutriment est également responsable de l'eutrophisation des cours d'eau en plus de contribuer à la prolifération des cyanobactéries (algues bleu-vert).



D. Gagnon

Sous les pins blancs (10 ans), une faible biomasse de vers de terre a été mesurée dans le traitement paillis (en avant-plan) et dans le témoin (en arrière-plan), car les aiguilles de pin ne sont pas consommées par les vers de terre.

RÉDUIRE LES RÉPERCUSSIONS DU PAILLIS SUR LE SOL

En raison des effets locaux du paillis de plastique sur le sol, nous devrions revoir certaines pratiques. D'abord, il serait important de retirer le paillis de plastique des sites de plantation, une fois que les arbres sont établis

adéquatement, généralement après trois à cinq ans. Cela permettra à la végétation herbacée de recoloniser le site et de restaurer une partie des stocks de carbone du sol. Un financement de la part des Agences de mise en valeur de la forêt privée et du MAPAQ doit être rendu accessible pour motiver les propriétaires et les aménagistes à réaliser cette tâche ingrate. Il est également possible de choisir un patron de plantation qui minimisera la surface de sol recouverte de paillis. De manière générale, les paillis individuels (environ 1 m²/arbre) sont moins efficaces et pratiques que les paillis en bande qui sont souvent installés à l'aide d'une dérouleuse à paillis. Néanmoins, dans le cas des bandes riveraines, on



D. Gagnon

Peuplier hybride de 10 ans dans le traitement paillis de plastique



**CHÊNE ROUGE, CHÊNE BLANC,
NOYER NOIR, CERISIER, FRÊNE BLANC,
BOULEAU JAUNE, ÉRABLE, PLAINE**



Ventes :
819 362-3233
Dir. des ventes : YVON MILLETTE
Courriel : info@vexco.com

Achat de billots :
418 428-3704 poste 221
Dir. approv. : JOCELYN CHAMPAGNE
WWW.VEXCO.COM

pourrait utiliser un large espacement (ex. 5 m) entre les arbres sur les rangées parallèles au cours d'eau, puis poser les bandes de paillis de manière perpendiculaire au cours d'eau.

On doit également se poser la question suivante : le paillis de plastique est-il vraiment une alternative plus durable que l'utilisation d'un phytocide qui serait appliqué, à une ou deux reprises, localement à la base de chaque arbre planté? Nous sommes conscients des conséquences environnementales négatives des phytocides lorsque ceux-ci sont utilisés annuellement et de manière intensive en agriculture. Toutefois, rappelons que le paillis de plastique, outre ses répercussions sur le sol, génère des microplastiques dans l'environnement et devient un déchet difficilement valorisable une fois retiré des sites reboisés. Par ailleurs, lorsque le paillis de plastique demeure dans l'environnement de plantation, il modifie les propriétés hydrologiques du sol en plus de réduire la surface des habitats où les plantes herbacées, arbustes et arbres pourraient s'établir naturellement. À l'inverse, lorsque l'on cesse d'appliquer un phytocide, la végétation recolonise rapidement les sites qui ont été pulvérisés. Des alternatives aux paillis de plastique et aux phytocides doivent également être développées et/ou testées. Par exemple, des paillis de plastiques biodégradables qui se décomposeraient lentement pourraient être un atout. L'efficacité des paillis de fibre de coco ou de chanvre doit aussi être validée dans différents contextes de bandes riveraines et de boisement en champ.

Dans les bandes riveraines dont le sol fournit aux arbres un bon approvisionnement en eau durant la saison de croissance et où la végétation concurrente est moins agressive, on pourrait possiblement sélectionner certaines espèces qui croissent de manière acceptable sans aucun paillis (ex. pin blanc, peuplier hybride et chêne à gros fruits). Toutefois, par prudence, nous encourageons l'utilisation d'un traitement de répression végétation concurrente afin d'accélérer la création de corridors forestiers en milieu agricole.

Contrairement au site étudié, la plupart des sites riverains agricoles sont plutôt inhospitaliers pour les arbres plantés. Par exemple, les zones riveraines situées en bordure des cultures intensives ont souvent une strate herbacée haute, dense et donc extrêmement compétitive pour les nutriments du sol, l'eau et la lumière. Ces zones riveraines ont aussi fréquemment un sol très aride en raison du drainage agricole et de la profonde incision du lit des cours d'eau, ainsi que d'une forte exposition au vent et à la dérive des pesticides (Figure 4). Dans de telles conditions, il est très difficile d'implanter des arbres avec succès sans le recours au paillis de plastique ou à un phytocide.

En terminant, soulignons qu'il existe sur le territoire agricole Québécois des milliers de kilomètres de zones riveraines à reboiser en bordure des cours d'eau et des fossés de drainage. En plus de contribuer au stockage du carbone atmosphérique, le boisement de ces zones permettra de réduire les répercussions négatives des événements climatiques extrêmes (pluies torrentielles, canicules, sécheresse, microrafales) en créant des brise-vents pour les cultures, en stabilisant le sol des berges et en créant de l'ombre sur les cours d'eau. Il faut donc absolument poursuivre les recherches dans le domaine de l'agroforesterie riveraine afin de trouver les meilleures combinaisons d'espèces d'arbres et de traitements sylvicoles pour différents types de sites, et ce, à un coût d'aménagement abordable.

Figure 4 : Zone riveraine où il sera difficile d'implanter une bande riveraine d'arbres sans paillis de plastique ou sans phytocide



REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Agriculture et Agroalimentaire Canada pour le financement obtenu dans le cadre du Programme de lutte contre les gaz à effet de serre en agriculture, le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec (MFFP) pour les fonds obtenus dans le cadre du Chantier sur la forêt feuillue, et Arbres Canada. Merci aux planteurs et aides de terrain (Taylor Kell, Yves Lauzière, France Lambert, Olivier Dubuc, Lionel Godbout, François Gendron, Audrey Laflamme, Joannie Lemelin, Louis Meulien, Marc-Antoine Pétrin et Annie Richard) ainsi qu'à M. Jacques Lamontagne pour nous avoir permis d'établir la bande riveraine sur une partie de sa ferme et pour nous accueillir lors des visites de terrain. Nous remercions l'équipe de la pépinière de Berthierville (MFFP) pour nous avoir fourni des plants d'excellente qualité ainsi que Régis Pouliot et Ostojic Srdjan (ISFORT, UQO) pour les analyses de carbone et d'azote du sol. Enfin, Amy Jones remercie la FRFCE et la Faculté des Études supérieures de l'Université de Regina pour les bourses obtenues.

EN SAVOIR PLUS

Julien Fortier, Ph.D., chercheur, Fiducie de recherche sur la forêt des Cantons-de-l'Est : fortier.ju@gmail.com

Benoit Truax, Ph. D., chercheur, directeur général et fiduciaire, Fiducie de recherche sur la forêt des Cantons-de-l'Est : btruax@frfce.qc.ca
Tél. 819-821-8377.

Daniel Gagnon, Ph. D., professeur chercheur, Département de Biologie, Université de Regina, fiduciaire de la FRFCE : daniel.gagnon@uregina.ca