

RÔLES DES ARBRES EN MILIEU AGRICOLE

FICHES SYNTHÈSES

Par :



Emmanuelle Boulfroy, M.Sc.

Mathieu Varin, M.Sc.

Isabelle Duclos, biol., M.Sc.

Donald Blouin, ing.f., M.Sc.

Guy Lessard, ing.f., M.Sc.

Et

Institut de technologie agroalimentaire (ITA)

André Vézina, ing.f., M.Sc.

Table des matières

Fiche 1 : Plantation en bordure des cours d'eau

Fiche 2 : Plantation pour la protection des cultures en bordure des champs

Fiche 3 : Haies brise-vent pour la protection des bâtiments

Fiche 4 : Haies brise-vent pour la protection des routes

Fiche 5 : Plantation ou enrichissement dans les friches agricoles

FICHE 1 : PLANTATION EN BORDURE DES COURS D'EAU

En milieu agricole, le règlement sur les exploitations agricoles (REA) impose aux producteurs agricoles de conserver une bande riveraine non cultivée ni fertilisée d'une largeur minimale de 3 mètres à partir de la ligne des hautes eaux, dont 1 mètre sur le replat du talus. Cette bande riveraine non cultivée peut être naturelle ou aménagée.

PRINCIPAUX OBJECTIFS POURSUIVIS

L'aménagement de végétaux dans des bandes riveraines permet de répondre à plusieurs objectifs :

- **Protéger la qualité de l'eau**, en filtrant les fertilisants et les pesticides, en retenant les sédiments et des éléments nutritifs contenus dans les eaux de ruissellement, et en prévenant le réchauffement de l'eau par la création d'ombrage.
- **Minimiser les pertes de sol** dues à l'érosion et au décrochement des berges vers le cours d'eau, par la stabilisation des berges.
- **Améliorer la biodiversité**, en :
 - **augmentant la diversité floristique**;
 - **réduisant l'invasion des rives par des plantes exotiques** grâce à la présence d'un couvert arboré;
 - **créant des habitats de qualité** (abri, alimentation) pour la petite faune terrestre, les oiseaux, les amphibiens, les reptiles, etc. Seulement au Québec, 271 espèces de vertébrés, 30 espèces de mammifères, la moitié des espèces d'oiseaux et 75 % des espèces d'amphibiens et de reptiles vivent dans des milieux riverains;
 - **établissant des corridors** qui relient des zones naturelles entre elles (habitats fauniques);
 - **améliorant l'habitat du poisson**.
- **Protéger les cultures adjacentes et augmenter leurs rendements** grâce à l'effet brise-vent que la bande riveraine peut créer (cet aspect est davantage détaillé dans la fiche 2).
- **Embellir le paysage**, par la plantation d'une diversité d'espèces végétales présentant des intérêts sur le plan esthétique (floraison, couleur du feuillage, structure).
- **Réduire les coûts d'entretien des cours d'eau** par la réduction de l'érosion des sols.
- **Constituer éventuellement une source supplémentaire de revenus agricoles** lors de la récolte des arbres, des arbustes (ex. : taillis en courtes rotations de saules) ou des fruits. Comme les autorisations d'abattage d'arbres et de récolte dans les bandes riveraines varient d'une municipalité et d'une MRC à l'autre, il est conseillé de se renseigner auprès des autorités concernées avant de prendre une décision et d'agir sur un milieu.

LOCALISATION, STRUCTURE ET COMPOSITION DE LA PLANTATION

Il existe de multiples combinaisons d'aménagement possibles, en termes de choix et d'agencement d'espèces végétales, établies principalement en fonction de l'espace disponible, des caractéristiques écologiques du site et des objectifs de protection (contrer la pollution diffuse, empêcher le décrochement du talus, favoriser une diversité d'habitats fauniques, etc.). Certains modèles priorisent les espèces herbacées, d'autres les espèces arbustives ou encore des combinaisons de plusieurs strates.

Pour atteindre son maximum d'efficacité, en particulier en présence de talus dont la hauteur ou la pente est importante, la bande riveraine doit idéalement comporter les trois strates de végétation (herbacée, arbustive et arborescente) (figure 38): les herbacées interceptent davantage les sédiments et les eaux de ruissellement alors que les espèces ligneuses arbustives et arborescentes peuvent assurer une stabilisation efficace du sol, une meilleure protection contre les inondations et la création d'habitats fauniques (voir annexe 4).

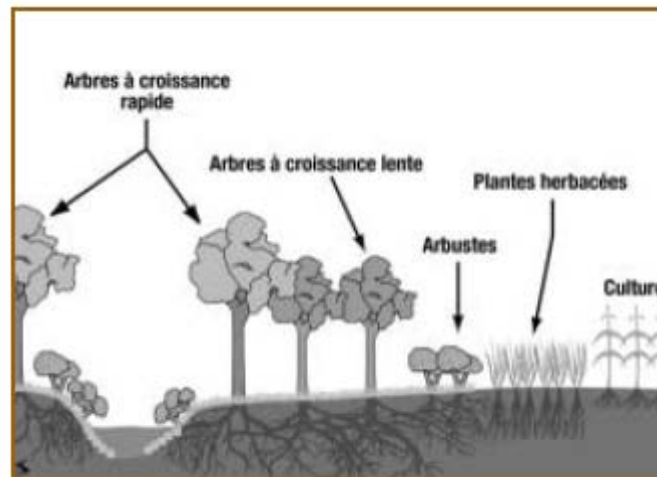


Figure 1. Patron optimal combinant les 3 strates de végétation
(Traduit de Schultz *et al.*, 2004)

Imiter la nature !

Le modèle à trois strates de végétation se rapproche le plus des strates de végétations naturelles retrouvées en bordure de cours d'eau et donne au système agricole une dimension se rapprochant d'un véritable écosystème.

Plusieurs patrons de plantation possibles sont proposés pour la partie de la bande riveraine située sur le haut du talus (voir ci-dessous). Il est recommandé au préalable de s'assurer de la stabilité du talus et de réaliser, le cas échéant, les correctifs nécessaires dans la pente du talus (adoucissement de la pente, enrochement, génie végétal).

Les modèles à une rangée présentent l'avantage de réduire les coûts d'implantation et d'entretien ainsi que les pertes d'espace cultivable.

Les modèles à plusieurs rangées assurent généralement une protection plus efficace. Une bande riveraine à plusieurs rangées avec plusieurs strates de végétation (arbustive et arborescente) comprend aussi généralement une plus grande variété d'essences, favorisant ainsi la biodiversité et l'esthétisme du paysage.

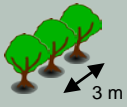
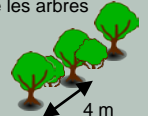

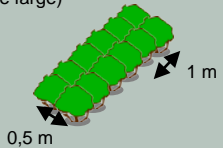
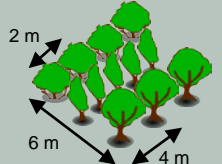
L'utilisation d'une rangée d'arbustes à côté du champ permet de limiter les interférences avec les opérations culturales. Une haie d'arbustes présente aussi l'avantage de générer moins d'ombre et limite donc les pertes de rendement en bordure de la haie. Dans le cas du saule et des arbustes fruitiers, ces modèles permettent également une diversification des produits.

Pour réduire la perte de rendement liée à l'ombrage aux abords de la haie et pour faciliter les travaux de nettoyage du ruisseau, il est recommandé de ne planter des arbres que sur une seule des deux rives, si possible au sud, pour que l'ombrage porte sur le cours d'eau. Les arbustes sont alors à prioriser sur le côté nord du cours d'eau, lorsque ce dernier est orienté est-ouest.

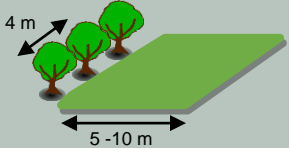
Sept modèles différents sont proposés à titre d'exemples et ne sont pas exhaustifs (tableau 16).

Les végétaux devraient être plantés sur un paillis de plastique longue durée (au moins 3 ans), ce qui assure une meilleure reprise des végétaux.

Tableau 1. Patrons possibles de plantation dans les bandes riveraines

MODÈLE	STRUCTURE ET ARRANGEMENT	EXEMPLES DE COMBINAISONS D'ESSENCES POSSIBLES ¹	COMMENTAIRES
1	<p>1 rangée d'arbres à feuilles caduques espacés aux 4 m ou aux 3 m (si on désire aussi un effet brise-vent)</p> 	<p>a) Chêne rouge - bouleau blanc - érable à sucre (ou rouge) - cerisier de Pennsylvanie b) Peuplier hybride - chêne rouge - peuplier hybride - chêne à gros fruits c) Chêne rouge - mélèze laricin - chêne à gros fruits - mélèze laricin</p>	<p>Le bouleau et le cerisier sont coupés après 20 ans. Ils vont produire des rejets de souches. On peut aussi les conduire en tronc unique si désiré.</p> <p>L'introduction d'espèces à croissance rapide permet d'obtenir une protection à court terme. Elles sont coupées après 15 à 20 ans lorsque les arbres à croissance plus lente sont suffisamment hauts pour assurer une bonne protection (ex : chênes, érables).</p> <p>Modèle où aucune intervention n'est prévue à court terme.</p>
2	<p>1 rangée d'arbres à feuilles caduques aux 4 m avec arbustes insérés à mi-distance entre les arbres</p> 	<p>a) Chêne rouge-aronia noire-érable rouge-viorne trilobée</p>	<p>L'ajout d'espèces arbustives génère de la variété au niveau structural et floristique. La récolte de petits fruits est aussi possible.</p>
3	<p>1 rangée d'arbustes aux 2 m</p> 	<p>a) Aronia noire-sureau blanc-rosier rugueux-viorne trilobée b) Caragancier de Sibérie-physocarpe obier-viorne trilobée-potentille jaune</p>	<p>L'introduction d'arbustes fruitiers peut présenter un intérêt.</p> <p>Il s'agit d'un modèle robuste qui présente un intérêt pour les pollinisateurs.</p>
4	<p>Une double rangée de saules hybrides espacés de 1 m sur le rang et de 0,5 m entre les rangs (plantés sur paillis de 1,5 m de large)</p> 		<p>Le rabattement des saules aux 3 ans permet la récolte de biomasse énergétique ou du bois raméal. Ce modèle permet un accès facile au cours d'eau pour le nettoyage. Il est peu coûteux pour l'implantation et l'entretien.</p>
5	<p>Deux rangées espacées aux 3 m</p>	<p>Combinaisons possibles des modèles 1, 2, 3 et 4</p>	
6	<p>Trois rangées espacées de 3 m</p> 	<p>a) Rang 1 : Feuillus nobles (chênes, érables) aux 4 m Rang 2 : Peupliers hybrides aux 3 m Rang 3 : Arbustes aux 2 m b) Rang 1 : Feuillus nobles (chênes, érables) aux 4 m Rang 2 : Arbustes fruitiers aux 2 m Rang 3 : Arbustes fruitiers aux 2 m c) Rang 1 : Feuillus nobles (chênes, érables) aux 4 m Rang 2 : Double rangée de saules Rang 3 : Double rangée de saules</p>	<p>Dans le cas d'un talus qui pourrait être sensible au décrochement à cause du poids des arbres, on installera la rangée d'arbustes en bordure du talus.</p> <p>La récolte de petits fruits est optimisée.</p> <p>Le rang de feuillus nobles est sur la portion du haut du talus qui ne peut être cultivée. Au-delà de la limite cultivable, la récolte de biomasse de saule est optimisée.</p>

¹ Le choix final des végétaux dépend des conditions de texture et de drainage du sol.

MODÈLE	STRUCTURE ET ARRANGEMENT	EXEMPLES DE COMBINAISONS D'ESSENCES POSSIBLES ¹	COMMENTAIRES
7	<p>Une rangée de feuillus nobles aux 4 m et une bande de culture permanente récoltable de 5 à 10 m de large</p>  <p>The diagram shows a 3D perspective of a green rectangular area. On the left side, there is a row of three stylized green trees. A double-headed arrow indicates the width of this row is 4 m. Below the main rectangle, a double-headed arrow indicates its length is 5-10 m.</p>	<p>a) Rang 1 : Chêne rouge-bouleau blanc-érable à sucre Bande cultivée : panique érigée</p>	<p>La bande cultivée est mitoyenne au champ. Elle améliore la rétention des sédiments et des éléments nutritifs contenus dans les eaux de ruissellement. Elle ne demande pas beaucoup d'entretien et peut ensuite être utilisée comme litière.</p>

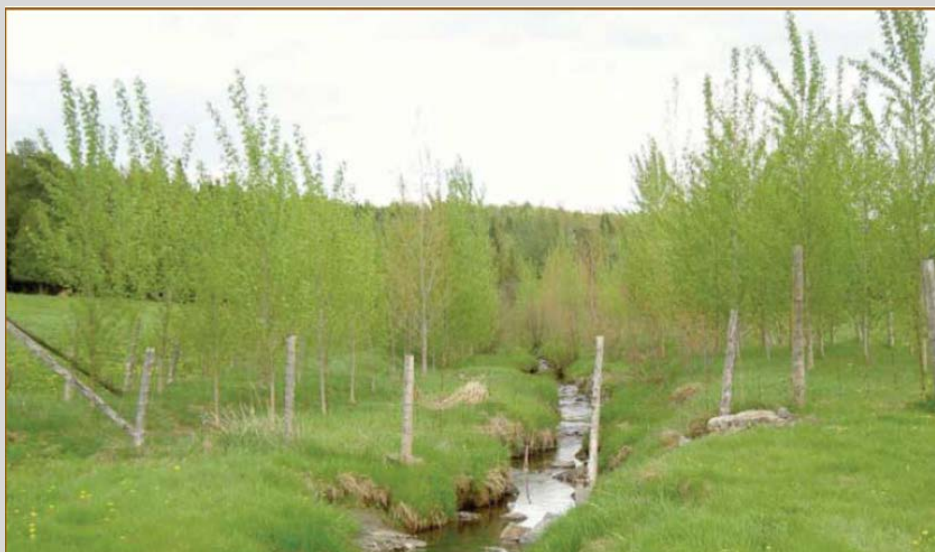
CRITÈRES POUR GUIDER LE CHOIX DES VÉGÉTAUX

Des critères généraux à considérer lors du choix des végétaux sont décrits dans la section 4.1. À ces derniers, s'ajoutent les éléments suivants, spécifiques au contexte des bandes riveraines :

- **Privilégier les espèces présentant un bon pouvoir d'enracinement et une masse aérienne relativement faible**, en particulier pour la rangée la plus proche du talus, afin de limiter les risques de décrochage. La plantation d'arbustes est par conséquent privilégiée pour les talus présentant des risques de décrochage.
- Si l'on souhaite **inclure des herbacées**, un mélange intéressant pour les hauts de talus est 45 % de fétuque rouge complété par une plante-abri qui favorise l'établissement de la fétuque (ensemencement de 60 kg/ha).
- **S'inspirer de ce qui pousse naturellement dans les environs**. Par exemple, la présence de cornouillers ou de saules le long des berges prouve que ces espèces sont parfaitement bien adaptées à ce milieu et qu'elles constitueraient donc un choix intéressant.

Les peupliers hybrides dans les bandes riveraines présentent des avantages très intéressants :

- Pompage efficace de l'eau du sol (jusqu'à 100 l/jour pour un arbre de 5 ans);
- Stabilisation en surface et en profondeur du sol, grâce à leurs racines qui peuvent atteindre plus de 3 m de profondeur après 4 ans;
- Présence d'une grande communauté microbienne dans son vaste système racinaire qui peut dégrader certains pesticides et dénitrifier l'azote;
- Production importante de litière, principale source alimentaire pour plusieurs organismes aquatiques.



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

PRINCIPALES SOURCES²

Agriculture et agroalimentaire Canada :

<http://www.agr.gc.ca/fra/science-et-innovation/pratiques-agricoles/agroforesterie/planification-et-etablissement-des-brise-vent/conception/bandes-riveraines/?id=1344888191892>

Laroche et Houle, 2005

Lebel et DeRoy, 2007

Martineau *et al.*, 2014

Tartera, 2014

Cette fiche est tirée du projet *Amélioration de la biodiversité dans le milieu agricole de la Côte-de-Beaupré*, qui a été financé par le MAPAQ – Programme PRIME-VERT-Approche collective (volet 3.1).

Référence complète du rapport de l'étude :

Boulfroy, E, M. Varin, I. Duclos, G. Lessard, D. Blouin et A. Vézina. 2015. Amélioration de la biodiversité dans le milieu agricole de la Côte-de-Beaupré - Année 1 (2014-2015) et Année 2 (2015-2016). Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO) et Institut de technologie agroalimentaire (ITA). Rapport 2016-07. 196 pages + 7 annexes.

² Voir références complètes à la fin.

FICHE 2 : PLANTATION POUR LA PROTECTION DES CULTURES, EN BORDURE DES CHAMPS

PRINCIPAUX OBJECTIFS POURSUIVIS

L'aménagement de végétaux en bordure de champ permet de répondre à plusieurs objectifs spécifiques :

- **Augmenter les rendements des cultures**, en :
 - réduisant les dommages mécaniques causés aux fleurs, aux feuilles et aux fruits;
 - augmentant la température de l'air pendant le jour;
 - favorisant l'étalement de la neige et la rétention de l'humidité au sol;
 - améliorant la pollinisation.

Le saviez-vous ?

Les meilleures augmentations de rendement sont observées dans les cultures fruitières et maraîchères, particulièrement celles qui bénéficient de la protection de la couverture neigeuse et de la présence accrue de pollinisateurs.

La présence d'une haie en bordure d'un champ est parfois vue comme une nuisance qui entraîne des pertes (réduction de la surface cultivée et perte de rendement de la culture à proximité de la haie, sur une distance pouvant atteindre 1 H, où H est la hauteur des arbres). Par contre, les effets sur le rendement sont généralement positifs sur une distance pouvant atteindre 20 H en aval de la haie.

- **Protéger les sols** en réduisant l'érosion éolienne et hydrique.
- **Réduire la dérive de pesticides.**
- **Constituer une source supplémentaire de revenus agricoles lors de la récolte de bois ou de fruits.** Les terres agricoles fertiles sont en effet favorables à la croissance des feuillus à bois noble et la faible densité de plantation leur permet de bénéficier de beaucoup de lumière. En intercalant des arbres à noix ou des arbustes fruitiers, on peut aussi réaliser de petites récoltes pour la vente en circuit court ou pour la consommation personnelle.
- **Améliorer la biodiversité** en :
 - **augmentant la diversité floristique;**
 - **créant des habitats de qualité** (abri, alimentation) pour la petite faune terrestre, les oiseaux, etc.;
 - **établissant des corridors** qui relient des zones naturelles (habitats fauniques).

- **Embellir le paysage et l'esthétique de l'exploitation agricole**, par la plantation d'une diversité d'espèces végétales présentant des intérêts sur le plan esthétique (floraison, couleur du feuillage, forme).
- **Augmenter la séquestration du carbone** par la plantation d'espèces ligneuses.

LOCALISATION, STRUCTURE ET COMPOSITION DE LA PLANTATION

Une seule rangée d'arbres est généralement suffisante pour protéger efficacement les cultures. Étant de faible largeur (une seule rangée), la haie entraîne moins de perte d'espace cultivable et exige moins d'entretien.

Pour protéger de petites surfaces, une rangée d'arbustes peut convenir, car elle crée moins d'ombrage sur les cultures qu'une rangée d'arbres.

Le choix des espèces et l'espacement entre les végétaux sont déterminés de manière à avoir :

- **Une porosité hivernale de 60 à 80 %**, pour favoriser une répartition uniforme de la neige dans le champ;
- **Une porosité estivale de 50 %**, qui assure une réduction suffisante de la vitesse du vent pour protéger les cultures, mais qui permet tout de même une circulation de l'air pour réduire les problèmes liés aux surplus d'humidité.

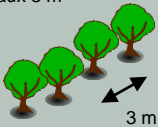
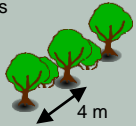
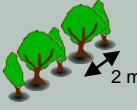
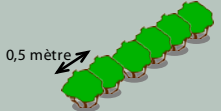
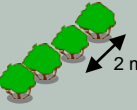
Un brise-vent dont la partie inférieure de la haie est dégagée favorise une distribution plus uniforme de la neige et sur une plus grande distance dans le champ.

Afin d'optimiser l'effet brise-vent, **les plantations devraient être orientées** perpendiculairement aux vents dominants venant de l'ouest, tout en tenant compte des limites de lots, car il est rare qu'une haie traverse en biais un champ. Les plantations devraient donc être orientées **nord-sud**.

Comme **la protection par un brise-vent s'exerce sur 10 à 20 fois sa hauteur**, il faut parfois planter plusieurs haies pour protéger la totalité d'un champ.

Cinq modèles différents sont proposés à titre d'exemples mais ne sont pas exhaustifs (tableau 17).

Tableau 1. Patrons possibles de plantation pour la protection des cultures, en bordure de champs

MODÈLE	STRUCTURE ET ARRANGEMENT	EXEMPLES DE COMBINAISONS D'ESSENCES POSSIBLES ¹	COMMENTAIRES
1	<p>1 rangée d'arbres à feuilles caduques espacés aux 3 m</p> 	<p>a) Chêne rouge-mélèze laricin-chêne à gros fruits-mélèze laricin</p>	<p>Apprécié par les producteurs de céréales et de foin car une telle haie ne gêne pas le séchage.</p>
2	<p>1 rangée d'arbres à feuilles caduques aux 4 m avec arbustes insérés à mi-distance entre les arbres</p> 	<p>a) Chêne rouge-aronia noire-érable rouge-viorne trilobée</p>	<p>L'ajout des espèces arbustives génère de la variété structurale et floristique. La récolte de petits fruits est aussi possible.</p>
3	<p>1 rangée avec alternance d'espèces à croissance rapide et d'espèces à feuilles caduques espacées aux 2 m</p> 	<p>a) Peuplier hybride-chêne rouge-peuplier hybride-chêne à gros fruits</p>	<p>L'introduction d'espèces à croissance rapide permet d'obtenir une protection à court terme. Elles sont coupées après 15 à 20 ans lorsque les arbres à croissance plus lente sont suffisamment hauts pour assurer une bonne protection. L'élagage des branches de peupliers qui nuisent au développement des arbres à croissance plus lente est crucial à la réussite de ce modèle.</p> <p>Dans certains cas, on peut remplacer une partie des feuillus à croissance lente par de l'épinette de Norvège (densité moins élevée que l'épinette blanche).</p>
4	<p>1 rangée de saules hybrides (tallis en courtes rotations (3 ans)</p> 		<p>Le rabattement des saules aux 3 ans permet la récolte de biomasse énergétique ou du bois raméal. Modèle qui peut résulter en une accumulation de neige importante près de la haie.</p>
5	<p>1 rangée d'arbustes aux 2 m</p> 	<p>a) Argousier-caragancier-viorne trilobée b) Saule hybride-physocarpe obier</p>	<p>Les espèces choisies devront ne pas avoir une densité trop élevée si on veut une répartition uniforme de la neige dans le champ protégé.</p> <p>Ce modèle a été implanté avec succès dans des fraisières. Les saules doivent cependant être rabattus aux 5 ans.</p>

¹ Le choix final des végétaux dépend des conditions de texture et de drainage du sol.

CRITÈRES POUR GUIDER LE CHOIX DES VÉGÉTAUX

Des critères généraux à considérer lors du choix des végétaux sont décrits dans la section 4.1. À ces derniers, s'ajoutent les éléments suivants, spécifiques au contexte de la protection des cultures en champ :

- **Considérer quelle culture agricole est à protéger.** En effet, plus la culture est haute, plus le brise-vent doit être haut pour assurer une protection efficace.

PRINCIPALES SOURCES²

Agriculture et agroalimentaire Canada, 2009

Agriculture et agroalimentaire Canada :

<http://www.agr.gc.ca/fra/science-et-innovation/pratiques-agricoles/agroforesterie/planification-et-etablissement-des-brise-vent/conception/brise-vent-de-champ/?id=1344878160778>

Lebel et DeRoy, 2007

Tartera, 2014

Shaw, 1988

Vézina, 1994

Cette fiche est tirée du projet *Amélioration de la biodiversité dans le milieu agricole de la Côte-de-Beaupré*, qui a été financé par le MAPAQ – Programme PRIME-VERT-Approche collective (volet 3.1).

Référence complète du rapport de l'étude :

Boulfroy, E, M. Varin, I. Duclos, G. Lessard, D. Blouin et A. Vézina. 2015. Amélioration de la biodiversité dans le milieu agricole de la Côte-de-Beaupré - Année 1 (2014-2015) et Année 2 (2015-2016). Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO) et Institut de technologie agroalimentaire (ITA). Rapport 2016-07. 196 pages + 7 annexes.

² Voir références complètes à la fin.

FICHE 3 : HAIES BRISE-VENT POUR LA PROTECTION DES BÂTIMENTS

PRINCIPAUX OBJECTIFS POURSUIVIS

L'aménagement de végétaux autour des bâtiments permet de répondre aux objectifs suivants :

- **Réduire les coûts de chauffage et de climatisation.**
- **Réduire les bris** occasionnés par les vents violents et les accumulations de neige.
- **Réduire le volume de poussières** en suspension autour de l'exploitation agricole et à proximité des routes.
- **Réduire les odeurs et les bruits** émanant des bâtiments d'élevage.
- **Réduire la dérive d'herbicides provenant des champs agricoles.**
- **Améliorer la biodiversité** en :
 - **augmentant la diversité floristique;**
 - **créant des habitats fauniques.**
- **Embellir le paysage et l'esthétique de l'exploitation agricole**, par la plantation d'une diversité d'espèces végétales présentant des intérêts sur le plan esthétique (floraison, couleur du feuillage, forme).
- **Augmenter la séquestration du carbone** par la plantation d'espèces ligneuses.

LOCALISATION, STRUCTURE ET COMPOSITION DE LA HAIE

Afin d'optimiser l'effet brise-vent, les plantations devraient être orientées perpendiculairement aux vents dominants (figure 39).

Pour répondre aux besoins de protection des bâtiments en hiver, la haie devra avoir une porosité¹ hivernale de 40 à 50 %. Elle devra être localisée à une distance d'environ 30 à 60 mètres du bâtiment pour éviter que la neige ne s'accumule sur le toit du bâtiment. La capacité d'entreposage de la neige est généralement quadruplée si on double la hauteur du brise-vent. On aura donc intérêt à utiliser des haies composées d'arbres ou de grands arbustes.

À proximité d'un bâtiment, une haie d'une hauteur de 15 m assure une réduction optimale de la vitesse du vent dans la zone où se situe le bâtiment, contribuant ainsi à réduire les coûts de chauffage.

Pour répondre aux besoins de protection des bâtiments, on recommande d'effectuer des plantations d'une à trois rangées d'arbres et d'arbustes.

Avec deux ou trois rangées, la continuité de la protection offerte par la haie est facilitée. En effet, en présence d'une seule rangée, le site se retrouve sans protection pendant la période de renouvellement

¹ La porosité d'un brise-vent est le rapport entre la surface occupée par les vides et la surface totale du plan exposé au vent (Vézina, 1994).

de la haie. De plus, une haie à plusieurs rangées comprend généralement une plus grande variété d'arbres et arbustes, favorisant ainsi la biodiversité et l'esthétisme du paysage.

Le modèle à une rangée présente en contrepartie l'avantage de réduire les coûts d'implantation et d'entretien ainsi que les pertes d'espace cultivable.

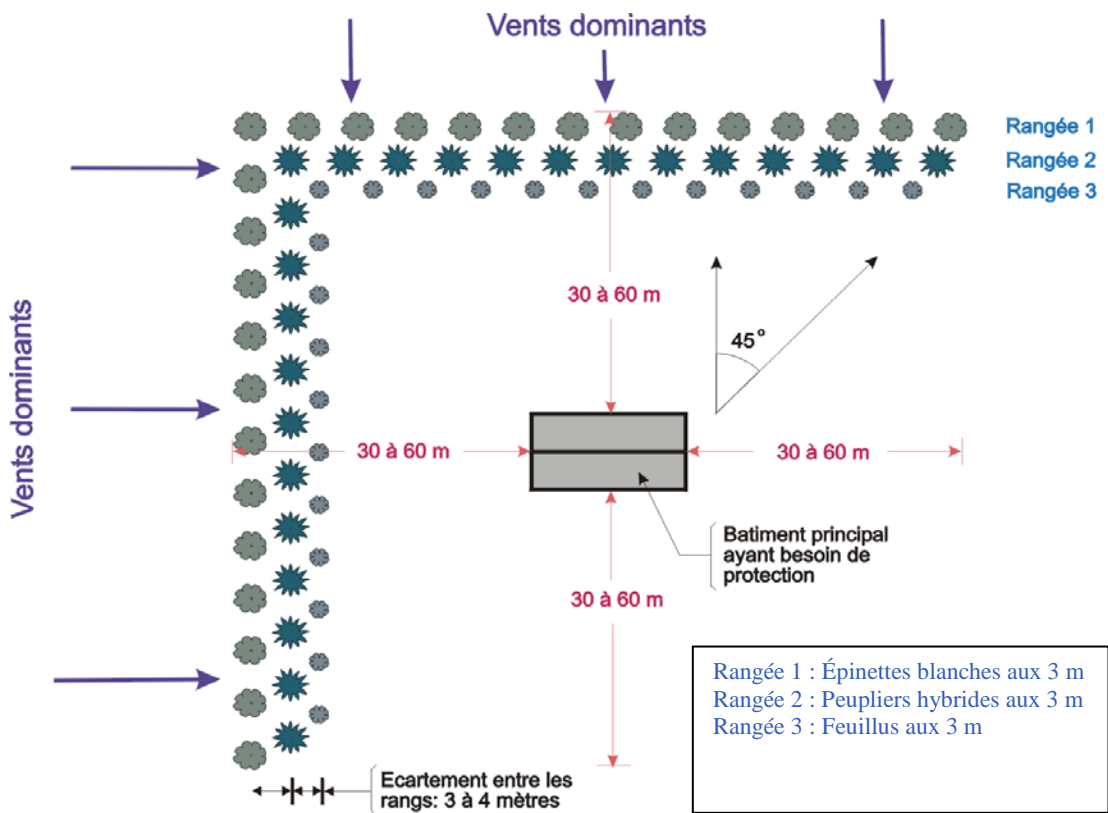

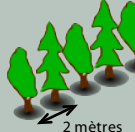


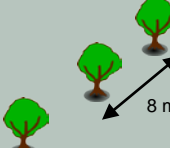


Figure 1. Aménagement d'une haie brise-vent autour de bâtiments

Pour réduire les effets des îlots de chaleur et les coûts de climatisation en été, une rangée d'arbres feuillus espacés aux 8 m, localisée le plus près possible du bâtiment et à l'ouest, permet d'obtenir une diminution optimale du rayonnement solaire durant l'été sans diminuer de façon significative le rayonnement solaire hivernal.

Cinq modèles différents sont proposés à titre d'exemples mais ne sont pas exhaustifs (tableau 18). Les quatre premiers ont en commun l'installation de haies brise-vent pour protéger les routes.

Tableau 1. Patrons possibles de plantation de haies brise-vent pour la protection des bâtiments

MODÈLE	STRUCTURE ET ARRANGEMENT	EXEMPLES DE COMBINAISONS D'ESSENCES POSSIBLES ²	COMMENTAIRE
1	<p>1 rangée d'arbres à feuilles persistantes espacés aux 3 m</p> 	Épinette blanche – épinette de Norvège	<p>L'épinette blanche pousse moins vite que l'épinette de Norvège mais est plus résistante au vent. Ce sont les deux espèces les plus employées en haies brise-vent pour la protection des bâtiments.</p> <p>L'épinette du Colorado, le thuya de l'est et le genévrier occidental peuvent aussi être utilisés.</p>
2	<p>1 rangée avec alternance d'espèces à croissance rapide et d'espèces à feuilles persistantes espacées aux 2 m</p> 	Peuplier hybride - épinette blanche - peuplier hybride - épinette de Norvège	<p>L'introduction d'espèces à croissance rapide permet d'obtenir une protection à court terme. Ils sont coupés après 15 à 20 ans lorsque les arbres à croissance plus lente sont suffisamment hauts pour assurer une bonne protection.</p> <p>Ce modèle exige une taille régulière des branches de peuplier qui touchent à la cime des épinettes.</p>
3	<p>2 rangées espacées de 3 m comprenant 1 rangée d'arbres à croissance rapide aux 3 m et 1 rangée d'arbres à feuilles persistantes aux 3 m</p> 	<p>Rang 1 : Peupliers hybrides</p> <p>Rang 2 : Épinette blanche – épinette de Norvège</p>	<p>Le peuplier hybride assure une protection à court terme, mais est coupé au bout de 15 à 20 ans.</p> <p>Ce modèle exige moins de taille que le modèle 2, mais occupe plus d'espace.</p> <p>La rangée d'épinettes est placée du côté des champs agricoles car elle est moins compétitive pour les cultures que la rangée de peupliers.</p> <p>Le mélèze hybride peut remplacer le peuplier hybride, mais sa croissance n'est généralement pas aussi rapide.</p>
4	<p>3 rangées espacées de 3 m : 1 rangée d'arbres à feuilles persistantes espacés aux 3 m, 1 rangée d'arbres à croissance rapide espacés aux 3 m et une rangée d'arbres feuillus nobles espacés aux 4 m entre lesquels on insère un arbuste.</p> 	<p>Rang 1 : Épinette blanche – épinette de Norvège</p> <p>Rang 2 : Peupliers hybrides</p> <p>Rang 3 : Chêne rouge - aronia - érable à sucre - viorne trilobée - tilleul américain - sureau blanc</p>	<p>Le peuplier hybride assure une protection à court terme, mais est coupé au bout de 15 à 20 ans.</p> <p>La rangée d'épinettes est placée du côté des champs agricoles car elle est moins compétitive pour les cultures que la rangée de peupliers.</p> <p>Il existe plusieurs combinaisons possibles de végétaux pour la rangée 3 : l'inclusion d'arbustes n'est pas toujours désirée par les propriétaires.</p>
5	<p>1 rangée d'arbres feuillus aux 8 m</p> 	Chêne rouge - tilleul américain - érable à sucre	<p>Modèle proposé pour l'été afin de réduire les coûts de climatisation et les effets des îlots de chaleur, grâce à l'ombrage par la haie.</p> <p>La haie doit être localisée le plus près possible à l'ouest du bâtiment.</p>

² Le choix final des végétaux dépend des conditions de texture et de drainage du sol.

CRITÈRES POUR GUIDER LE CHOIX DES VÉGÉTAUX

Des critères généraux à considérer lors du choix des végétaux sont décrits dans la section 4.1.

Aucun critère spécifique au contexte de la protection des bâtiments ne s'ajoute.

PRINCIPALES SOURCES³

Agriculture et agroalimentaire Canada, 2009

Institut de technologie agroalimentaire : www.wbvecan.ca

Lebel et DeRoy, 2007

Shaw 1988

Tartera, 2014

Vézina, 1994

Cette fiche est tirée du projet *Amélioration de la biodiversité dans le milieu agricole de la Côte-de-Beaupré*, qui a été financé par le MAPAQ – Programme PRIME-VERT-Approche collective (volet 3.1).

Référence complète du rapport de l'étude :

Boulfroy, E, M. Varin, I. Duclos, G. Lessard, D. Blouin et A. Vézina. 2015. Amélioration de la biodiversité dans le milieu agricole de la Côte-de-Beaupré - Année 1 (2014-2015) et Année 2 (2015-2016). Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO) et Institut de technologie agroalimentaire (ITA). Rapport 2016-07. 196 pages + 7 annexes.

³ Voir références complètes à la fin.

FICHE 4 : HAIES BRISE-VENT POUR LA PROTECTION DES ROUTES

PRINCIPAUX OBJECTIFS POURSUIVIS

L'aménagement de végétaux en bordure des routes permet de répondre aux objectifs suivants :

- **Réduire les coûts de déneigement des routes.**
- **Augmenter la sécurité du public-voyageur, en réduisant la poudrerie.**
- **Réduire le volume de poussières.**
- **Réduire les bruits.**
- **Améliorer la biodiversité en :**
 - **augmentant la diversité floristique;**
 - **créant des habitats fauniques.**
- **Embellir le paysage et l'esthétique de l'exploitation agricole**, par la plantation d'une diversité d'espèces végétales présentant des intérêts sur le plan esthétique (floraison, couleur du feuillage, forme).
- **Augmenter la séquestration du carbone** par la plantation d'espèces ligneuses.

LOCALISATION, STRUCTURE ET COMPOSITION DE LA PLANTATION

Pour répondre aux besoins de protection des routes, la haie devra avoir une porosité¹ hivernale de 40 à 50 %. Elle devra être localisée à une distance d'environ 30 à 60 mètres de la route pour éviter que la neige ne s'accumule sur la chaussée. La capacité d'entreposage de la neige est généralement quadruplée si on double la hauteur du brise-vent. On aura donc intérêt à utiliser des haies composées d'arbres ou de grands arbustes.

Une à trois rangées d'arbres et d'arbustes permet d'atteindre la porosité recommandée.

Les modèles à deux ou trois rangées assurent la continuité de la protection offerte par la haie. En effet, en présence d'une seule rangée, le site se retrouve sans protection pendant la période de renouvellement de la haie. De plus, une haie à plusieurs rangées comprend généralement une plus grande variété d'arbres et arbustes, favorisant ainsi la biodiversité.

Le modèle à une rangée présente en contrepartie l'avantage de réduire les coûts d'implantation et d'entretien ainsi que les pertes d'espace cultivable.

Au Québec, la plupart des routes présentant des problèmes sont situées en milieu agricole, et la préoccupation de réduire la perte d'espace cultivable incite généralement à opter pour une seule rangée de végétaux.


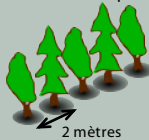
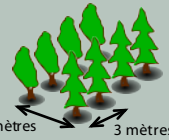
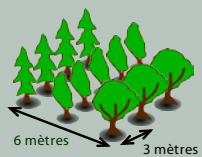
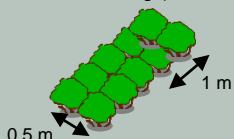
¹ La porosité d'un brise-vent est le rapport entre la surface occupée par les vides et la surface totale du plan exposé au vent (Vézina, 1994).

Afin d'optimiser l'effet brise-vent, les plantations devraient être orientées perpendiculairement aux vents dominants venant de l'ouest, donc orientées nord-sud.

Cinq modèles différents sont proposés à titre d'exemples et ne sont pas exhaustifs (tableau 19). Les quatre premiers ont en commun l'installation de haies brise-vent pour protéger les bâtiments.

Si la haie risque d'être atteinte par les sels de déglacage, on recommande l'utilisation de végétaux qui leur sont tolérants.

Tableau 1. Patrons possibles de plantation de haies brise-vent pour la protection des routes

MODÈLE	STRUCTURE ET ARRANGEMENT	EXEMPLES DE COMBINAISONS D'ESSENCES POSSIBLES ²	COMMENTAIRE
1	<p>1 rangée d'arbres à feuilles persistantes espacés aux 3 m</p> 	Épinette blanche - épinette de Norvège	<p>L'épinette blanche pousse moins vite que l'épinette de Norvège mais est plus résistante au vent. Elle est plus utilisée en protection de routes.</p> <p>L'épinette du Colorado peut aussi être employée.</p>
2	<p>1 rangée avec alternance d'espèces à croissance rapide et d'espèces à feuilles persistantes espacés aux 2 m</p> 	Peuplier hybride - épinette blanche - peuplier hybride - épinette de Norvège	<p>L'introduction d'espèces à croissance rapide permet d'obtenir une protection à court terme. Ils sont coupés après 15 à 20 ans lorsque les arbres d'espèces à croissance plus lente, mais plus longévives sont suffisamment hauts pour assurer une bonne protection.</p> <p>Exige une taille régulière des branches de peuplier qui touchent à la cime des épinettes.</p>
3	<p>2 rangées espacées de 3 m comprenant 1 rangée d'arbres à croissance rapide aux 3 m et 1 rangée d'arbres à feuilles persistantes aux 3 m</p> 	<p>Rang 1 : Peupliers hybrides</p> <p>Rang 2 : Épinette blanche – épinette de Norvège</p>	<p>Le peuplier hybride assure une protection à court terme, mais est coupé au bout de 15 à 20 ans.</p> <p>Exige moins de taille que le modèle 2, mais occupe plus d'espace.</p> <p>La rangée d'épinettes est placée du côté des champs agricoles car elle est moins compétitive pour les cultures que la rangée de peupliers.</p> <p>Le mélèze hybride peut remplacer le peuplier hybride, mais sa croissance n'est généralement pas aussi rapide.</p>
4	<p>3 rangées espacées de 3 m :</p> <p>1 rangée d'arbres à feuilles persistantes espacés aux 3 m, 1 rangée d'arbres à croissance rapide espacés aux 3 m et une rangée d'arbres feuillus nobles espacés aux 4 m entre lesquels on insère un arbuste.</p> 	<p>Rang 1 : Épinette blanche - épinette de Norvège</p> <p>Rang 2 : Peupliers hybrides</p> <p>Rang 3 : Chênes à gros fruits - mélèzes laricins</p>	<p>Le peuplier hybride assure une protection à court terme, mais est coupé au bout de 15 à 20 ans.</p> <p>La rangée d'épinettes est placée du côté des champs agricoles car elle est moins compétitive pour les cultures que la rangée de peupliers.</p>
5	<p>Une double rangée de saules hybrides espacés de 1 m sur le rang et de 0,5 m entre les rangs (plantés sur paillis de 1,5 m de large)</p> 		<p>Malgré la perte des feuilles durant l'hiver, la densité de plantation recommandée conduit à une porosité permettant de trapper la neige avant qu'elle arrive à la route.</p> <p>Rabattement des saules aux 3 ans pour la récolte de biomasse énergétique ou du bois raméal. Si on ne désire pas ces produits, on conseille un rabattement aux 5 ans pour rajeunir la haie et éviter qu'elle n'empiète trop dans les champs.</p> <p>Ce modèle est peu coûteux pour l'implantation et l'entretien.</p>

² Le choix final des végétaux dépend des conditions de texture et de drainage du sol.

CRITÈRES POUR GUIDER LE CHOIX DES VÉGÉTAUX

Des critères généraux à considérer lors du choix des végétaux sont décrits dans la section 4.1. À ces derniers, s'ajoutent l'élément suivant, spécifique aux plantations le long des routes :

- **Inclure des espèces tolérantes aux sels de déglacement.**

PRINCIPALES SOURCES³

Agriculture et agroalimentaire Canada, 2009

Agriculture et agroalimentaire Canada :

<http://www.agr.gc.ca/fra/science-et-innovation/pratiques-agricoles/agroforesterie/planification-et-etablissement-des-brise-vent/conception/brise-vent-de-champ/?id=1344878160778>

Lebel et DeRoy, 2007

Shaw, 1988

Tartera, 2014

Vézina, 1994

Cette fiche est tirée du projet *Amélioration de la biodiversité dans le milieu agricole de la Côte-de-Beaupré*, qui a été financé par le MAPAQ – Programme PRIME-VERT-Approche collective (volet 3.1).

Référence complète du rapport de l'étude :

Bouffroy, E, M. Varin, I. Duclos, G. Lessard, D. Blouin et A. Vézina. 2015. Amélioration de la biodiversité dans le milieu agricole de la Côte-de-Beaupré - Année 1 (2014-2015) et Année 2 (2015-2016). Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO) et Institut de technologie agroalimentaire (ITA). Rapport 2016-07. 196 pages + 7 annexes.

³ Voir références complètes à la fin.

FICHE 5 : PLANTATION OU ENRICHISSEMENT DANS LES FRICHES AGRICOLES

PRINCIPAUX OBJECTIFS POURSUIVIS

Une friche fait référence à une superficie agricole abandonnée, sans intention d'être cultivée¹, où s'implante graduellement une végétation naturelle, incontrôlée et donc plus difficile à travailler avec un équipement aratoire conventionnel.

L'aménagement de végétaux dans des friches agricoles représentant des sites peu productifs ou difficiles à exploiter pour une culture agricole permet de répondre à plusieurs objectifs :

- **Augmenter la rentabilité d'une parcelle qui n'est plus exploitée et diversifier les sources de revenus**, grâce à la production de bois de qualité, de biomasse ligneuse, de noix ou de petits fruits.

Cet objectif doit être vu à plus ou moins long terme, dépendamment des essences visées. Par exemple, la production de bois de qualité avec des feuillus nobles peut prendre 50 à 60 ans, la production de bois de peuplier à croissance rapide 15 à 20 ans et de saule pour la production de biomasse ligneuse seulement 3 ans.

- **Protéger les sols** en réduisant l'érosion éolienne et hydrique.
- **Améliorer l'état des sols**, en leur apportant de la matière organique, en améliorant la structure et en augmentant la diversité des micro-organismes présents dans le sol.
- **Protéger la qualité de l'eau**, en réduisant la pollution diffuse, notamment en interceptant les nitrates.
- **Améliorer la biodiversité**, en :
 - **créant des habitats de qualité** (abri, alimentation) pour la petite faune terrestre, les oiseaux, etc.;
 - **établissant des corridors** qui relient des zones naturelles (habitats fauniques) entre elles.
- **Embellir le paysage**, par la plantation d'une diversité d'espèces végétales plantées présentant des intérêts sur le plan esthétique (floraison, couleur du feuillage, forme).
- **Contribuer à la vitalisation et à l'attractivité du milieu agricole.**
- **Augmenter la séquestration du carbone** par la plantation d'espèces ligneuses. C'est dans les friches herbacées que les effets peuvent le plus se faire sentir.

¹ Voulligny et Gariépy, 2008

LOCALISATION, STRUCTURE ET COMPOSITION DE LA PLANTATION

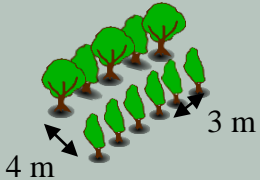
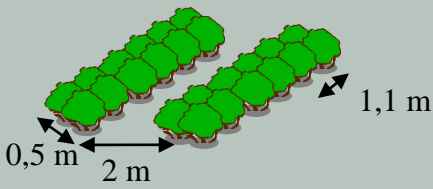
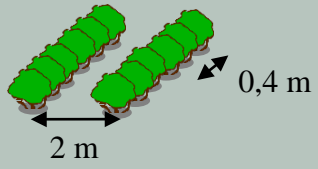
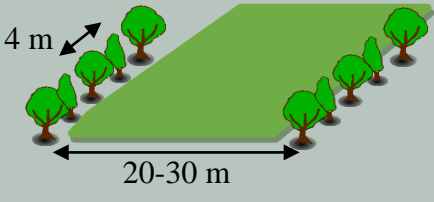
Différents patrons de plantation peuvent être envisagés, en fonction de la végétation déjà présente dans la friche et des objectifs poursuivis.

Mise en garde importante : Comme la plantation d'arbres ou d'arbustes dans des friches a un impact à long terme sur l'usage potentiel des sols et sur le paysage, elle devrait être privilégiée dans des sites sensibles ou sur des terres peu propices à la culture, comme les milieux humides, les coulées, les sols graveleux ou rocheux.

FRICHE HERBACÉE

Dans une friche occupée seulement par des espèces herbacées, il est possible de réaliser des plantations de plusieurs espèces, en combinant des essences à croissance rapide et des essences à croissance plus lente et même de la culture intercalaire. Cinq modèles différents sont proposés à titre d'exemples mais ne sont pas exhaustifs (tableau 20).

Tableau 1. Patrons possibles de plantation dans les friches herbacées

MODÈLE	STRUCTURE ET ARRANGEMENT	EXEMPLES DE COMBINAISONS D'ESSENCES POSSIBLES ²	COMMENTAIRE
1	<p>Alternance répétée de 2 rangées, espacées aux 4 m, dont la première est constituée d'essences à croissance rapide espacées aux 3 m et la seconde de plusieurs essences feuillues à croissance variable espacées aussi aux 3 m</p> 	<p>a) Rang 1 : Peuplier hybride Rang 2 : chêne rouge - bouleau blanc - érable à sucre - bouleau blanc - pin blanc - bouleau blanc</p> <p>b) Rang 1 : Peuplier hybride Rang 2 : chêne rouge - chêne rouge - érable à sucre - érable à sucre</p>	<p>Le peuplier hybride est récolté au bout de 15 à 20 ans et le bouleau au bout de 20 ans. Ces récoltes libèrent de l'espace pour les feuillus nobles et le pin blanc.</p>
2	<p>Taillis en courtes rotations (12 000 tiges/ha) Doubles rangées espacées de 2 m. Espacement de 0,5 m entre les rangs du double rang et 1,1 m dans la rangée</p>  <p>Rangs simples espacés de 2 m. Espacement de 0,4 m dans la rangée.</p> 	<p>a) Saules hybrides</p> <p>b) Peupliers hybrides</p>	<p>Récolte de la biomasse aux trois ans, sur une période d'au moins 25 ans.</p> <p>L'espacement entre les rangées est fonction des machineries utilisées pour désherber et pour récolter. Le contrôle des mauvaises herbes, les deux premières années, est crucial pour un bon développement de la plantation.</p> <p>Une fertilisation azotée (lisier ou boues) augmente les rendements de façon marquée.</p>
3	<p>Culture d'arbres en intercalaire : une rangée d'essences feuillues espacées aux 4 m, répétée tous les 20 à 30 m. Culture de fourrage ou pâturage entre les rangs d'arbres.</p> 	<p>a) Peuplier hybride – érable à sucre</p> <p>b) Érable à sucre – chêne rouge</p>	<p>Modèle très bien adapté pour le pâturage et la culture du fourrage.</p>

² Le choix final des végétaux dépend des conditions de texture et de drainage du sol.

FRICHE ARBUSTIVE

Dans une friche déjà colonisée par des espèces arbustives (ex. : le saule, le cornouiller, l'aulne...) qui occupent plus de 30 % du couvert végétal total, on peut envisager de réaliser la plantation de feuillus dans des bandes de broussailles d'environ 2 m de large, en alternance avec des interbandes de 2,5 à 3,5 m de large où la végétation est retirée fréquemment de façon mécanique (à l'aide d'un gyrobroyeur) (Figure 40).

Les têtes des feuillus plantés dans les bandes de broussailles doivent être libérées de toute concurrence (dégagement manuel).

Les interbandes sans végétation facilitent l'accès aux plants et la réalisation des travaux d'entretien des feuillus (taille, élagage). La présence d'arbustes à proximité des plants assure alors la protection des plants contre la faune brouteuse, tout en favorisant une plus grande diversité d'espèces et en contribuant à des économies d'élagage des arbres.

Si la densité de la friche arbustive est élevée au départ, on peut aussi envisager la récolte de la biomasse à intervalles réguliers (aux 5 ans) pour la production de biomasse énergétique ou bois raméal, sans aménagement supplémentaire. Après chaque récolte, les essences arbustives devraient recoloniser rapidement la friche.

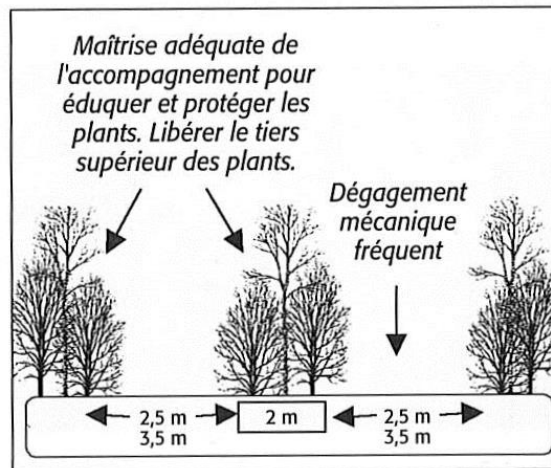


Figure 1. Patron de plantation proposé dans les friches arbustives

FRICHE ARBORÉE

Dans une friche déjà colonisée par des espèces arborescentes d'une hauteur variant entre 2 et 7 m, on peut réaliser un enrichissement par bande. La plantation d'arbres viendra alors enrichir le milieu déjà occupé par des espèces ligneuses (Figure 41).

On peut penser planter du chêne rouge, de l'érable à sucre, du bouleau jaune, du bouleau blanc, du cerisier tardif, ainsi que des résineux en accompagnement des feuillus, comme le pin blanc et l'épinette blanche.

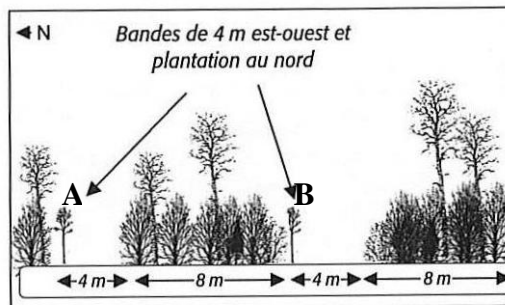
Il s'agit de supprimer la végétation dans une bande de 4 m de large orientée est-ouest, où sera réalisée la plantation d'espèces choisies. Ces bandes plantées sont séparées par des interbandes intactes de 8 m de large qui seront traitées ultérieurement. La mise en terre des plants doit s'effectuer au nord de la bande de 4 m et non au milieu, afin que le plant profite pleinement de la luminosité plus importante à cet endroit. La présence de la végétation compétitrice présente à proximité du plant du côté nord aidera le plant à garder un fût droit et peu branchu.

Un nettoyage régulier est nécessaire pour éviter le retour de la compétition dans les bandes dégagées où a lieu la plantation.

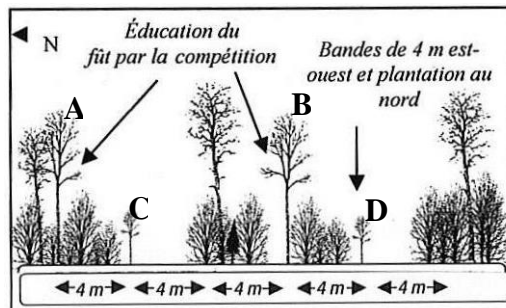
Après une dizaine d'années, lorsque les arbres plantés sont libres de croître, la moitié des interbandes initiales de 8 m de large fera l'objet du même traitement de départ, soit l'élimination de la végétation et le regarni en essences désirées. Cet étalement des opérations par tranches de 10 ans permet de répartir les futures récoltes de bois.

1^{ère} intervention

(les lettres indiquent des arbres que l'on peut suivre d'une intervention à l'autre)



2^e intervention (10 ans plus tard)



3^e intervention

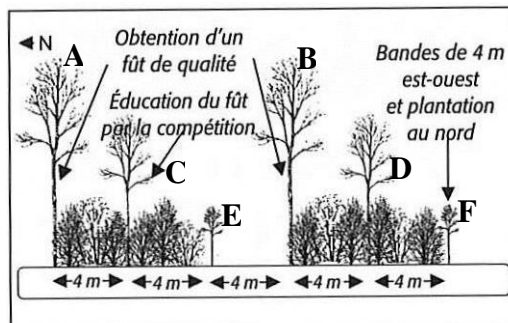


Figure 2. Patrons de plantation proposés dans les friches arborées

CRITÈRES POUR GUIDER LE CHOIX DES VÉGÉTAUX

Des critères généraux à considérer lors du choix des végétaux sont décrits dans la section 4.1. À ces derniers, s'ajoutent les éléments suivants, spécifiques au contexte des friches :

- **Choisir des essences feuillues** car ces dernières présentent plusieurs avantages sur le reboisement en résineux :
 - Elles acidifient moins le sol;
 - Elles présentent en général une valeur ajoutée élevée;
 - Leur croissance en milieu ouvert est relativement élevée, permettant de planter des feuillus de bois noble en faible densité. Il en découle une densité de plantation faible, ce qui rend le boisement plus facilement réversible (retour à une fonction agricole) du fait du nombre moins important de souches à supprimer;
 - Un boisement avec des feuillus à large espacement peut aussi servir de zone de pâturage à certains moments de l'année, ce qui permet de jumeler l'entretien de la végétation herbacée à un pâturage temporaire.
 - Le chêne rouge et l'érable à sucre poussent bien dans les friches, si les conditions de sol leurs sont favorables.

Par contre, la réussite d'une plantation de feuillus exige généralement plus d'entretien qu'une plantation de conifères, que ce soit pour la taille de formation, l'élagage ou la protection contre les rongeurs et les brouteurs.

- **Éviter plusieurs essences forestières** qui ne sont pas recommandées pour la plantation dans des friches ouvertes. Le bouleau jaune et le tilleul d'Amérique, par exemple, sont des feuillus qui forment énormément de branches lorsqu'ils poussent en milieu ouvert. Ils sont alors difficiles à tailler afin d'obtenir des fûts de qualité.
- **Combiner en ligniculture ou en culture intercalaire des feuillus nobles à croissance relativement lente avec des feuillus à croissance rapide comme les peupliers et les mélèzes.** Cette association présente plusieurs avantages :
 - Établir rapidement un couvert arborescent dans un milieu où la compétition est très présente (ancien milieu ouvert);
 - Procurer un premier revenu 15 à 20 ans après la plantation par la récolte des feuillus à croissance rapide;
 - Favoriser la croissance verticale des feuillus nobles lorsqu'ils sont jeunes et qu'ils côtoient les peupliers, puis créer une ouverture bénéfique à l'expansion des feuillus nobles, dont ils peuvent profiter une fois que la plantation est éclaircie par la récolte des peupliers.

CONDITIONS DE SUCCÈS

Le contrôle de la végétation compétitrice pour l'eau et les éléments nutritifs est primordial pour assurer la survie des plantations en essences désirées. **Sans ce contrôle, une plantation de feuillus en champ est pratiquement vouée à l'échec.** L'installation de paillis individuels ou continus et le gainage des plants par l'introduction d'arbustes compagnons figurent parmi les options à privilégier.

Plusieurs travaux d'entretien sont à planifier si l'on souhaite produire du bois de qualité (sciage, déroulage).

Se référer à la section 3.1.1 qui décrit les travaux complémentaire et d'entretien d'une plantation pour davantage de détails.

PRINCIPALES SOURCES³

Vouigny et Gariépy, 2008

(http://www.agrireseau.qc.ca/Agroforesterie/documents/Rapport_friches_agricoles_QC_2007_Fr_Final.pdf)

Lupien, 2006

Tartera, 2014

Cette fiche est tirée du projet *Amélioration de la biodiversité dans le milieu agricole de la Côte-de-Beaupré*, qui a été financé par le MAPAQ – Programme PRIME-VERT-Approche collective (volet 3.1).

Référence complète du rapport de l'étude :

Boulfroy, E, M. Varin, I. Duclos, G. Lessard, D. Blouin et A. Vézina. 2015. Amélioration de la biodiversité dans le milieu agricole de la Côte-de-Beaupré - Année 1 (2014-2015) et Année 2 (2015-2016). Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO) et Institut de technologie agroalimentaire (ITA). Rapport 2016-07. 196 pages + 7 annexes.

³ Voir références complètes à la fin.