



© Cécile Tartereau

L'agroforesterie

Quels bénéfices pour les productions laitière et de bovin de boucherie ?



© Isabel Fournier

TABLE DES MATIÈRES

Avant propos	4
Réduction de l'enneigement aux abords des bâtiments	6
Amélioration du bien-être animal à l'étable	8
Protection des enclos d'hivernage	10
Amélioration du bien-être animal au pâturage	13
Fourniture de fourrages ligneux	16
Broutage en forêt	20
Augmentation de la productivité et de la longévité des prairies	22
Agrotourisme	24
Séquestration de carbone	25
Adaptation aux changements climatiques	28
Entretien et gestion des végétaux	29
Conclusion	33
Pour aller plus loin	34
Bibliographie	36



AVANT PROPOS

Au Québec, l'agroforesterie est définie comme « 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, 2011).

Les bénéfices environnementaux liés aux arbres en milieu agricole sont nombreux et bien connus. Une vaste documentation fait la promotion des plantations à la ferme pour améliorer la biodiversité, la qualité de l'eau, la vie du sol et stocker du carbone.

Mais saviez-vous que les arbres peuvent aussi être des alliés précieux des productions laitière et de bovin de boucherie ?

En agroforesterie, les arbres et arbustes peuvent être agencés de multiples façons pour procurer des avantages agronomiques et économiques. Les arbres et arbustes peuvent prendre leur place autour ou au sein des champs, des enclos ou des cours, sous forme de haies simples ou multi-rangées, en alignements, en bosquets ou isolés... Adéquatement disposés, ils permettent d'améliorer le rendement, la qualité, la rentabilité ou encore la résilience ou l'acceptation sociale de la production agricole.

En production laitière ou de bovin de boucherie, différents aménagements agroforestiers peuvent être réalisés pour réduire l'enneigement aux abords de bâtiments, améliorer le bien-être animal à l'étable ou au pâturage, protéger des enclos d'hivernage et augmenter la productivité et la longévité des prairies. Certains aménagements peuvent même fournir des fourrages ligneux ou permettre le broutage en forêt. S'il y a une boutique à la ferme, les arbres et arbustes peuvent être valorisés dans une approche d'agrotourisme. Enfin, les arbres contribuent également à la séquestration de carbone et à l'adaptation aux changements climatiques des fermes laitières et bovines.



GÉNÉRALITÉS



Interactions arbres-cultures

« Les interactions entre arbres et cultures sont aériennes et souterraines. Elles donnent lieu à des phénomènes de compétition et de facilitation pour l'utilisation des ressources du milieu (lumière, eau, éléments minéraux). Les effets positifs, ou négatifs, sont souvent plus importants dans la zone d'influence immédiate des arbres et s'accentuent avec leur taille, ainsi toute la parcelle n'est pas impactée de la même façon » (MSV Normandie, 2022).



Les haies brise-vent

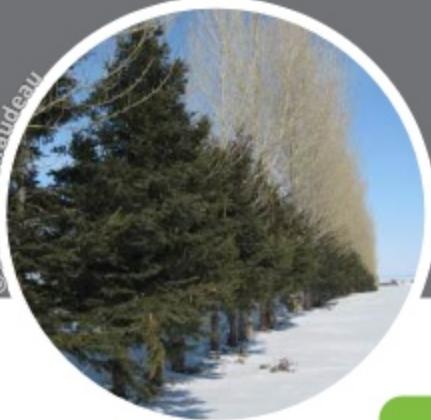
« La limite de la zone protégée par un brise-vent est conventionnellement définie comme étant la distance à laquelle la réduction de la vitesse du vent n'est plus que de 20 %, à mi-hauteur des arbres (0,5 H) ». Pour un brise-vent de densité moyenne, cette distance est de 10 à 20 fois la hauteur de la haie (10 à 20 H) en aval et le maximum de réduction de la vitesse du vent est obtenu autour de 4 H » (Vézina, 2001).

La hauteur et la porosité du brise-vent sont des paramètres de contrôle de la vitesse du vent et de la grandeur de surface protégée. On peut les faire varier en jouant sur le nombre de rangées, l'espacement entre les rangées et sur le rang, et la composition du brise-vent (type de végétaux, densité, forme, taille, longévité).

Des brise-vent plus denses forment des bancs de neige courts mais épais, tandis que des brise-vent plus poreux forment des bancs de neige plus allongés et moins épais.

Les espèces à feuilles caduques offrent une protection variable dans l'année. « Par exemple, la réduction hivernale moyenne de la vitesse du vent, sur 10 H, par une haie de peupliers hybrides plantés à tous les mètres équivaut à 40 % de celle mesurée durant l'été » (Vézina, 2001).

Planter deux ou trois rangées plutôt qu'une facilite le renouvellement des végétaux et l'introduction d'un plus grand nombre d'espèces, ce qui permet de constituer une haie multifonctionnelle. Par contre, une rangée occupe moins d'espace et exige moins d'entretien. Dans tous les cas, veiller à combiner plusieurs espèces de genres botaniques différents rend l'aménagement plus résilient en cas de problèmes phytosanitaires ou d'événements climatiques extrêmes.



RÉDUCTION DE L'ENNEIGEMENT AUX ABORDS DES BÂTIMENTS

Aménagements agroforestiers conseillés



Composition et disposition : haies brise-vent moyennement denses constituées d'une à trois rangées d'arbres et/ou arbustes

Exemples (Cogliastro et al., 2022) :

- Trois rangées, dont une rangée d'arbres à feuilles persistantes aux 3-4 m côté champ, une rangée de peupliers hybrides aux 3-4 m au centre, et une rangée d'arbres feuillus aux 3-4 m côté bâtiment
- Trois rangées, dont deux rangées d'arbres à feuilles persistantes aux 3-4 m côté champ, et une rangée d'arbres feuillus aux 3-4 m côté bâtiment
- Deux rangées d'arbres à feuilles persistantes aux 3-4 m
- Deux rangées, dont une rangée d'arbres à feuilles persistantes aux 3-4 m côté champ, et une rangée d'arbres feuillus aux 3-4 m côté bâtiment
- Deux rangées d'arbres à feuilles persistantes et caduques en alternance aux 3-4 m
- Une rangée d'arbres à feuilles persistantes aux 3-4 m.



Pour capter la neige une rangée d'arbuste d'au moins 3 m de haut aux 1,5 à 2 m suffit.

Les arbres feuillus peuvent être plus espacés sur le rang, si on intercale des arbustes pour occuper l'espace entre les troncs et maintenir une porosité uniforme sur toute la hauteur de la haie.



Localisation :

- à au moins 30 m des bâtiments
- idéalement en T ou en U, de manière à ceinturer les bâtiments sur les côtés exposés aux vents dominants
- s'il n'y a qu'une section, elle doit être perpendiculaire au vent dominant et s'étendre sur au moins 30 m au-delà des bâtiments, pour mieux protéger des vents de contournement

Les haies n'ont pas besoin d'être strictement droites. Elles peuvent suivre un relief naturel ou un ruisseau sur les côtés nord et ouest de la cour (AAC, 2010).

La neige s'accumule dans la zone de calme au pied de la haie et l'espace en aval reste dégagé. Les coûts de déneigement sont réduits, l'accès aux bâtiments est plus facile et plus sécuritaire pour les camions circulant sur la ferme en hiver : laiterie, transport d'animaux, livraisons d'intrants et fournitures, etc. De plus, il y a moins d'accumulation de neige sur les toits, ce qui réduit les opérations de déneigement et les risques de dommages aux bâtiments liés au poids de la neige.

Plusieurs références canadiennes préconisent des haies de 3 à 9 rangées. Cette configuration permet de capter la neige dans la haie au bénéfice des arbres. Quand l'eau n'est pas une condition limitante, 1 à 3 rangées suffisent (Vézina, 2025, comm. personnelle).



© André Vézina



Précautions à prendre

- On recommande généralement de positionner la haie à au moins 30 m des bâtiments, chemins d'accès ou route, afin d'éviter la formation de bancs de neige dans des zones qu'on veut garder dégagées (AAC, 2010). Dans certaines conditions, une haie peut être implantée sans risque plus près des infrastructures. Des équations permettent de calculer précisément la hauteur de haie et la distance minimale entre la haie et le bâtiment requises, selon les précipitations neigeuses et le fetch¹ (Volk et Heavy, 2013).
- Remplacer les végétaux morts afin de maintenir l'intégrité de la haie et d'éviter la formation de trouées par lesquelles le vent s'engouffrerait, créant l'effet inverse de celui recherché.
- Effectuer une taille de formation les premières années puis un élagage de sécurité² pour éviter que des branches cassent et tombent sur des bâtiments ou bloquent des accès.

¹ Fetch : distance sur laquelle le vent souffle constamment dans une direction donnée sans rencontrer d'obstacle

² Élagage de sécurité : opération qui consiste à supprimer les branches qui représentent un risque pour les individus et les biens. Inclut l'élagage des branches mortes, malades, faiblement attachées ou brisées (BNQ 0605-200/2020, Entretien arboricole et horticole)



AMÉLIORATION DU BIEN-ÊTRE ANIMAL À L'ÉTABLE

Aménagements agroforestiers conseillés



Composition et disposition : alignements d'arbres feuillus à large cime, aux 6 à 10 m



Espèces : par exemple : chênes, noyers, tilleuls, érable rouge



Localisation : du côté ouest de l'étable (Hildebrandt et Sarkovich, 1998 ; Hwang et al., 2015) à une distance de 2 à 15 m, de sorte que les arbres ombragent le bâtiment

« Le stress climatique en période chaude correspond aux contraintes liées à des températures qui, en interaction avec l'humidité, la vitesse du vent et les radiations solaires, forcent l'animal hors de sa zone de confort thermique avec une température ressentie trop élevée » (Turle, 2017).

Lors d'épisodes de stress thermique en saison chaude, on constate, chez les vaches en fin de lactation, « une diminution du temps passé à s'alimenter couplée à une diminution de la taille du repas ainsi qu'à une baisse de la vitesse de prise alimentaire » (Eslamizad et al., 2015 dans Turle, 2017). De plus, « la prise de boisson augmente lorsque l'animal s'expose à un stress climatique en période chaude. Cependant, arrivés à un certain niveau de stress climatique, les animaux limitent leurs mouvements, ce qui a un impact négatif sur leur prise de boisson » (Turle, 2017).

Dans une situation de stress thermique, les bovins passent aussi plus de temps debout et vont se placer préférentiellement dans des microenvironnements présentant des conditions climatiques plus favorables (Allen et al., 2013). Cela se traduit par une mauvaise répartition des vaches au sein du bâtiment (Turle, 2017).

L'ombrage des arbres maintient la température plus fraîche dans l'étable, limitant la baisse de volume et de qualité du lait due aux températures chaudes. Les vaches continuent en outre à utiliser l'ensemble du parc disponible.



Précautions à prendre



© Cécile Tartera

- O Planter assez loin ou élaguer le bas des arbres, pour permettre la circulation aux abords de l'étable.
- O Respecter une porosité importante afin de ne pas nuire à la ventilation naturelle de l'étable et d'éviter l'accumulation de neige entre la haie et le bâtiment.
- O Privilégier des espèces à feuilles caduques et un large espace pour ne pas obstruer le rayonnement solaire en hiver.
- O Éviter les peupliers, dont les racines étalées peuvent endommager les bâtiments situés à moins de 30 m.
- O Effectuer une taille de formation les premières années puis un élagage de sécurité pour éviter que des branches cassent et tombent sur des bâtiments ou bloquent des accès.

Aspects économiques



Bovins laitiers



Au Québec, Ouellet et al. (2019) ont constaté que l'exposition à au moins une journée de stress de chaleur de faible intensité impactait la production des vaches Holstein à l'étable. « Le gras est la composante du lait la plus sensible aux conditions environnementales, avec des diminutions allant de 10 à 20 g/vache/jour selon la parité de l'animal lors d'un stress de chaleur. En ce qui concerne les protéines, des diminutions entre 6 et 10 g/vache/jour selon la parité ont été mesurées. Les changements estivaux dans la composition du lait peuvent se traduire en des pertes potentielles de revenus annuels de 4 728 \$ au Bas-Saint-Laurent et de 7 923 \$ en Montérégie, basés sur des cheptels moyens de 61 et 73 vaches en lactation dans chaque région ».

D'autres études attestent de la diminution de production de lait (Saint-Pierre et al., 2003 ; Bernabucci et al. 2010 dans Turle, 2017), ainsi que de la baisse du taux de protéines dans le lait en cas de stress thermique (Gantner et al., 2016; Hammami et al., 2013, 2015; Nardone et al., 2010 dans Turle, 2017).

Des baisses de performance de la reproduction, des acidoses ruminale, des boiteries et des baisses d'immunité peuvent aussi survenir (Turle, 2017).



Bovins de boucherie



Les bovins de boucherie sont moins sensibles au stress thermique que les bovins laitiers car ils produisent moins de chaleur corporelle vu leur métabolisme plus bas, et les naissances ont généralement lieu au printemps, avant les périodes de grosse chaleur. Des études ont toutefois mis en évidence que le stress thermique engendrait des réductions de gains de poids et une baisse de fertilité (Ray, 1989 ; Mitlohner et al., 2001 ; Biggers et al., 1987 dans Saint-Pierre et al., 2003).

Ces effets sont variables selon l'acclimatation et les races (Robinson et al., 1986 ; Hammond et al., 1998 ; Gaughan et al., 1999 dans Saint-Pierre et al., 2003).



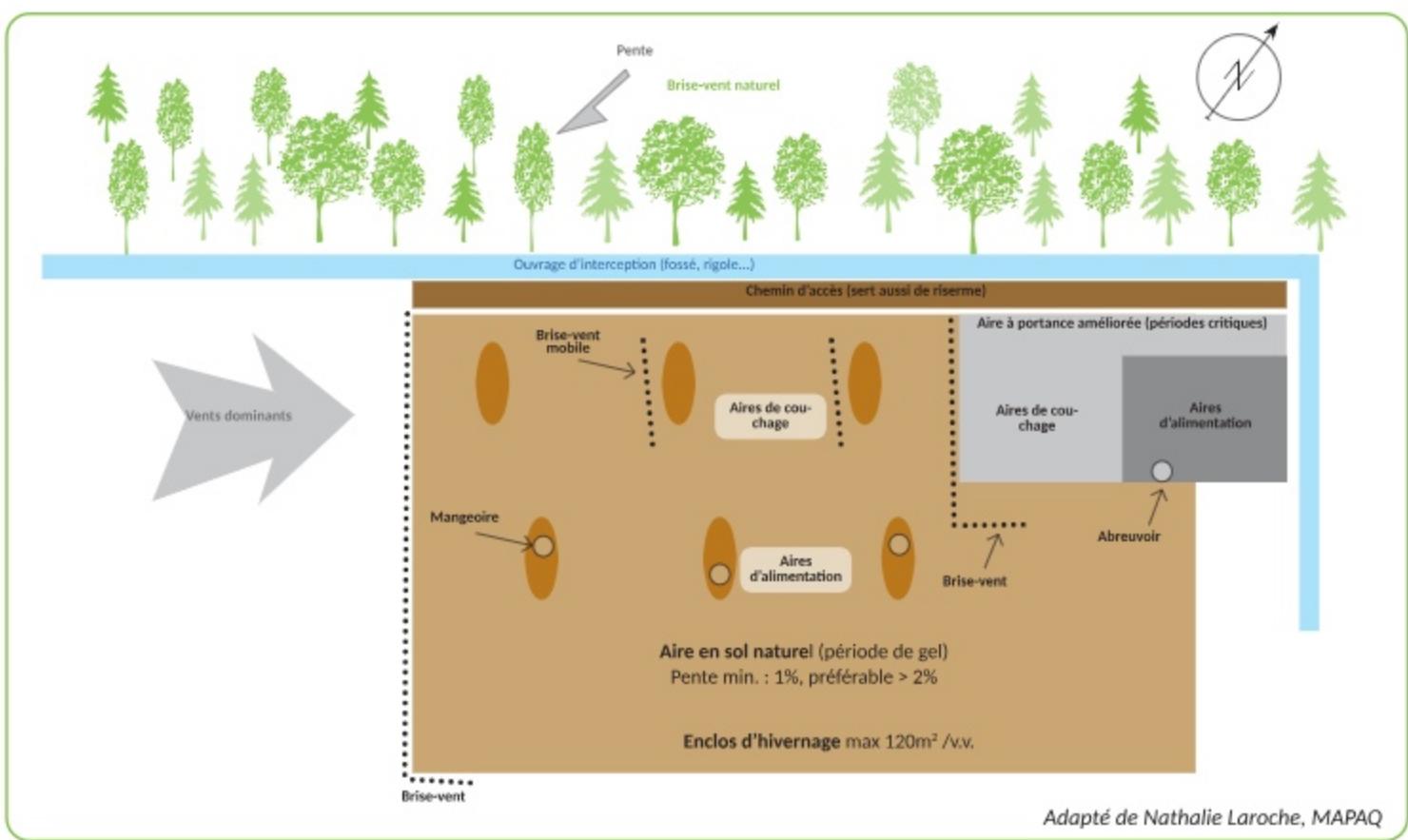
PROTECTION DES ENCLOS D'HIVERNAGE



© Benoit Poiraudeau

Les principaux éléments qui composent un enclos d'hivernage sont :

- une aire sur sol naturel, à faible densité animale, utilisée en période de gel
- une aire à portance améliorée, à haute densité animale, réservée pour les périodes critiques
- des brise-vents naturels (boisés, haies) ou artificiels (structures en madriers et en planches principalement)
- un système d'abreuvement
- des huches pour les veaux
- un corral
- un chemin d'accès
- un bâtiment de service (facultatif)



Aménagements agroforestiers conseillés



Composition et disposition : haies brise-vent denses à très denses constituées d'une à trois rangées d'arbres

Exemples :

- Trois rangées, dont deux rangées d'arbres à feuilles persistantes aux 3-4 m côté champ, et une rangée d'arbres feuillus aux 3-4 m côté bâtiment
- Deux rangées d'arbres à feuilles persistantes aux 3-4 m
- Deux rangées, dont une rangée d'arbres à feuilles persistantes aux 3-4 m côté champ, et une rangée d'arbustes d'au moins 3 m de haut aux 1,5 à 2 m
- Deux rangée d'arbustes d'au moins 3 m de haut aux 1,5 à 2 m
- Une rangée d'arbres à feuilles persistantes aux 3-4 m



Localisation :

- idéalement en T ou en U, de manière à ceinturer l'enclos sur les côtés exposés aux vents dominants
- s'il n'y a qu'une section, elle doit être perpendiculaire au vent dominant et s'étendre sur au moins 30 m au-delà de l'enclos, pour mieux protéger des vents de contournement (PBQ, 2023)

Le brise-vent protège l'aire d'alimentation et de couchage des vaches et les huches à veaux des bourrasques. Il peut aussi limiter le risque de gel de l'eau de l'abreuvoir.

Une étude avec des brise-vents artificiels montre qu'un écran d'une porosité de 20 % à 35 % permet de diminuer la vitesse du vent de 80 % dans la zone protégée. Cela constitue le compromis idéal entre la protection des animaux contre les bourrasques et la création de bancs de neige près du brise-vent vers l'aire de couchage. Une porosité de 20% donne une protection maximale sur environ 4 H. Dans les régions avec de fortes précipitations hivernales et sur des sites plus exposés aux vents, la porosité peut être augmentée jusqu'à 35 % selon les PBQ (2023). Il est difficile d'être aussi précis avec des brise-vent naturels. Une haie respectant les critères de l'encadré ci-dessus permet d'offrir une bonne protection aux animaux dans l'enclos.

Il est possible de diminuer considérablement la quantité d'eau devant sortir de l'enclos en période printanière en ajoutant une clôture à neige ou une haie brise-vent dense à l'extérieur du site pour réduire le fetch (PBQ, 2023). Conserver une distance suffisante entre celle-ci et l'enclos pour permettre le dépôt de la neige emportée par le vent avant son arrivée dans l'aire d'élevage, par exemple 10 H pour une haie de 50 % de porosité (Vézina, 2025, comm. personnelle).



Précautions à prendre



© Benoît Boisrondneau

- Le gel préserve le sol de la compaction qui pourrait être occasionnée par le piétinement intensif. Lors du dégel au début du printemps, il est recommandé de sortir les animaux dès que le sol n'est plus portant, pour les diriger vers le pâturage ou vers l'aire à portance améliorée en attendant que celui-ci soit prêt (PBQ, 2023). Ceci permettra de préserver le sol et les racines des arbres des dommages de la compaction.
- Remplacer les végétaux morts afin de maintenir l'intégrité de la haie et d'éviter la formation de trouées par lesquelles le vent s'engouffrerait, créant l'effet inverse de celui recherché.

Aspects économiques

Pendant l'hiver, le comportement du bétail est un compromis entre maximiser le gain d'énergie (thermique et alimentaire) et minimiser les pertes d'énergie (thermique et métabolique) (Olson et Wallander, 2002). Dans un pâturage venteux du Montana, Olson et Wallander (2002) n'ont pas mis en évidence de différence marquée de comportement entre des cheptels bovins ayant accès ou non à un brise-vent. Toutefois (Quam et al., 1994) mentionnent que la réduction de la vitesse du vent en hiver réduit le stress des bovins, améliore leur santé et augmente l'efficacité de l'alimentation.

Profiter d'un espace naturellement protégé du vent par un boisé ou une haie brise-vent pour aménager un enclos d'hivernage permet d'économiser les dépenses liées à l'installation de brise-vents artificiels. Ce n'est pas le cas lors d'une nouvelle plantation, puisque des brise-vent artificiels seront quand même nécessaires le temps que la haie soit assez grande pour fournir une protection efficace. En outre, il faut prévoir l'installation d'une clôture pour protéger la jeune haie des bovins (Bélanger, 2025, comm. personnelle).

Les brise-vent artificiels doivent être situés de préférence dans la partie la plus élevée de l'enclos et il est préconisé de les déplacer chaque année pour éviter l'accumulation d'éléments fertilisants dans le sol. Une haie composée d'arbres offrant une plus grande aire de protection qu'un brise-vent artificiel, ces opérations ne sont plus nécessaires une fois la haie assez grande pour jouer son rôle (PBQ, 2023).



© André Vézina



AMÉLIORATION DU BIEN-ÊTRE ANIMAL AU PÂTURAGE

Aménagements agroforestiers conseillés



Composition et disposition : arbres isolés, en bosquets ou en alignements

Un espace régulier entre les lignes d'arbres facilite les interventions mécaniques. La plantation en carrés convient bien à la forme généralement rectangulaire des parcelles et permet de faucher entre les lignes d'arbres dans les deux sens. Décaler les lignes (plantation en quiconque) permet de maximiser l'espace disponible pour chaque arbre, d'homogénéiser l'ensoleillement et d'éviter la création de couloirs de vents (Coulon et Pointereau, 2017).



Espèces : privilégier des espèces à feuilles caduques

Exemples d'arbres à feuilles caduques : bouleau blanc et bouleau gris, caryer ovale et caryer cordiforme, charme de Caroline, érable argenté, érable à sucre, févier d'Amérique, mico-coulier, ostryer de Virginie, peupliers, robinier faux acacia, saules, sorbiers, tilleul américain (Vézina, 2021 ; Benitz et al., 2023)

Exemples d'arbustes : caragana, cornouillers, noisetiers, physocarpes à feuilles d'obier, saules arbustifs, sureau blanc, viornes (Vézina, 2021)

Les pins qui ont une cime assez large, comme le pin blanc ou le pin sylvestre, sont aussi intéressants (Vézina, 2025, comm. personnelle)



Localisation : au sein des parcelles



Effet des arbres sur les animaux

Les arbres au sein de la parcelle ont un effet tampon sur les extrêmes climatiques dans une journée. Cet effet est d'autant plus important en période de canicule. Sous les arbres, Béral et al. (2018) ont noté des températures de -3,3 °C à -4,8 °C inférieures à celle de la parcelle témoin. Au milieu de l'inter-rang, la situation se rapprochait du témoin sans arbre (-0,6 °C à -1,2 °C).

Des arbres répartis dans l'ensemble des parcelles est donc l'option qui offre le plus de bénéfices aux animaux : l'ombre est mieux répartie dans la parcelle et l'air y circule avec très peu d'obstacles, ce qui contribue à abaisser encore davantage la température corporelle des animaux. La bonne répartition des arbres évitera également la concentration des animaux dans la même zone d'ombre avec risque rapide de surpâturage et de concentration des déjections dans cette zone.

L'ombre réduit la charge thermique due aux rayons du soleil mais n'est pas très efficace pour protéger le bétail du rayonnement réfléchi. De plus, la chaleur métabolique générée par la digestion et l'utilisation de l'énergie contenue dans les aliments peut également être une source de chaleur importante. Ainsi, l'ombre réduit globalement « moins d'un quart de l'énergie thermique totale que les bovins doivent gérer lors d'une journée ensoleillée. Cette réduction peut être importante dans des conditions de chaleur intense ou lorsque le bétail est stressé en raison d'autres facteurs. Elle est moins susceptible d'être cruciale pour les bovins acclimatés qui sont par ailleurs bien nourris, bien abreuves et en bonne santé » (Sharrow, 2000).

Il convient de garder en tête que l'ombrage est un des éléments d'amélioration du bien-être animal, à combiner avec tout un ensemble de pratiques de gestion du troupeau (génétique, alimentation, etc.).



© Cécile Tartere

Effet des arbres sur les plantes fourragères

Dans un système intraparcellaire, l'ombrage peut toutefois affecter la production des plantes fourragères.

L'interception de la lumière varie selon la densité du peuplement, le feuillage caduc ou persistant et l'architecture des arbres, celle-ci pouvant varier entre espèces du même genre (Belanger, 2017 ; Béral et al., 2018 ; Moreau et al., 2020). Pour une même population, il y aura généralement moins d'interception de lumière dans une plantation de feuillus que dans une plantation de conifères car ceux-ci ont généralement des indices de surface foliaire supérieurs aux feuillus, et la plupart ont des aiguilles qui persistent durant toute l'année (Benavides et al., 2009 ; Belanger, 2017).

Il y a une forte hétérogénéité spatiale, avec des ouvertures de canopée pouvant varier de moins de 20 % à plus de 80 % sur une même parcelle. Ceci entraîne une forte hétérogénéité de rendement et d'abondance des différentes espèces fourragères selon la distance aux arbres, les graminées étaient plus tolérantes à l'ombre que les légumineuses (Béral et al., 2018 ; Pang et al., 2019).

En Virginie, des études ont montré qu'une fermeture de canopée de 50 % ou plus entraînait une baisse de rende-

ment du fourrage mais, à 30 % d'ombre, le rendement était maintenu (Mercier, 2017) voire augmenté (Buergler, 2004). Le rendement était aussi maintenu pour une fermeture de la canopée inférieure à 45 % dans une étude au Missouri (Pang et al., 2019) et à 50 % dans une étude en France (Moreau et al., 2020). Lors de canicule, en milieu ouvert, le stress hydrique peut nuire à la productivité fourragère. A faible densité d'arbres, le rendement du fourrage est ainsi plus élevé en pâture arboré, l'ombre réduisant les pertes en eau par évapotranspiration (Belanger, 2017). Au contraire, avec une forte densité d'arbres, la culture souffre du manque de lumière. Une densité de 30 à 120 arbres/ha, ajustable selon le climat, le type d'arbres et le mode de gestion, offre un bon compromis (Belanger, 2017 ; Coulon et Pointereau, 2017 ; Benitz et al., 2023).

Différentes études montrent des effets contradictoires de l'arbre sur la végétation herbacée des prairies, selon le contexte pédoclimatique. De la recherche est encore nécessaire pour identifier les pratiques de gestion adéquates pour que les phénomènes de compétition ne l'emportent pas sur les phénomènes de facilitation (Béral et al., 2018).



Précautions à prendre

- ○ Éviter les espèces connues pour leur toxicité pour les bovins, telles que le cerisier de Virginie (feuillage, pousses, écorce et noyaux des fruits) ou les chênes (glands) (University of Minnesota, 2023).
- ○ Bien protéger les jeunes arbres du piétinement, du frottement et du broutage des bovins, avec une clôture de part et d'autre des alignements ou un grillage autour de chaque arbre. Pour des alignements, on peut utiliser des fils électriques ou une clôture grillagée. Pour les arbres isolés ou en bosquets, des manchons grillagés de 1,6 m de haut sont efficaces (Novak et al., 2020a). Les clôtures doivent être assez loin pour éviter que les bovins attroupés autour des arbres produisent un tassemement de sol nuisible au développement des racines.
- ○ Effectuer éventuellement une taille du houppier des arbres pour limiter la compétition lumineuse avec les herbacées.
- ○ Si le pâturage est mené en rotation intensive, localiser les arbres le long des clôtures fixes, et réfléchir à un design d'aménagement et à une gestion des clôtures mobiles qui permettent de déplacer facilement les animaux entre les parcelles.



© Noémie Côté

Aspects économiques

En Ontario, Palacio et al. (2015) ont observé que, durant la période la plus chaude de la journée, les vaches au pâturage sans accès à une ombrière ont été à l'abreuvoir jusqu'à 6,4 fois plus, tandis que les vaches avec accès à l'ombrière ont été observées à brouter et en position couchée jusqu'à 1,5 et 1,8 fois plus. En période de forte chaleur, les bovins protégés des températures extrêmes par l'ombre continuent à ruminer plus longtemps. Dans cette étude, aucun effet significatif sur la productivité de viande ou de lait n'avait été démontré (Palacio et al., 2015).



Bovins laitiers

Au Québec, une étude sur 6 ans sur le lien entre les conditions de températures et d'humidité et la production laitière de troupeaux Holstein a également montré que le volume de lait produit était peu affecté. En revanche, « les vaches soumises à des conditions de stress thermique ont produit en moyenne moins de matières grasses, de protéines et de lait à valeur énergétique corrigée, ainsi que des concentrations de matières grasses et de protéines plus faibles » (Ouellet et al., 2019).



Bovins de boucherie

Dans une étude sur 4 ans en Oklahoma, des gains de poids de 6, 9, 1 et 11 % ont été constatés avec des ombrières chez des bœufs Hereford, selon les années. L'impact de l'ombre était plus important par temps chaud et humide (McIlvan et Shoop, 1970).



Globalement, la présence d'ombre améliore le bien-être animal au pâturage, avec des effets plus ou moins importants sur la productivité, selon les facteurs environnementaux, les caractéristiques des animaux et la gestion du troupeau (Deniz et De-Sousa, 2023).



FOURNITURE DE FOURRAGES LIGNEUX

Aménagements agroforestiers conseillés



Disposition et localisation :

- autour des parcelles : arbres et/ou arbustes feuillus en alignements ou en haies
- au sein des parcelles : arbres et/ou arbustes feuillus en bosquets ou en alignements



Gestion : le fourrage ligneux peut être géré de différentes façons.

Les jeunes branches peuvent être récoltées régulièrement en pratiquant une taille en trogne³, à différentes hauteurs.

Le feuillage peut aussi être mangé par les animaux directement sur pied. Certains arbres et arbustes peuvent être régulièrement rabattus⁴, voire recépés⁵ pour les arbustes .

En France, on parle de tables forestières pour désigner des troncs bas avec de nombreux rejets disponibles pour les animaux.



Espèces : privilégier des feuillus, plus résistants au broutage et moins riches en lignine. Les peupliers, les saules arbustifs, le sureau et le mûrier blanc sont intéressants pour leur coût réduit d'implantation, leur appétence, leur productivité et leur valeur nutritive.

Plusieurs espèces ligneuses peuvent supporter des tailles sévères, par exemple les saules arbustifs, le physocarpe à feuille d'obier, les cornouillers, les noisetiers, le mûrier blanc, la vigne, le sureau, les frênes, les hêtres, l'érythrina rouge, l'érythrina argenté, le bouleau, les aulnes, le tilleul, etc.

Si le fourrage est destiné à être récolté, des espèces à croissance rapide, comme les peupliers, sont intéressantes car elles dépassent rapidement la hauteur de broutage.

Outre l'appétence, la digestibilité et la valeur nutritive, d'autres caractéristiques sont à prendre en compte pour le choix des espèces appropriées aux animaux et au site.

Par exemple, on peut sélectionner des espèces ne drageonnant pas afin éviter l'envahissement de la parcelle. Ou on peut au contraire favoriser ces espèces afin de multiplier la source de fourrage ligneux, qui sera contrôlée naturellement par le broutage des bovins.



© Adrien Messéan



© Adrien Messéan

³Taille en trogne : technique d'exploitation de l'arbre auquel on a coupé le tronc ou les branches maîtresses à un niveau plus ou moins élevé, afin de mettre les jeunes pousses à l'abri et de provoquer le développement de rejets que l'on récolte ensuite périodiquement (Groupe national trognes. <https://trognes.fr/>).

⁴Rabattage : opération qui consiste à raccourcir les branches primaires et secondaires ainsi que les rameaux, à partir d'appel-sève dans le cas d'un arbre (BNQ 0605-200/2020, Entretien arboricole et horticole)

⁵Recépage : opération qui consiste à couper toutes les tiges des arbustes presque au ras du sol (BNQ 0605-200/2020, Entretien arboricole et horticole)

Effet des arbres sur les animaux

Les vaches broutent parfois d'elles-mêmes les branches basses des arbres au pâturage. Les espèces ligneuses ont été utilisées traditionnellement pendant des centaines d'années par les éleveurs d'Amérique du Nord, d'Europe et de Russie comme source de fourrage.

S'il est récolté, le feuillage peut être donné frais aux animaux ou conservé pour l'hiver. Il peut même être ensilé. La consommation sur pied par les bovins peut être un moyen de valoriser une zone mal drainée ou peu accessible aux tracteurs.

Les espèces ligneuses peuvent contribuer à la diversification fourragère, tout en ayant également d'autres fonctions sur la ferme, telles que l'ombrage au pâturage ou la protection contre le vent.

En France, le fourrage ligneux est vu comme une source complémentaire en période estivale quand la pousse de l'herbe est ralentie par la sécheresse.



Effet des animaux sur les arbres

« En parallèle, se pose la question de l'impact des prélèvements de feuilles et de rameaux sur le développement des ligneux et leur survie sur le long terme. Il reste encore à étudier l'effet de plusieurs facteurs (période et rythme de prélèvement, mode de prélèvement, techniques de pâturage et mode de protections, etc.) avant de pouvoir fournir des recommandations aux éleveurs » (Novak et al., 2020a).

Certains arbres se remettent naturellement plus rapidement que d'autres du broutage. Les conifères semblent moins résistants au broutage que les feuillus, car ils stockent plus de nutriments dans leurs feuilles et poussent souvent moins vite. Certaines espèces tolérantes à l'ombre, comme le sorbier, sont susceptibles de survivre mieux que d'autres au broutage, car elles accumulent des réserves de nutriments dans leurs racines. Cela leur permet de résister à la perte de feuilles » (Innovative Farmers, 2024).



Précautions à prendre



- Novak et al. (2020a) soulignent que la mise en œuvre des dispositifs agroforestiers demande du temps et de l'attention sur la durée. Il faut considérer le coût d'achat et le temps d'installation et d'entretien de tout le système de clôture et d'abreuvoirs. En plus de la gestion régulière des pâturages, il faut prévoir la taille des arbres (une ou deux fois dans l'année) ou des vignes (une fois dans l'année), ainsi que les fauches et le paillage du pied des arbres les premières années pour limiter la concurrence avec la végétation spontanée.
- Pendant au moins les 5 premières années, bien protéger les jeunes arbres du piétinement et du frottement des bovins.
- Lorsque les haies sont âgées, il est possible, dans un système en pâturage tournant, de retirer la clôture de manière à ce que les animaux les entretiennent directement et puissent s'en servir comme abri. Si les animaux restent plusieurs semaines en revanche, il faut conserver la protection pour éviter les dégâts au niveau des troncs et un piétinement excessif au pied des arbres (Novak et al., 2020a ; Poiradeau, 2025, comm. personnelle).
- Attention aux végétaux ayant des feuilles ou fruits toxiques pour les bovins, tels que les glands de chêne ou les fruits à noyaux comme les cerises ou les prunes. Il est intéressant de noter que le bétail peut généralement manger les feuilles fraîches et complètement séchées sans problème, mais manger trop de feuilles fanées, par exemple celles d'une branche tombée, peut le rendre malade, voire le tuer, celles-ci ayant des niveaux de cyanure plus élevés. Cependant, les animaux qui ont grandi avec ces arbres et qui ont appris le comportement alimentaire de leur mère peuvent souvent manger ces feuilles fanées sans effets nocifs, car ils ont appris à ne pas manger trop à la fois (Innovative Farmers, 2024). Pour plusieurs espèces végétales, « l'exposition précoce et régulière à ces plantes leur permet de développer des mécanismes de gestion des toxines, notamment par l'activation des voies métaboliques des reins et du foie. Cette capacité d'autogestion s'appuie également sur l'apprentissage intergénérationnel au sein du troupeau » (Association Française d'Agroforesterie, 2024). Ces risques doivent être soigneusement pris en compte dans la gestion du pâturage afin que les animaux ne soient pas contraints de consommer ces éléments végétaux en quantité nocives.
- En outre, l'effet négatif d'un fourrage trop riche en lignine a été constaté par Lafrenière (2021) chez des animaux nourris avec des rations contenant plus de 15 % d'aiguilles d'épinettes noires.

Aspects économiques

Au Québec, le potentiel de production fourragère et de valeur alimentaire de plusieurs clones de peupliers hybrides a été analysé par Vallée et Chamberland dès 1978 .

En France, l'Institut national de recherche agronomique (INRAE) a installé en 2014 un dispositif expérimental visant à étudier différentes modalités agroforestières en production laitière au pâturage. Il comporte quatre parcelles avec des lignes d'arbres intraparcellaires, trois arboretums (têtards, saules, lianes), un bosquet, un petit bois et regroupe plus de 70 espèces d'arbres, d'arbustes et de lianes. L'INRAE a analysé des feuilles de 28 espèces d'arbres, 14 espèces d'arbustes et 8 espèces de lianes. La valeur énergétique et les teneurs en azote, minéraux et tanins condensés varient beaucoup selon les espèces. « Les résultats montrent une diversité importante des valeurs nutritives des ligneux, avec des valeurs comparables à celles des fourrages herbacés classiques. Plusieurs espèces ligneuses (mûrier blanc, figuier, saule marsault, prunellier, sureau, grenadeille) présentent une excellente valeur nutritive, aussi bonne que celle de bons fourrages, tant sur les plans énergétique et protéique qu'au niveau de leurs teneurs en minéraux d'intérêt. D'autres espèces se caractérisent par leur richesse en certains minéraux (néflier et bourdaine pour le phosphore, cornouiller sanguin et tilleul pour le calcium) ou en tanins condensés (robinier, vigne) » (Novak et al., 2020b ; Mahieu et al., 2021).

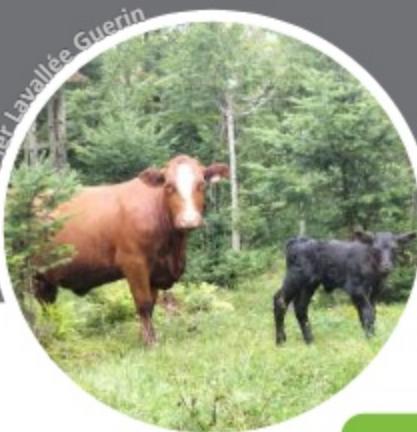
« Quelle que soit l'espèce analysée et le mode d'exploitation de l'arbre, les teneurs en matière sèche des feuilles augmentent du printemps vers l'automne, tandis que dans le même temps, le pourcentage de matières azotées totales diminue, ainsi que la digestibilité » (Moreau et al., 2020).

« Les tanins condensés sont moins toxiques que les tanins hydrolysables car ils ne traversent pas la barrière intestinale. Ils agissent comme défense contre les insectes, offrent des avantages anti-parasitaires et améliorent la digestibilité des protéines chez les ruminants » (Association Française d'Agroforesterie, 2024). Les fourrages riches en tanins sont également étudiés pour leur potentiel à réduire la production du méthane entérique (Rira, 2019 ; Stewart et al., 2019).

Plusieurs espèces ligneuses contiennent en outre des métabolites secondaires aux propriétés médicinales, comme l'églantier (*Rosa canina*), le sureau (*Sambucus nigra*) ou le frêne commun (*Fraxinus excelsior*) (Association Française d'Agroforesterie, 2024).

« Des études sur la qualité nutritionnelle des produits issus d'animaux alimentés avec des fourrages ligneux mériteraient d'être conduites » (Novak et al., 2020a).





BROUTAGE EN FORêt

Aménagements agroforestiers conseillés



Localisation : « Une façon d'introduire un système sylvopastoral consiste à faire une coupe de jardinage⁶ en forêt pour permettre l'ouverture de la canopée, l'augmentation de lumière au sol et la croissance des herbes. On peut aussi préparer mécaniquement le sol en contournant les arbres et semer des herbacées pour augmenter la production et la qualité du fourrage » (Belanger, 2017).



Composition : des espaces dominés par des essences feuillues sont plus favorable à l'établissement d'une strate herbacée.



Densité : la surface terrière⁷ est un indicateur de la compétition entre arbres. En France, elle est utilisée pour orienter les interventions dans une parcelle sylvopastorale. La surface terrière cible peut varier en fonction des peuplements (résineux, feuillus). En moyenne, on recherchera une surface terrière comprise entre 10 et 20 m²/ha (Wenisch, 2025, comm. personnelle).

Attention : pratique à réserver aux zones historiquement à vocation agricole, ayant été délaissées et où se serait développé une friche arborescente. Les interventions en milieu forestier sont réglementées et doivent être prescrites par un ingénieur forestier. En outre, le pâturage en milieu boisé est assimilable à une cour d'exercice par le Règlement sur les exploitations agricoles (REA) (MELCC, 2021).

« Normalement, une forêt [...] mature ne produit pas beaucoup de végétation pouvant être broutée par le bétail, puisque la canopée est fermée et que peu de lumière parvient au sol. Les trouées en forêt, créées par les perturbations naturelles comme le feu, les infestations d'insectes, les chablis⁸ ainsi que les perturbations anthropiques comme la coupe, sont nécessaires pour permettre à la lumière de parvenir au sol et favoriser ainsi la croissance des herbes et des arbustes. [...] Les taux de croissance des arbres et la vitesse de fermeture de la canopée dans les trouées dépendent beaucoup du climat et des sols » (Belanger, 2017).

L'objectif en sylvopastoralisme est d'obtenir un équilibre entre couvert forestier, luminosité au sol, et ressources fourragères. Pour cela, la surface terrière est un bon indicateur des actions à mener et peut permettre d'aider à la sélection des arbres à couper (Wenisch, 2025, comm. personnelle) :

- une surface terrière trop élevée ($> 25-30 \text{ m}^2/\text{ha}$) indique un couvert trop dense, limitant la lumière au sol et donc la croissance des herbacées nécessaires au pâturage;
- une surface terrière trop faible ($< 8-10 \text{ m}^2/\text{ha}$) peut limiter le maintien d'un couvert forestier utile pour l'ombrage et la protection du bétail.



© Cécile Tartera

⁶Coupe de jardinage : la récolte est effectuée par pied d'arbre choisi individuellement ou par petit groupe d'arbres. Les ouvertures ainsi créées favorisent l'établissement et le développement d'essences tolérantes et semi-tolérantes à l'ombre. Les forêts qui font l'objet de la coupe de jardinage doivent comprendre des arbres d'une grande diversité d'âges. On veut ainsi préserver les arbres d'avenir et leur donner le temps et les conditions idéales pour croître dans de meilleures conditions et ce sans nuire à l'équilibre naturel du peuplement (Ministère des ressources naturelles, sd).

⁷Surface terrière : somme de la surface de toutes les sections transversales des troncs, à 1,30 m de hauteur, des arbres présents sur un hectare de forêt. Elle s'exprime en m²/ha (Centre régional de la propriété forestière de Normandie, 2013. Les dessous de la surface terrière. https://hautsdefrance-normandie.cnpf.fr/sites/socle/files/cnfp-old/surface_20terriere_1_1.pdf)

⁸Chablis : perturbation naturelle provoquée par le vent qui renverse, déracine ou brise un arbre ou un groupe d'arbres

Dans les zones sèches en été, le broutage des herbes sèches et petits arbustes par le bétail permet de contrôler la quantité de combustible disponible et de réduire les risques d'incendie.

L'ouverture du milieu est aussi favorable aux essences ayant besoin d'un ensoleillement important et permet la fructification de champignons forestiers, tels que bolets, chanterelles communes, lactaires, matsutake ou cornes d'abondance (trompettes de la mort), et autres produits forestiers non ligneux valorisables quand les animaux sont sortis (Cultur'Innov, 2013 ; Tomao et al., 2017 ; Lefebvre, 2025, comm. personnelle).

La qualité du fourrage dans les pâturages en forêt est souvent inférieure à celle des systèmes sylvopastoraux où des arbres sont plantés sur des pâturages herbacés.

Les aiguilles des conifères se décomposent beaucoup plus lentement que la litière des feuillus et les résidus de culture, car elles sont riches en lignine et en composés phénoliques. De plus, elles peuvent engendrer une acidification du sol, qui est exacerbée par l'élagage des arbres car cela apporte une quantité importante d'aiguilles et de branches au sol sur une courte période (Hawke et Knowles, 1997 dans Belanger, 2017). Toutefois, la litière de certaines espèces feuillues peut avoir un effet neutre voire positif sur la fertilité de certains sols de pâturage. « Par exemple, l'établissement d'espèces de peuplier [...] sur des sols de pâturage très légèrement acides peut favoriser une hausse du pH du sol », augmentant la disponibilité de l'azote et d'autres nutriments (Benavides et al., 2009).



© Cécile Tartere

Précautions à prendre



..... « Le « pâturage buissonneux » a à juste titre été perçu comme une pratique négative par le passé, puisqu'il nécessite de sacrifier des zones naturellement boisées à des fins de pâturage, avec peu ou pas de gestion du bétail sur le terrain. Cela a entraîné une érosion et un compactage accusé du sol ainsi que des dommages aux arbres, laissant la zone boisée sans recré. De nos jours, lorsque le système sylvopastoral est adopté, des stratégies de gestion intensive pour le pâturage devraient être mises en place » avec une rotation fréquente des animaux et une évaluation de la biomasse du fourrage avant et après l'accès (Benitz et al., 2023). « Le chargement ainsi que le calendrier de pâturage doivent être bien définis. Les arbres juvéniles doivent être protégés du bétail et la planification des coupes d'arbres doit être bien étudiée pour ne pas engendrer des sur-prélèvements impactant les performances du système » (Association Française d'Agroforesterie, 2024).

..... Afin de préserver le peuplement forestier, limiter l'accès au bétail à ces zones à de courtes périodes ponctuelles et éviter les périodes de faible portance du sol, au printemps et à l'automne. Le pâturage en forêt peut par exemple être réservé aux périodes de canicule estivale.



AUGMENTATION DE LA PRODUCTIVITÉ ET DE LA LONGÉVITÉ DES PRAIRIES

Aménagements agroforestiers conseillés



Composition et disposition : haies brise-vent peu à moyennement denses constituées d'une à deux rangées d'arbres et/ou arbustes, essentiellement feuillus

Exemples (Cogliastro et al., 2022) :

- Une rangée d'arbustes aux 2 m
- Une rangée d'arbres feuillus aux 3 m
- Une rangée d'arbres feuillus aux 4 à 6 m avec arbustes intercalés
- Une rangée d'arbres à feuilles persistantes et d'arbres à feuilles caduques et à cime étroite aux 3 m, avec au maximum un tiers d'arbres à feuilles persistantes
- Deux rangées d'arbres feuillus aux 4 à 6 m
- Deux rangées, dont une rangée d'arbres feuillus aux 3 m et une rangée d'arbustes aux 2 m



Localisation : autour des parcelles, perpendiculaires au vent hivernal, avec une haie à tous les 10 H si la parcelle est plus grande

Le couvert de neige formé sur environ 10 H en aval de la haie offre une protection contre le gel aux cultures pérennes. Il évite une asphyxie hivernale ou un gel printanier des points de croissance et réduit le risque de déchaussement des plants de luzerne causé par les alternances gel/dégel en sol argileux. Ce bénéfice est d'autant plus marqué compte tenu de la tendance à la diminution de la proportion de neige dans les précipitations hivernales et à l'augmentation du nombre de jours de gel/dégel en hiver.

L'ombrage des arbres peut entraîner une baisse de rendement en foin. Pour protéger des prairies, des haies brise-vent en bordure de parcelles sont donc plus appropriés que des systèmes intraparcellaires.



Précautions à prendre



-○ Remplacer les végétaux morts afin de maintenir l'intégrité de la haie et d'éviter la formation de trouées par lesquelles le vent s'engouffrerait, créant l'effet inverse de celui recherché.
-○ Une haie trop dense peut avoir l'effet inverse de celui recherché et augmenter les risques de gel dans la zone protégée du vent. En effet, en limitant les mouvements d'air dans cette zone, les haies brise-vent peu poreuses peuvent retenir plus longtemps l'air froid et réduire le réchauffement du sol par le vent (Richard et Munger, 2019 ; Vézina, 2001). Maintenir une porosité suffisante pour permettre la circulation de l'air est également important pour ne pas nuire au séchage du foin pendant la saison de culture.
-○ Une baisse de rendement peut être constatée à proximité directe de la haie en raison de l'ombre. L'élagage des arbres est le levier principal pour limiter la compétition lumineuse avec les herbacées.

Aspects économiques

Au Bas-Saint-Laurent, Vézina et Talbot (2010, dans Vézina, 2021) ont mesuré des augmentations de rendement de 4 % sur 20 H dans des prairies mixtes. Au Lac-Saint-Jean, Vézina (2015, dans Vézina, 2021) a constaté une variation de rendement de luzerne de -9 % à + 42 % sur 14 H selon les années, l'effet favorable étant manifeste les années de faibles chutes de neige.

Un sondage de satisfaction a été réalisé auprès de 31 producteurs (majoritairement laitiers) de la Côte-du-Sud qui cultivent du foin et/ou des céréales. L'âge moyen des haies était de 15 ans. Quatre producteurs sur cinq ont déclaré que, si c'était à refaire, ils replanteraient des haies (Vézina, 2021).





AGROTOURISME

Aménagements agroforestiers conseillés



Composition, disposition et localisation : arbres isolés, arbustes fleuris, végétalisation des abords d'un étang ou d'un cours d'eau, alignement d'arbres le long d'un chemin pédestre, haie brise-vent moyennement dense d'une ou plusieurs rangées le long de la route, haies favorisant la connectivité entre des boisés, etc.



Espèces : espèces de hauteurs, formes et textures variées, aux floraisons ou feuillages colorés et diversifiés

Exemples d'espèces à feuilles duveteuses aptes à retenir une plus grande quantité de poussières : caryer ovale, ostryer de virginie, chêne à gros fruits, sumac vinaigrier (SODAQ, 2002)

La présence d'arbres embellit le site d'une boutique ou d'un gîte, apporte de l'ombre et agrémente une aire de pique-nique ou un sentier de promenade.

Un écran boisé permet de dissimuler une infrastructure inesthétique, comme une fosse à lisier.

Les haies en bord de route confèrent au site plus d'intimité et réduisent les poussières et la nuisance sonore liées à la circulation.

Une clôture en osier vivant (jeunes rameaux de saules arbustifs) délimite des espaces et crée rapidement un brise-vue esthétique et original, d'une longévité d'une quinzaine d'années.

Des ateliers pédagogiques d'observation de la faune, de découverte de la flore indigène ou de cueillette d'espèces comestibles dans les aménagements agroforestiers peuvent également être organisés pour augmenter l'attractivité.

Les arbres sur la ferme sont en outre « symboliques d'une agriculture plus soucieuse de l'environnement, qui peut alors être légitimement revendiquée pour promouvoir ses produits et attirer les consommateurs » (Warlop et al., 2017).

D'autre part, diverses études mettent en évidence les bienfaits pour la santé mentale dérivés du contact avec la nature et particulièrement la forêt (Buckley et al., 2020 ; Bherer, 2021). Les fermes agrotouristiques peuvent constituer des lieux de ressourcement facilement accessibles. Le bien-être et la connexion à la nature peuvent être mis de l'avant en s'insérant dans une offre de tourisme basé sur la nature à échelle régionale, dans un circuit agrotouristique par exemple.



Précautions à prendre

- ○ Éviter les espèces aux fruits attrayants mais toxiques pour la consommation humaine, tel que le cerisier de Virginie (*Prunus virginiana L.*), les ifs (*Taxus spp.*) ou le troène commun (*Ligustrum vulgare*) (Mulligan et Munro, 1990).
- ○ Encadrer les accès et l'autocueillette pour préserver les végétaux.



SÉQUESTRATION DE CARBONE

Aménagements agroforestiers conseillés



Composition : les aménagements incluant des arbres sont l'option la plus intéressante.

Aucune différence significative au niveau du stockage de carbone n'a été mesurée par Rivest et al. (2024), que la haie soit composée de feuillus, de conifères ou d'un mélange. Boulfroy et al. (2019) ont mesuré un taux légèrement plus élevé dans la biomasse des feuillus que chez les résineux. La portion de carbone du sol sous la haie est très variable selon la texture de sol, l'historique des interventions et le climat.

Sur 40 ans, le peuplier hybride stocke deux fois plus de CO₂ que les autres feuillus et les conifères (Boulfroy et al., 2019).

« Une plantation d'arbustes seuls ne constitue pas une importante séquestration de carbone. Par contre, l'ajout d'arbustes dans une haie constituée d'arbres peut apporter une petite contribution supplémentaire en carbone séquestré, en plus des autres avantages liés à la présence des arbustes » (Boulfroy et al., 2019).

Les végétaux ligneux plantés sur des terres agricoles contribuent à l'amélioration du bilan de gaz à effet de serre (GES) de la ferme en augmentant la séquestration de carbone. Dans le bilan, le carbone stocké sur la durée de vie de l'arbre est ramené en tonnes d'équivalent CO₂ (teq CO₂) stockées annuellement. Celles-ci peuvent éventuellement compenser une partie des émissions de GES produites sur la ferme.

Comme toutes les plantes pérennes, les végétaux ligneux séquestrent du carbone via leurs exsudats racinaires qui contribuent à l'augmentation de matière organique stable. Toutefois, en milieu agricole, dans les 20 premières années suivant leur plantation, le potentiel de séquestration du carbone des haies se trouve principalement dans la biomasse aérienne et souterraine des arbres et non dans le sol. En fait, le carbone du sol diminue à la suite de l'implantation des haies et il faut en moyenne plus de 25 ans pour le récupérer (Fortier et al., 2011 ; Marty et Faubert, 2024 ; Mathieu et al., 2024 ; Rivest et al., 2024).



Le carbone représente environ la moitié de la masse sèche d'un arbre et la plus grande partie se trouve dans la biomasse aérienne. Pour les arbres matures, la biomasse racinaire représente environ 18 % de la biomasse totale pour les conifères et 25 % pour les feuillus (Marty et al., 2024).

Le potentiel de séquestration dans la biomasse des arbres varie fortement selon les essences, la densité de plantation et le taux de mortalité.

Dans une étude en Montérégie sur un réseau de 36 haies, Rivest et al. (2024) ont mesuré un taux de séquestration dans le sol et la biomasse des arbres de 0,6 t C/an/km, pour les haies âgées en moyenne de 17 ans et une emprise moyenne de 5,6 m de large. C'est l'équivalent de 2,2 teq CO₂/an/km (Martin-Guay, 2025, comm. personnelle).

Dans une étude similaire au Saguenay-Lac-Saint-Jean sur un réseau de 50 haies, Marty et Faubert (2024) ont utilisé leurs mesures pour faire des simulations avec le logiciel Holos. Celles-ci indiquent que le sol et la biomasse des arbres pourraient accumuler en moyenne 20,3 t C/km en 25 ans et 77 t C/km en 50 ans, soit 0,8 t C/an/km pour des haies de 25 ans et 1,5 t C/an/km pour des haies de 50 ans et une emprise moyenne de 3 m de large. C'est l'équivalent de 2,9 teq CO₂/an/km pour des haies de 25 ans et 5,5 teq CO₂/an/km pour des haies de 50 ans (Marty, 2025, comm. personnelle)

Boulfroy et al. (2019) quant à eux ont mesuré une séquestration dans la biomasse des arbres (sans le sol) d'environ 0,4 t C par arbre pour les résineux, 0,5 t C pour les feuillus nobles et 0,7 t C pour le peuplier hybride sur un horizon de 40 ans. C'est l'équivalent de 1,5 teq CO₂ par arbre pour les résineux, 1,7 teq CO₂ pour les feuillus nobles et 2,6 teq CO₂ pour le peuplier hybride en 40 ans.

Les études au Québec attestent du potentiel du peuplier hybride à stocker d'importantes quantités de carbone du fait de sa croissance très rapide (Boulfroy et al., 2019 ; Marty et al., 2024 ; Rivest et al., 2024). Le carbone est toutefois stocké moins longtemps car le peuplier a une longévité plus faible que les autres feuillus. Le carbone est réémis dans l'atmosphère lorsque le peuplier meure et se décompose, ou suite à son utilisation post-récolte, son bois étant souvent destiné aux pâtes et papier.

© Céline Fortin



Précautions à prendre

- 
- © Benoit Poirier des Garennes
- La présence de paillis de plastique noir réduit significativement le carbone stocké dans le sol. Ceci tient principalement au fait qu'il réchauffe le sol et garde l'humidité, stimulant la dégradation de la matière organique stable (Mathieu et al., 2024). Le paillis permettant toutefois une meilleure croissance des arbres grâce au contrôle de la compétition de la végétation naturelle, il est possible que le gain de biomasse ligneuse compense la perte de carbone du sol après un certain nombre d'années de croissances. Cet aspect n'a pas encore été documenté.
 - Quoique les peupliers aient un potentiel de stockage de carbone plus élevé que les autres espèces de feuillus, ils sont à utiliser avec précaution car, sans gestion adéquate, ils peuvent présenter des risques et inconvénients à moyen terme (voir section Entretien et gestion des végétaux).
 - Les bénéfices des haies sur la séquestration en carbone s'obtiennent sur le long terme et sont intimement liées aux conditions de croissance des arbres (mieux un arbre pousse, plus il stocke du carbone). Une plus grande diversité d'espèces et de genres botaniques augmente la résilience des haies face aux perturbations et la garantie de séquestration de carbone sur le long terme. Ainsi, grâce à leur composition diversifiée, les haies étudiées par Rivest et al. (2024) ont continué à séquestrer du carbone malgré la mortalité élevée des frênes causée par l'agrile.

Aspects économiques

Ces dernières années, les initiatives de réduction des émissions de GES du secteur agricole se sont multipliées au Québec. Les élevages bovins sont particulièrement ciblés en raison des émissions issues de la fermentation entérique. Les entreprises agricoles peuvent améliorer leur bilan de GES en réduisant les émissions liées à leur production et en stockant du carbone dans le sol et dans les arbres.

Pour être comptabilisées dans un bilan de GES, les réductions d'émissions doivent être additionnelles, c'est-à-dire représenter une amélioration par rapport aux pratiques courantes. Elles peuvent être soit conservées par la ferme pour améliorer son bilan de GES, soit vendues selon différentes modalités.

Le *offsetting* consiste à vendre des crédits carbone pour compenser les émissions d'une industrie sans rapport avec la production agricole. La ferme peut alors percevoir un revenu grâce à la vente des crédits carbone qui proviennent des mesures mises en place pour réduire ses émissions ou séquestrer davantage de carbone (par exemple la plantation d'arbres sur ses terres agricoles).

Le *insetting* consiste à renoncer à ses réductions d'émissions mais à garder celles-ci au sein de la filière. Il s'agit d'une stratégie commerciale qui peut donner à la ferme un avantage concurrentiel sur le marché.

Quoiqu'il en soit, dès qu'une ferme décide de se départir de ses réductions d'émissions, elle ne peut plus les comptabiliser dans son propre bilan de GES et s'éloigne de son objectif de carboneutralité. Il faut donc bien comprendre que les producteurs de lait et de bovins ne pourront pas à la fois saisir ces opportunités et respecter un objectif de carboneutralité.





ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Évolution du climat au Québec prévue par Ouranos (CDAQ, 2024)

- En saison froide : diminution de la durée et de l'épaisseur du couvert de neige, augmentation du nombre de cycles de gel/dégel durant l'hiver, augmentation des précipitations hivernales et printanières
- En saison chaude : augmentation du nombre de jours avec des températures élevées le jour et la nuit, de la fréquence et de la durée des épisodes de canicule et de la fréquence des événements de pluies extrêmes, aggravation du déficit hydrique estival

Impacts sur les productions animales

Gestion plus délicate des fumiers (risque accru de débordement des fosses et de ruissellement des amas au champ), augmentation des charges de neige sur les toits, contrôle plus difficile des conditions d'humidité dans l'étable, hausse du risque de stress thermique pour les animaux et de manque d'eau pour l'abreuvement

Impacts sur les cultures

Hausse des risques de stress hydrique des cultures, de compétition de certains ennemis de culture, d'érosion du sol et de mortalité hivernale des cultures d'automne et des plantes pérennes

Pour les bâtiments

Réduire les opérations de déneigement autour des bâtiments et sur les toits grâce à des haies brise-vent est particulièrement intéressant dans le contexte d'augmentation des températures hivernales, qui rend la neige plus lourde et difficile à souffler.



Pour les animaux

Les aménagements favorisant le bien-être animal vont prendre de l'importance, que ce soit à l'étable ou au pâturage. Le sylvopastoralisme - qui inclue les pratiques de gestion où les arbres, les cultures fourragères et le bétail sont intégrés sur la même parcelle - peut améliorer le bien-être et la productivité des animaux en réduisant le stress thermique, notamment par temps chaud et humide. De plus, la présence d'arbres au sein de la parcelle limite le temps passé à l'abreuvoir, ce qui peut avoir un impact économique et environnemental non négligeable. En effet, une vache haute productrice peut nécessiter jusqu'à 155 litres d'eau par jour, et davantage en cas de stress thermique (Palacio et al., 2015).



Pour les cultures



Les haies brise-vent pourront s'avérer essentielles certaines années pour maintenir un couvert de neige protégeant les cultures pérennes et des céréales d'automne contre le gel et protégeant les terres contre l'érosion hydrique. Lors de canicule, les arbres intraparcellaires pourront permettre de maintenir le rendement des pâturages. Les fourrages ligneux peuvent en outre fournir un fourrage d'urgence en cas de sécheresse.



ENTRETIEN ET GESTION DES VÉGÉTAUX

Pour le choix des végétaux, se référer au [Guide d'aménagement de systèmes agroforestiers du CRAAQ](#).

Dans tous les cas, le contrôle de la végétation herbacée spontanée, la protection contre les rongeurs et la taille de formation des arbres sont essentiels pour obtenir les bénéfices souhaités! Le mauvais fonctionnement ou les désagréments des haies constatés dans des aménagements de 20 ans et plus sont généralement causés par un manque de soin suivant l'implantation et de gestion des arbres au fil des ans.

Cas particulier des espèces à croissance rapide

Les espèces à croissance rapide, comme les saules et les peupliers, permettent d'obtenir des aménagements fonctionnels en quelques années. En contrepartie, elles requièrent plus d'interventions de la part du producteur ou de la productrice. Bien s'informer permettra de les utiliser en connaissance de cause et d'éviter les déconvenues qui pourraient survenir à défaut d'une gestion adéquate.

Saules arbustifs

Avantages à court terme

- Les hybrides de saules arbustifs peuvent atteindre 6 m de haut en 3 ans (Lalonde, 2024)
- Effet brise-vent effectif dès la deuxième année
- Bonne stabilisation de berge, surtout avec les espèces drageonnant
- Peu sensibles au bris par la glace (plient au lieu de briser)
- Efficaces pour la gestion (retrait, absorption, traitement) de certains contaminants des sols et des cours d'eau
- Feuillage et rameaux comestibles pour le bétail (New Zealand Poplar & Willow Research Trust, 2022)
- Floraison hâtive et riche en pollen, bénéfique aux polliniseurs en début de saison
- Plantation possible sous forme de boutures, rapide et économique
- Coupe réalisable à la débroussailleuse ou avec une ensileuse



Risques à moyen terme

- Le saule *interior* produit de nombreux drageons qui, en l'absence de travail de sol, peuvent empiéter sur les parcelles adjacentes.
- Les racines des saules à croissance rapide peuvent boucher les drains au bout de 3 ans, s'ils sont localisés trop près (Caron, 2022 dans Vézina et al., 2022).
- Au-delà de 10 ans sans rabattage⁹ ou recépage¹⁰, la haie perd en vigueur, des tiges mortes seront visibles au travers des bouquets (Lalonde, 2025, comm. personnelle).
- Au-delà de 4-5 ans, le diamètre des troncs nécessite l'utilisation d'une scie à chaîne plutôt qu'une débroussailleuse ou une ensileuse.

Gestion recommandée

- Il est préconisé de recéper les saules arbustifs jusqu'à 20 cm au-dessus du sol tous les 4-5 ans, ce qui favorise une reprise vigoureuse.
- Au-delà de 500 plants/km (espacement inférieur à 2 m entre les plants), la densité de plantation du saule arbustif n'influence plus la quantité de biomasse produite (Boulfroy et al., 2019). Toutefois, planter plus dense (espacement de 1 m entre les plants) n'augmente pas beaucoup les coûts et permet d'avoir des tiges plus fines et plus faciles à récolter, et une plus forte biomasse racinaire (Lalonde, Vézina, 2025, comm. personnelles).
- Pour obtenir une protection sur une grande distance, on peut planter plusieurs haies parallèles entre elles, à tous les 15 H.
- Choisir des espèces ou hybrides adaptés aux objectifs et aux contraintes du site.
- Les saules *discolor*, *Miyabeana*, et *eriocephala* ne produisent pas de drageons (Lalonde, 2025, comm. personnelle). Les saules *discolor* et *Miyabeana*, plus hauts, sont à privilégier en haies brise-vent. La plus petite taille et le système racinaire plus profond du saule *eriocephala* en font une espèce appropriée pour la stabilisation de berge, de même que le saule *interior*, en raison de sa forte tendance à drageonner.



⁹Rabattage : opération qui consiste à raccourcir les branches primaires et secondaires ainsi que les rameaux, à partir d'appel-sève dans le cas d'un arbre (BNQ 0605-200/2020, Entretien arboricole et horticole)

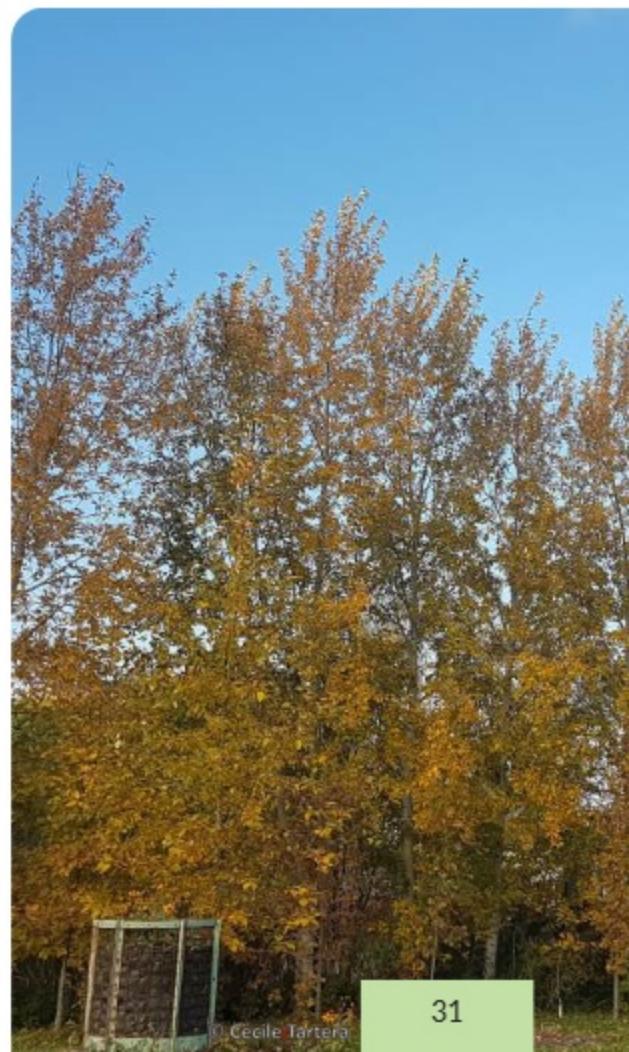
¹⁰Recépage : opération qui consiste à couper toutes les tiges des arbustes presque au ras du sol (BNQ 0605-200/2020, Entretien arboricole et horticole)

Avantages à court terme

- Certains hybrides peuvent atteindre 10 m de haut et un diamètre à hauteur de poitrine (DHP) de 30 cm en 10 ans et 20 m de haut avec un DHP de 50 cm en 20 ans dans les sols les plus fertiles (Rivest, 2025, comm. personnelle ; Fortier, 2025)
- Effet brise-vent perceptible sur plusieurs dizaines de mètres dès la troisième année
- Système racinaire étalé qui stabilise les berges
- Peu sensibles au bris par la glace (plient au lieu de briser)
- Formation d'une ambiance forestière ombragée en 5-10 ans, effet important sur l'amélioration de l'habitat aquatique et le contrôle des plantes exotiques envahissantes intolérantes à l'ombre (Fortier, 2025)
- Accélération de la succession forestière naturelle (Fortier, 2025)
- Efficaces pour la gestion (retrait, absorption, traitement) de certains contaminants des sols et des cours d'eau
- Feuillage et rameaux comestibles pour le bétail (New Zealand Poplar & Willow Research Trust, 2022)
- Plantation possible sous forme de boutures ou de plançons (grandes tiges sans racines), rapide et économique

Risques à moyen terme

- Production de nombreux drageons qui, en l'absence de travail de sol, peuvent empiéter sur les parcelles adjacentes. Les espèces les plus susceptibles de drageonner sont les peupliers faux-tremble, à grandes dents et baumier, et les peupliers hybrides issus des espèces *Populus balsamifera* et/ou *Populus maximowiczii*.
- Système racinaire étalé qui augmente le risque de compétition aux cultures pour l'eau et d'obstruction de drains souterrains.
- Si l'élagage est négligé, concurrence aux espèces à croissance lente voisines.
- Si le peuplier deltoïde peut vivre plus de 100 ans, certains peupliers hybrides ont une forte sensibilité au bris après une vingtaine d'années (Fortier, 2025, comm. personnelle).
- Dans certaines municipalités en Montérégie, réglementation municipale pouvant limiter ou empêcher l'abattage d'arbres sains dès l'atteinte de 10 cm de DHP.



Gestion recommandée

- Récolter certains arbres quand le DHP est inférieur à 30 cm facilite l'abattage (Fortier, 2025).
- Associer les peupliers à des espèces à croissance plus lente, mais plus longévives, permettra d'établir un relai et d'assurer le maintien des fonctions de la haie dans le temps.
- Pour réduire la compétition aux autres espèces, planter les peupliers et les arbres à croissance lente sur 2 rangées distinctes plutôt qu'en alternance sur la même rangée, et disposer les espèces plus petites et à croissance plus lente dans les rangées extérieures.
- Lorsque plantés en association avec des espèces à croissance plus lente, abattre les peupliers au bout de 10 à 20 ans (Fortier, Vézina, 2025, comm. personnelles).
- L'élagage permet de réduire l'ombrage aux cultures et aux arbres adjacents.
- Choisir les espèces et hybrides adaptés aux objectifs et aux contraintes du site.
- Près des cultures, privilégier le peuplier deltoïde ou les hybrides *P. deltoides* x *P. nigra*, qui font peu de drageons suivant un bris ou une coupe (Fortier, 2025, comm. personnelle).



CONCLUSION

La plupart des aménagements agroforestiers sont multifonctionnels. On constate toutefois que les effets sur le microclimat sont différents et plus ou moins étendus selon les caractéristiques des aménagements. La gestion des arbres et des arbustes au fil des ans impacte également beaucoup leurs interactions avec les cultures ou les élevages. Un seul type d'aménagement ne permet donc pas de cumuler tous les bénéfices potentiels. **L'objectif principal détermine le type d'aménagement et de gestion à adopter.**

Les bénéfices agronomiques de l'agroforesterie sont plus ou moins perceptibles d'une année à l'autre, selon les conditions environnementales. Mais ils le seront de plus en plus dans le contexte de changements climatiques.

L'agroforesterie prend ainsi tout son sens à l'échelle de la ferme et du territoire. La présence d'arbres et d'arbustes, sous des formes diversifiées, contribue à la (re)création d'agroécosystèmes plus autonomes et résilients. L'agroforesterie a l'ambition de favoriser des relations harmonieuses entre les éléments végétaux, animaux, microbiens, fongiques et jusque dans les communautés humaines rurales! L'arbre est un symbole fort de réconciliation entre des résidents, des consommateurs et des producteurs liés par le souci de prendre soin du vivant.

Au-delà des aménagements, raisonner à l'échelle de parcelles agroforestières ou même de fermes agroforestières permet d'identifier tous les espaces propices pour insérer des arbres, au bénéfice d'une agriculture productive, durable et rassembleuse.



© Marie-Pier Léveillé-Gauthier



© Noémie Côté

Cette fiche offre une synthèse des principaux bénéfices de l'agroforesterie pour les productions laitière et de bovin de boucherie, les principes d'aménagement et de gestion permettant de les favoriser, les limites et incertitudes, et les précautions à prendre pour minimiser les risques et inconvénients. Ces principes généraux sont à ajuster à chaque situation selon les caractéristiques et les contraintes physiques du site ainsi que les objectifs, ressources et valeurs des producteurs. L'agroforesterie étant par essence interdisciplinaire, il est recommandé de consulter différentes sources et d'impliquer des intervenants d'expertises complémentaires dans l'élaboration d'un plan d'aménagement et de gestion.

POUR ALLER PLUS LOIN

Agroforesterie à la ferme

- SODAQ. (2002). Des arbres sur ma ferme. Société de l'arbre du Québec (SODAQ), 28 p.
- Tartera, C. (2014). Guide pour la réalisation de plans d'aménagement agroforestiers. Groupe ProConseil. ISBN 978-2-981 4600-0-4
- Cogliastro, A., Vézina, A. et Rivest, D. (2022). Guide d'aménagement de systèmes agroforestiers. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ), 97 p. ISBN 978-2-7649-0658-3

Haies brise-vent

- USDA. (1974). Windbreaks for conservation
- Vézina, A. (2001). Les haies brise-vent. Mise à jour du cours no. 19. Ordre des ingénieurs forestiers du Québec
- AAC. (2010). Les brise-vent. Lignes directrices sur la conception de brise-vent pour les cours d'exploitation agricoles, les champs, le bétail, la faune et les bandes tampons riveraines dans les Prairies. No AAC 11215F. ISBN 978-1-100-92528-8
- Vézina, A. (2005). Des haies brise-vent autour des bâtiments d'élevage. Fédération des producteurs de porcs du Québec (FPPQ)
- Vézina, A. (2024). Les haies autour des bâtiments d'élevage. Groupe ProConseil, webinaire du 27 mars 2024
- Vézina, A. (2021). Aménagement de haies pour la protection de pâturages

Enclos d'hivernage

- PBQ. (2023). Guide des aménagements alternatifs en production bovine. Concept - Gestion - Suivi (2023). 2ème édition. Les Producteurs de bovins du Québec (PBQ) et Ministère de l'Agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec (MAPAQ)

Sylvopastoralisme et fourrages ligneux

- Bélanger, N. (2017). Le sylvopastoralisme, Cours ENV 3114, Agroforesterie et développement durable. Université TÉLUQ
- Moreau, J.C., Beral, C., Hannachi, Y., Lavoyer, S., Monier, S., Novak, S. et van Lerberghe, P. (2020). ARBELE - L'arbre dans les exploitations d'élevage herbivore : des fonctions et usages multiples. Innovations Agronomiques, 79 : 499-521
- Novak, S., Chargelègue, F., Chargelègue, J., Audebert, G., Liagre, F., et Fichet, S. (2020). Premiers retours d'expérience sur les dispositifs agroforestiers intégrés dans le système laitier expérimental OasYs. Fourrages, 242 : 71-78
- Association Française d'Agroforesterie (2024). Synthèse de données sur les fourrages ligneux. Projet SAR-BIVOR (sol, arbres, herbivore). 11 p.
- Gabriel, S. (2018). Silvopasture : Intro to Tree Fodder. Farming with trees, webinaire du 14 mars 2018
- Hansen, S. (2024). Tree & Shrub Leaf Silage Production for Agroforestry Systems - Shana Hanson 3 Streams Farm - Go Nuts. webinaire du 6 mai 2024
- Innovative farmers. (2024). Which tree species can provide nutritional value to my livestock?

Agroforesterie et séquestration de carbone

- Boulfroy, E., Joannis, G., Blouin, D., Babin, D. et Vézina, A. (2019). Optimisation de scénarios de plantations dans les bandes riveraines pour la séquestration de carbone. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie (CERFO) et Cégep de Sainte-Foy
- Mathieu, A., Martin-Guay, M.O., Cogliastro, A. et Rivest, D. (2024). Haies agroforestières, un potentiel de boisement et de séquestration de carbone tout en productivité. Association forestière du sud du Québec (AFSQ), hiver 2024
- Marty, C., Bouchard., S. et Faubert, P. (2024). Haies brise-vent : fiche technique 4. Stockage du carbone. Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)

Agroforesterie et adaptation aux changements climatiques

- Richard, C. et Munger, A. (2019). L'agroforesterie au bénéfice du microclimat : un atout face aux changements climatiques. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). ISBN 978-2-7649-0599-09
- Coudron, C. et Cogliastro, A. (2022). Avantages de l'agroforesterie en contexte de changements climatiques. Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec (CDAQ)
- Chagnon, P.L., Cogliastro, A., Côté, J., Delmotte, S., Maillard, E., Ménard, O., Olivier, A. et Rivest, D. (2023). Feuillet synthèse - L'agroforesterie au bénéfice des sols et des cultures, un atout face aux changements climatiques. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ), 42 p. ISBN 978-2-7649-0669-9

Saules et peupliers en agroforesterie

- Lalonde, O. (2024). Les saules arbustifs en agroforesterie. Groupe ProConseil, webinaire du 1er mars 2024
- Fortier, J. (2025). Les peupliers en agroforesterie. Groupe ProConseil, webinaire du 21 février 2025

Coûts d'implantation et d'entretien d'aménagements agroforestiers

- Biopterre. (2024). Simulateur en ligne de coûts d'implantation et d'entretien de haies
- Comité Références économiques du CRAAQ (2024). Haies brise-vent - Coûts d'implantation et d'entretien. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ), 7 p.



BIBLIOGRAPHIE

- AAC. (2010). Les brise-vent. Lignes directrices sur la conception de brise-vent pour les cours d'exploitation agricoles, les champs, le bétail, la faune et les bandes tampon riveraines dans les Prairies. No AAC 11215F. ISBN 978-1-100-92528-8.
- Association Française d'Agroforesterie (2024). Synthèse de données sur les fourrages ligneux. Projet SARBIVOR (sol, arbres, herbivore). 11 p. <https://www.agroforesterie.fr/wp-content/uploads/2024/06/les-fourrages-ligneux.pdf>
- Bélanger, N. (2017). Le sylvopastoralisme, Cours ENV 3114, Agroforesterie et développement durable. Université TELUQ. <https://env3114.teluq.ca/module-4/aperçu-du-module/>
- Benavides, R., Douglas, G.B. et Osoro, K. (2008). Silvopastoralism in New Zealand: Review of effects of evergreen and deciduous trees on pasture dynamics. *Agroforestry Systems*, 76(2) : 327-350. DOI : 10.1007/s10457-008-9186-6
- Benitz, S., Byrne, J., Chedzoy, B. et Wand, C. (2023). Système sylvopastoral pour l'Ontario. Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et des affaires rurales, Fiche technique No 23-088, décembre 2023. <https://www.ontario.ca/files/2024-01/omafra-silvopasture-for-ontario-fr-2024-01-11.pdf>
- Béral, C., Andueza, D., Ginane, C., Bernard, M., Liagre, F., Girardin, N., Emile, J.C., Novak, S., Grandgirard, D., Deiss, V., Bizeray, D., Moreau, J.C., Pottier, E., Thiery, M. et Rocher, A. (2018). Agroforesterie en système d'élevage ovin : étude de son potentiel dans le cadre de l'adaptation au changement climatique. 158p. <https://hal.inrae.fr/hal-02932381>
- Bherer, L. (2021). Les bienfaits de la nature sur la santé globale. Rapport réalisé pour le compte de la SEPAQ et remis en mars 2021. Institut de cardiologie de Montréal et Université de Montréal. <https://observatoireprevention.org/2021/07/08/les-bienfaits-de-la-nature-sur-la-sante-globale/>
- Boulfroy, E., Joannis, G., Blouin, D., Babin, D. et Vézina, A. (2019). Optimisation de scenarios de plantations dans les bandes riveraines pour la séquestration de carbone. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie (CERFO) et Cégep de Sainte-Foy. https://www.agrireseau.net/documents/Document_101067.pdf
- Buckley, R. (2020). Nature tourism and mental health: parks, happiness, and causation. *Journal of Sustainable Tourism*, 28(9) : 1409-1424. DOI : 10.1080/09669582.2020.1742725. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09669582.2020.1742725>
- Buerger, A.L. (2004). Forage Production and Nutritive Value in a Temperate Appalachian Silvopasture. Thesis submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Crop and Soil Environmental Sciences.
- CDAQ. (2024). Evolution du climat et impact des changements climatiques à la ferme. Formation des conseillers Agriclimat, cohorte 2024.
- Cogliastro, A., Vézina, A. et Rivest, D. (2022). Guide d'aménagement de systèmes agroforestiers. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ), 97 p. ISBN 978-2-7649-0658-3. https://www.craaq.qc.ca/Publications-du-CRAAQ/guide-d_amenagement-de-systemes-agroforestiers/p/PAGF0104#tab_tab3
- Coulon, F. et Pointereau, P. (2022). Concevoir son pré-verger et valoriser ses fruits. Solagro. https://solagro.org/medias/publications/f82_f63_brochure-pre-verger-web.pdf
- CRAAQ. (2011). TERMINOLOGIE ET DÉFINITIONS. Document préparé par l'exécutif du Comité agroforesterie. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). https://www.craaq.qc.ca/UserFiles/File/Comites/AGF/Terminologie_2011.pdf
- Cultur'Innov. (2013). Guide des principaux PFNL de l'Estrie. https://www.agrireseau.net/petitsfruits/documents/86399/guide-des-principaux-produits-forestiers-non-ligneux-de-l_estrie
- Deniz M., De-Sousa, K.T., Vieira F.M.C., Vale M.M.D., Dittrich J.R., Daros R.R. et Hötzl M.J. (2023) A systematic review of the effects of silvopastoral system on thermal environment and dairy cows' behavioral and physiological responses. *Int J Biometeorol*, 67(3) : 409-422. DOI : 10.1007/s00484-023-02431-5
- Fortier, J. (2025). Les peupliers en agroforesterie. Groupe ProConseil, webinaire du 21 février 2025.
- Hildebrandt, E.W. et Sarkovich, M. (1998) Assessing the cost-effectiveness of SMUD'S shade tree program. *Atmospheric Environment*, 32(1) : 85-94, ISSN 1352-2310. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(97\)00183-0](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(97)00183-0)
- Hwang, W.H., Wiseman, P.E. et Thomas, V.A. (2015). Arboriculture & Urban Forestry (AUF), 41 (4) : 208-222. <https://doi.org/10.48044/jauf.2015.020>

Innovative farmers. (2024). Which tree species can provide nutritional value to my livestock? <https://www.innovativefarmers.org/knowledge-hub/which-tree-species-can-provide-nutritional-value-to-my-livestock/>

Lafrenière, C., Berthiaume, R., Giesen, L., Campbell, C.P., Gardner, D., KipPanter et Mandell, I.B. (2021). Effects of feeding graded levels of black spruce needles and branches on beef cow performance and health during mid to late gestation. Canadian Journal of Animal Science. 101 (1) : 49-61. DOI : 10.1139/cjas-2018-0198. <https://cdnsciencepub.com/doi/10.1139/cjas-2018-0198>

Lalonde, O. (2024). Les saules arbusifs en agroforesterie. Groupe ProConseil, webinaire du 1er mars 2024.

Marty, C., Bouchard., S. et Faubert, P. (2024). Haies brise-vent : fiche technique 4. Stockage du carbone. Université du Québec à Chicoutimi (UQAC). https://www.agrireseau.net/documents/Document_113923.pdf

Marty, C. et Faubert, P. (2004). Optimisation de l'efficacité des haies brise-vent et estimation de leur potentiel de séquestration de carbone dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean, Université du Québec à Chicoutimi (UQAC). https://www.agrireseau.net/documents/Document_113918.pdf

Mathieu, A., Martin-Guay, M.O., Cogliastro, A. et Rivest, D. (2024). Haies agroforestières, un potentiel de boisement et de séquestration de carbone tout en productivité. Association forestière du sud du Québec (AFSQ), hiver 2024. <https://www.afsq.org/fr/articles-hiver-2024/haies-agroforestieres>

Mathieu, S., Novak, S., Barre, P., Delagarde, R., Niderkorn, V., Gastal, F. et Emile, J.C. (2021). Diversity in the chemical composition and digestibility of leaves from fifty woody species in temperate areas. Agroforestry systems. 95(7) : 1295-1308. DOI : 10.1007/s10457-021-00662-2. <https://hal.inrae.fr/hal-03312415>

McIlvain, E.H., and M.C. Shoop. (1970). Shade for improving cattle gains and rangeland use. J. Range Manage. 24 : 181-184. <https://journals.uair.arizona.edu/index.php/jrm/article/download/5919/5529>

Mercier, K.M. (2017). Impact of Shade on Cool-Season Forage Mixtures for the Mid-Atlantic Region. Thesis submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science in Crop and Soil Environmental Sciences. <https://vttechworks.lib.vt.edu/server/api/core/bitstreams/92789d28-5982-452d-8069-0d961a1fd1fa/content>

Ministère de l'Environnement et de la lutte contre les changements climatiques (2021). Guide de référence du Règlement sur les exploitations agricoles (L.R.Q., c. Q-2, r. 26). https://www.environnement.gouv.qc.ca/milieu_agri/agricole/guide-reference-REA.pdf

Moreau, J.C., Beral, C., Hannachi, Y., Lavoyer, S., Monier, S., Novak, S. et van Lerberghe, P. (2020). ARBELE - L'arbre dans les exploitations d'élevage herbivore : des fonctions et usages multiples. Innovations Agronomiques, 79 : 499-521. <https://hal.inrae.fr/hal-03210021v1/document>

Moufida, R. (2019). Les tanins hydrolysables et condensés : une piste pour la réduction de la production du méthane entérique par les ruminants en milieu tropical. Thèse présentée à l'Université Clermont Auvergne pour obtenir le grade de Docteur d'Université. <https://theses.hal.science/tel-02861917v1>

MSV Normandie (2022). Le guide du maraîchage sur sol vivant. 6 ans de retours d'expérience. Maraîchage Sol Vivant. Normandie, 124 p. [https://wiki.tripleperformance.fr/wiki/Guide_du_Mara%C3%AEchage_Sol_Vivant_\(2022\)](https://wiki.tripleperformance.fr/wiki/Guide_du_Mara%C3%AEchage_Sol_Vivant_(2022))

Mulligan, G.A. et Munro, D.B. (1990). Plantes toxiques du Canada. Centre de recherches biosystémiques, direction générale de la recherche, Agriculture Canada. Publication 1842/F. ISBN 0-660-92850-7. https://publications.gc.ca/collections/collection_2014/aac-aafc/agrhist/A53-1842-1990-fra.pdf

New Zealand Poplar & Willow Research Trust. (2022). RESEARCH BRIEF 10 Willows, poplars and fodder. <https://www.poplarandwillow.org.nz/about>

Novak, S., Barre, P., Delagarde, R., Mahieu, S., Niderkorn, V. et Emile, J.C. (2020). Composition chimique et digestibilité in vitro des feuilles d'arbre, d'arbuste et de liane des milieux tempérés en été. Fourrages, 242 : 35-47. DOI : 10.15454/1.5572219564109097E12. https://hal.inrae.fr/hal-02913155v1/file/Novak_2020_Fourrages.pdf

Novak, S., Chargelègue, F., Chargelègue, J., Audebert, G., Liagre, F., et Fichet, S. (2020). Premiers retours d'expérience sur les dispositifs agroforestiers intégrés dans le système laitier expérimental OasYs. Fourrages, 242 : 71-78. <https://hal.inrae.fr/hal-03147342v1>

Olson, B.E. et Wallander, R.T. (2002). Influence of winter weather and shelter on activity patterns of beef cows. The Canadian veterinary journal, 82(4) : 491-501. DOI:10.4141/A01-070

Ouellet, V., Cabrera, V.E., Fadul-Pacheco, L. et Charbonneau, E. (2019). The relationship between the number of consecutive days with heat stress and milk production of Holstein dairy cows raised in a humid continental climate. J. Dairy Sci. 102 : 8537-8545. DOI : 10.3168/jds.2018-16060

- Ouelett, V., Fournel, S., Charbonneau, E., Grenier, P. et Santschi, D. (2019). Les vaches laitières souffrent-elles de stress de chaleur au Québec? Le Producteur de lait québécois, juillet/août 2019. https://clebad.fsaa.ulaval.ca/fileadmin/Fichiers/Publications/Ouellet_al_2019_ArticleLPLQ.pdf
- Palacio, S., Vasseur, E., Bergeron, R., et Lachance, S. (2016). Une ombrière mobile pour améliorer le confort au pâturage? Le Producteur de lait québécois, mai 2016 : 34-36. <https://lait.org/fichiers/Revue/PLQ-2016-05/recherche.pdf>
- Pang, K., Van Sambeek, J.W., Navarrete-Tindall, N.E., Lin, C.H., Jose, S. et Garrett, H.E. (2019). Responses of legumes and grasses to non-, moderate, and dense shade in Missouri, USA. I. Forage yield and its species-level plasticity. *Agroforestry Systems*, 93 (1) : 11-24. DOI : 10.1007/s10457-017-0067-8. https://www.fs.usda.gov/nrs/pubs/jrnls/2017/nrs_2017_pang_002.pdf
- PBQ. (2023). Guide des aménagements alternatifs en production bovine. Concept - Gestion - Suivi (2023). 2ème édition. Les Producteurs de bovins du Québec (PBQ) et le Ministère de l'Agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec (MAPAQ). <https://www.agrireseau.net/documents/110371/guide-des-amenagements-alternatifs-en-production-bovine-2023>
- Quam, V., Johnson, L., Wight, B. et Brandle, J. (1994). Windbreaks for Livestock Operations. University of Nebraska Cooperative Extension. <https://www.fs.usda.gov/nac/assets/documents/morepublications/ec1766.pdf>
- Richard, C. et Munger, A. (2019). L'agroforesterie au bénéfice du microclimat : un atout face aux changements climatiques. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). ISBN 978-2-7649-0599-09. https://www.craaq.qc.ca/Publications-du-CRAAQ/I_agroforesterie-au-benefice-du-microclimat-un-atout-face-aux-changements-climatiques/p/PAGF0103-HTML
- Rivest, D., Martin-Guay, M.O., Decelles, D., Maillard, E. et Poirier, V. (2024). Les haies agroforestières : potentiel de séquestration de carbone confirmé en Montérégie. Document de transfert de connaissances. Université du Québec en Outaouais (UQO). https://www.agrireseau.net/documents/Document_114372.pdf
- Saint-Pierre, N.R., Cobanov, B., et Schnitkey, G. (2003). Economic Losses from Heat Stress by US Livestock Industries. *Journal of Dairy Science*, 86(5). DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(03)74040-5. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022020303740405>
- Sharrow, S. (2000) Trees in Pastures: Do Cattle Benefit from Shade? The Association of temperate agroforestry newsletter, July 2000. <https://www.aftaweb.org/latest-newsletter/temporate-agroforester/51-2000-vol-8/july-no-3/27-cattle-benefit-shade.html>
- SODAQ. (2002). Des arbres sur ma ferme. Société de l'arbre du Québec. https://www.agrireseau.net/Agroforesterie/documents/Des_arbres_sur_ma_ferme_SODAQ_2002.pdf
- Stewart, E.K., Beauchemin, K.A., Dai, X., MacAdam, J.W., Christensen, R.G. et Villalba, J.J. (2019). Effect of tannin-containing hays on enteric methane emissions and nitrogen partitioning in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 97(8) : 3286-3299. DOI : 10.1093/jas/skz206. <https://profils-profiles.science.gc.ca/fr/publication/effet-des-foins-contenant-des-tanins-sur-les-emissions-enteriques-de-methane-et-la>
- Tomao, A., Bonet, J.A. et de Aragon, J.M. (2017). Is silviculture able to enhance wild forest mushroom resources? Current knowledge and future perspectives. *Forest Ecology and Management*, 402(2). DOI : 10.1016/j.foreco.2017.07.039
- Turle, S. (2017). Stress climatique en période chaude en élevage bovin laitier : détection, quantification et impacts sanitaires. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, École Nationale Vétérinaire de Toulouse (ENVT). ffdumas-04546096. https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04546096/file/Turle_25309.pdf
- University of Minnesota (2023). Plants poisonous to livestock. <https://extension.umn.edu/forage-harvest-and-storage/plants-poisonous-livestock#poisoning-in-cattle-1064060>
- Vallée G. et Chamberland, E. (1978). Recherche et développement sur le peuplier dans la région de l'Est-du-Québec. XIII - Potentiel de production fourragère et valeur alimentaire de sept clones. Ministère des Terres et Forêts, Direction générale des forêts, Mémoire n° 48, 27 p. Non disponible en ligne.
- Vézina, A. (2021). Aménagement de haies pour la protection de pâturages. https://www.agrireseau.net/documents/Document_108672.pdf
- Vézina, A. (2001). Les haies brise-vent. Mise à jour du cours no. 19. Ordre des ingénieurs forestiers du Québec.
- Warlop, F., Corroyer, N., Denis, A., Conseil, M., Fourrié L., Duha, G., Buchmann, C., Lafon, A. et Servan, G. (2017). Associer légumes et arbres fruitiers en agroforesterie : Principes, éléments techniques et points de vigilance pour concevoir et conduire sa parcelle. Projet SMART. 40 p. https://orgprints.org/id/eprint/32135/1/guide_verger-maraicher_smart_GRAB_web.pdf



© Marie Pier Lavallée Guérin

Recherche documentaire et rédaction :

Cécile Tartera, agr., M.Sc., Groupe ProConseil

Révision :

Emmanuelle Bouffroy, M.Sc., CERFO

Frédérique Lavallée, agr., Écobœuf

Catherine Mercier, agr., M.Sc., Groupe ProConseil

Benoît Poiraudreau, tech. agricole, MAPAQ

David Rivest, Ph.D., UQO

André Vézina, M. Sc., Biopterre

Thomas Wenisch, Association Française d'Agroforesterie

Date : mai 2025

Création et réalisation graphique : Connexion Nature

Cette fiche fait partie d'une série de 5 fiches thématiques sur les bénéfices de l'agroforesterie pour différentes productions agricoles au Québec :

- Productions laitière et de bovin de boucherie
- Production porcine
- Production avicole
- Production de grandes cultures
- Production maraîchère

Ce projet est réalisé grâce au soutien financier du gouvernement du Québec dans le cadre du programme d'adaptation et de lutte contre les changements climatiques dans le secteur bioalimentaire, qui découle du Plan pour une économie verte 2030.



Plan pour une
économie 
verte

Québec 

 **Biopterre** cerfo FONATION
DÉVELOPPEMENT
RECHERCHE
EN FORESTERIE

 **Agroforesterie**
ASSOCIATION FRANÇAISE