# PROGRAMME D'INNOVATION DANS LES COLLÈGES ET LA COMMUNAUTÉ : RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT APPLIQUÉE – NIVEAUX 1 et 2

## RECHERCHE SUR L'EFFICACITE DE HAIES BRISE-VENT PRODUCTIVES

## REVUE DE LITTERATURE

Présenté à :

**Ferme Anlousie**
Monsieur André Simard, propriétaire

Par :


CERFO
Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc.

Martin Beaudoin Nadeau, stagiaire
Mélanie Ruel, ing.f.
Donald Blouin, ing. f., M.Sc.
Emmanuelle Boulfroy, M.Sc.

Et

Cégep de Sainte-Foy

Denis Malenfant, ing.f.
Danielle Babin, professeure
Département des technologies du bois et de la forêt


**Juin 2016**

© CERFO 2016-11

**Mots-clés :** haie brise-vent, plantation, argousier, peuplier hybride

**Référence à citer :**
Beaudoin Nadeau, M., Ruel, M., D. Blouin, E. Boulfroy, D. Malenfant et D. Babin. 2016. Recherche sur l'efficacité de haies brise-vent productives – Revue de littérature. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO) et Cégep de Sainte-Foy. Rapport 2016-11. 65 pages.

# TABLE DES MATIERES

Table des matières ..... 1
Liste des figures ..... 3
Remerciements ..... 4
Introduction ..... 5
**1.** Les haies brise-vent ..... 7
1.1. Fonctions ..... 7
1.2. Avantages ..... 8
1.3. Inconvénients ..... 10
1.4. Objectifs et fonctions de la haie ..... 11
1.5. Adaptabilité des espèces au site de plantation ..... 12
1.6. Synergie et compatibilité entre les espèces ..... 12
1.7. Complémentarité des espèces ..... 13
1.8. Espèces intéressantes et à éviter en haie brise-vent au Québec ..... 14
**2.** L'argousier, un choix arbustif plus qu'intéressant ..... 16
2.1. Morphologie ..... 16
2.2. Habitat ..... 18
2.3. Exigences écologiques ..... 18
2.4. Rendement et croissance en culture ..... 20
2.5. Maladies et insectes ..... 21
2.6. Production et caractéristiques nutritives des fruits ..... 31
2.7. Tailles de formation ..... 32
2.8. Bénéfices et inconvénients apportés aux autres plantes ..... 33
**3.** Espèces d'arbres de prédilection sur la Côte-de-Beaupré ..... 34
3.1. Peuplier hybride ..... 35
3.2. Érable à sucre ..... 44
3.3. Mélèze hybride ..... 46
3.4. Chêne rouge ..... 50
3.5. Frêne d'Amérique ..... 51
**4.** Les haies brise-vent avec argousiers ..... 54
4.1. Les haies d'argousiers au Canada : études antérieures et connaissances acquises ..... 54
4.2. L'organisation spatiale des espèces ..... 55
4.3. Choix des espèces à utiliser avec l'argousier ..... 55

4.4. Les meilleurs patrons de plantation ..... 55
4.5. L'orientation de la haie ..... 56
4.6. La spécificité de l'argousier dans une haie brise-vent ..... 57
Références ..... 61

# LISTE DES FIGURES

Figure 1. Argousiers (haie et fruits) ..... 17
Figure 2. Maladies fongiques des fruits d'argousier ..... 22
Figure 3. Symptômes du flétrissement verticillien ..... 23
Figure 4. Chancre qui peut être causé par *Cytospora* ou *Phomopsis* ..... 24
Figure 5. Insectes et aracriens pouvant attaquer les plants d'argousier ..... 30
Figure 6. Zone de rusticité des arbres dans la région ..... 35
Figure 7. Attaques du chancre septorien ..... 38
Figure 8. Rouille sur des feuilles de peuplier ..... 39
Figure 9. Taches foliaires chez le peuplier ..... 39
Figure 10. Flétrissement des feuilles et des pousses terminales ..... 40
Figure 11. Livrée et charançon du sol ..... 41
Figure 12 Différence entre taille de formation et élagage ..... 43
Figure 13. Rouille (*Melampsora paradoxa)* ..... 47
Figure 14 Tenthrède du mélèze ..... 48
Figure 15. Dommages causés par la porte-case du mélèze ..... 48
Figure 16. Tordeuse des bourgeons de l'épinette ..... 49

# REMERCIEMENTS

Le Cégep de Sainte-Foy et le Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO) souhaitent remercier le conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) pour le financement accordé dans le cadre du programme d'innovation dans les collèges et la communauté : Recherche et Développement appliquée (niveau 1 et 2) qui était essentiel à la réalisation de ce projet.

Nos remerciements s'adressent aussi à deux experts en agroforesterie, M. André Vézina de Biopterre et M. Martin Trépanier de l'Université Laval, dont la contribution, tout au long du projet, a été fort appréciée, par leur disponibilité et les nombreux conseils qu'ils ont nous ont donnés.

# INTRODUCTION

Ferme Anlousie enr. est une entreprise qui produit des céréales d'automne (seigle, blé, épeautre) certifiées biologiques. Elle est située dans la municipalité de Sainte-Anne-de-Beaupré (Québec). On enregistre chaque année dans ce secteur, des rafales de vent qui dépassent 100 km/h. Ces vents engendrent plusieurs effets néfastes sur la production céréalière. Tout d'abord, elles renversent une certaine proportion des tiges qui deviennent alors non récoltables. Elles balayent également la neige des champs en hiver, engendrant fréquemment des gels plus importants au sol et entraînant alors des problèmes de germination des semences qui sont mises en terre au mois de septembre et qui passent l'hiver dans le champ.

Pour atténuer ces problèmes, la plantation de haies brise-vent en bordure des champs représente une pratique culturale intéressante. Cependant, les producteurs sont souvent hésitants à les implanter, car elles sont perçues comme une perte de superficie productive. En considérant la recrudescence et l'amplification des évènements météorologiques extrêmes associés aux changements climatiques, la présence de telles haies risque de devenir une nécessité.

L'une des pistes de solutions envisageables consiste à implanter des haies brise-vent productives et rentables économiquement, composées à la fois d'arbres pour la production de bois et d'arbustes fruitiers pour des récoltes annuelles. La production de tiges de qualité pour la production de bois est favorisée par la présence des arbustes qui forcent la croissance en hauteur et limitent la présence de branches latérales basses.

Dans ce contexte, un projet visant à tester différents types de haies brise-vent a été réalisé par le CERFO et le Cégep de Sainte-Foy entre 2013 et 2016, afin de comparer leur potentiel de production (bois et fruits) et leur effet protecteur pour les céréales. La première étape de ce projet a consisté à réaliser une revue de littérature, destinée à documenter la présence de l'argousier dans ce type de structure. Plusieurs grands thèmes sont documentés dans cette revue de littérature et sont présentés dans le présent document :

- **Les propriétés générales d'une haie brise-vent** (ses fonctions, les avantages et les inconvénients qu'elles procurent, les objectifs poursuivis, les choix des espèces selon leur adaptabilité au site de plantation, leur synergie, leur compatibilité, leur complémentarité) ;
- **Description de l'argousier** (son habitat, ses exigences écologiques, ses rendements et sa croissance, les principales maladies et les insectes, la production et les

caractéristiques nutritives de ses fruits, les tailles de formation à prévoir, les bénéfices et inconvénients apportés aux autres espèces de la haie brise-vent) ;

- **Les espèces d'arbres de prédilection sur la Côte-de-Beaupré** qui pourraient être envisagées dans une haie brise-vent (peuplier hybride, érable à sucre, mélèze hybride, chêne rouge, frêne d'Amérique) ;
- **Les caractéristiques à suivre pour une haie brise-vent avec de l'argousier** (études antérieures et connaissances acquises, l'organisation spatiale des espèces, le choix des espèces compagnes, le meilleur patron à suivre, l'espacement entre les plants, l'orientation de la haie, le choix des cultivars d'argousier).

À noter que deux autres documents complémentaires ont été produits, afin de présenter les résultats de recherche de ce projet :

- **Un rapport abrégé** qui constitue un résumé de la méthodologique utilisée et des principaux résultats de recherche obtenus (Boulfroy *et al.* 2016) ;
- **Un rapport méthodologique** qui décrit plus en détail l'implantation du dispositif expérimental et les mesures réalisées sur le terrain (Ruel *et al.* 2016).

# 1. LES HAIES BRISE-VENT

Les haies brise-vent sont définies comme étant des barrières placées perpendiculairement à la direction du vent dont le but principal est de réduire la vitesse du vent (Vézina, 2001). Nous pouvons différencier deux types de brise-vent couramment utilisés dans le monde : les haies brise-vent vivantes et les brise-vent artificiels (Vézina, 2001). Les brise-vent artificiels sont construits par l'homme à partir de matériaux de bois, de plastique ou synthétique (Vézina, 2001), alors que les haies brise-vent vivantes sont constituées d'arbres et d'arbustes. Ces haies naturelles sont beaucoup moins coûteuses, plus esthétiques et plus durables que les brise-vent artificiels (la durée de vie d'un brise-vent artificiel est seulement de un à sept ans tandis qu'une haie naturelle peut durer de 20 à 80 ans tout dépendant des espèces d'arbres utilisées) (Vézina, 2001). De plus, les arbres, ayant une hauteur supérieure aux barrières artificielles, procurent une protection contre le vent sur une plus grande distance dans les champs que les brise-vent artificiels (Vézina, 2001 ; Heisler & DeWalle, 1988). Cette revue de littérature présente l'utilisation de haies brise-vent naturelles composées principalement d'argousiers sur les terres agricoles du Québec.

## 1.1. FONCTIONS

Une haie brise-vent peut être appelée à jouer différentes fonctions dans un écosystème: protection, diversification, refuge pour la faune et esthétique (Guinaudeau, 1988). Les haies peuvent servir de **protection contre le vent, le froid, la neige, le bruit, les odeurs, la vue, la lumière et les indésirables** (Guinaudeau, 1988 ; Shaw, 1988 ; Protz & Owen, 1979). Lors de l'implantation de haies pour protéger les cultures et les bâtiments de ferme, plusieurs variables (porosité, hauteur, longueur, largeur, nombre de rangées, orientation de la haie, espacement entre les haies et le choix des espèces) doivent être prises en considération pour obtenir les résultats de protection attendus (Vézina, 2005). Les haies brise-vent ne doivent pas arrêter complètement le vent et la neige, mais plutôt en laisser passer une certaine quantité pour que l'air circule et que la neige se répartisse uniformément sur le terrain ce qui est plus bénéfique aux cultures (Vézina, 2005). Par conséquent, les deux variables les plus importantes sont généralement la porosité et l'orientation des haies. Pour conserver la protection contre le froid et la neige apportée par les haies brise-vent durant l'hiver, il peut être nécessaire d'incorporer des espèces à feuilles persistantes, car les espèces d'arbres et d'arbustes à feuilles caduques perdent leurs feuilles l'automne ce qui réduit la porosité et l'efficacité de la haie (Shaw, 1988). Un brise-vent de porosité moyenne offre une protection jusqu'à 20 fois la hauteur de celle-ci (Vézina, 2001). Pour protéger contre le bruit et les odeurs, les haies brise-vent doivent être accompagnées d'un talus de terre ou d'un mur, car les arbres seuls ne peuvent pas arrêter complètement le bruit et l'odeur (la porosité n'est jamais à 0 %) (Guinaudeau, 1988 ; Protz & Owen, 1979). Pour cacher la vue de

certains paysages indésirables, la hauteur et la porosité de la haie sont les variables les plus importantes à considérer pour permettre de camoufler le paysage en entier (Guinaudeau, 1988). Pour protéger contre l'ombre ou la lumière, l'orientation de la haie s'avère la variable critique (Guinaudeau, 1988). Une orientation nord-sud procure une luminosité uniforme de chaque côté de la haie tandis qu'une orientation est-ouest amène une grande quantité d'ombre du côté nord de la haie. Pour obtenir une haie protectrice contre certaines espèces fauniques indésirables, la haie doit être impénétrable à la base et avoir une densité d'arbres et d'arbustes très élevée pour empêcher tout grand mammifère de circuler (Guinaudeau, 1988).

Lorsqu'une haie sert à **diversifier la flore et la faune de la région et à procurer un refuge pour la faune**, le choix des espèces implantées dans la haie devient la variable la plus importante à étudier. Pour obtenir une biodiversité élevée, il est indispensable de planter une grande diversité d'espèces d'arbres, d'arbustes et autres plantes qui fourniront une grande variété d'habitat et de nourriture pour la faune, en plus, de produire une diversité florale élevée. L'utilisation d'une grande variété d'arbustes et d'arbres producteurs de fruits et de noix attire une grande variété d'animaux à habiter les haies brise-vent (Choinière *et al.* 1996).

L'**esthétique** d'une région peut aussi être améliorée considérablement par l'implantation de haies brise-vent avec des arbres et des arbustes à grande valeur ornementale dans le paysage agricole (Vézina, 2005).

## 1.2. AVANTAGES

Après de nombreuses années de recherche, plusieurs chercheurs ont démontré que les haies brise-vent apportent de nombreux bénéfices et avantages aux terres agricoles du Québec. Un de ces avantages est la **diminution de l'érosion éolienne des sols**. Les haies brise-vent aident à réduire considérablement l'érosion éolienne des sols en diminuant la vitesse et la force du vent grâce aux barrières qu'ils forment perpendiculairement au vent dominant de la région (Brandle *et al.* 2004). De plus, le vent peut causer des dommages physiques aux cultures via l'abrasion et le déchirement de leurs tissus (Brandle *et al.* 2004). Grâce à la diminution de la vitesse et de la force du vent, les haies brise-vent aident aussi à **diminuer les dommages physiques des plantes cultivées** causés par le vent (Brandle *et al.* 2004).

Le deuxième avantage des haies brise-vent est la **protection des cultures pérennes contre la dessiccation par le froid et le vent sec de l'hiver**. Les haies brise-vent possédant une bonne porosité hivernale (environ 60 %) ont l'habileté de répartir la neige uniformément dans les champs cultivés ce qui permet l'isolement des cultures avec une bonne couche de neige servant

ainsi de protecteur contre le froid et le vent (Brandle *et al.* 2004). De plus, la neige est une source importante d'humidité du sol pour les cultures (Brandle *et al.* 2004). Les haies brise-vent aident à maintenir et à capturer l'humidité provenant de la neige près des cultures, qui normalement se retrouve transportée par le vent dans les dépressions et fossés, augmentant ainsi leur productivité pendant les saisons de croissance suivantes (Brandle *et al.* 2004).

Un troisième bénéfice des haies brise-vent est associé aux **maladies bactériennes et fongiques pouvant être transportées par le vent sur de grandes distances** (Brandle *et al.* 2004). En réduisant la vitesse et la force du vent à l'aide de haies brise-vent, la dispersion, la sévérité et l'incidence des maladies sur les cultures peuvent être diminuées grandement (Brandle *et al.* 2004). De plus, la présence d'arbres et d'arbustes dans les haies brise-vent peut **augmenter énormément la population des prédateurs d'insectes nuisibles aux cultures** jouant un rôle de biopesticide naturel dans les champs réduisant ainsi la population d'insectes nuisibles qui attaquent les cultures (Brandle *et al.* 2004 ; Bouchard & Masseau, 1986). Les haies brise-vent ont tendance à former des microhabitats très différents des cultures attirant certains prédateurs d'insectes nuisibles (Bernier Leduc *et al.* 2009). De plus, les haies brise-vent peuvent servir de **barrières protectrices aux cultures biologiques** contre la propagation des pesticides utilisés par les voisins (Esau & Grover, 1978).

Un avantage souvent très apprécié de la population est relié à la biodiversité. Les haies brise-vent ont tendance à **augmenter abondamment la biodiversité de plantes, animaux et insectes des terres agricoles** (microhabitats propices pour de nouvelles espèces) (Vézina, 2005; Choinière *et al.* 1996) permettant ainsi de réduire considérablement le risque d'extinction et d'augmenter l'abondance de certaines espèces de la région qui peuvent jouer un rôle écologique très important pour la santé des écosystèmes. Les haies brise-vent sont **d'excellents habitats pour plusieurs pollinisateurs** ce qui amène une meilleure pollinisation de certaines cultures. De plus, les haies brise-vent **rehaussent la beauté du paysage** de la région où elles se trouvent, car souvent les arbres des haies ont un côté esthétique très apprécié par l'œil humain (Vézina, 2005).

Pour les agriculteurs, les haies brise-vent peuvent **apporter des revenus supplémentaires à court, moyen et long termes**. Les arbres sur les haies brise-vent produisent du bois de qualité pour le marché du sciage, du déroulage et des pâtes et papiers (Vézina, 2005). Certaines espèces d'arbres produisent du bois de très grande valeur lorsqu'elles sont bien taillées et élaguées régulièrement. Des arbustes fruitiers ou noisetiers peuvent être plantés dans les haies brise-vent pour la production commerciale de fruits et de noix (Brandle *et al.* 2004). De plus, les haies brise-vent jouent un rôle important dans la **réduction des gaz à effet de serre** (diminution de la

concentration de $CO_2$ dans l'atmosphère) à travers la séquestration de carbone dans le bois des arbres et dans le sol (racines fines et matières organiques) favorisant ainsi la mitigation des changements climatiques (Brandle *et al.* 2004; Vézina, 2005). Le développement d'un système de crédit de carbone au Québec amène la possibilité d'obtenir des revenus supplémentaires aux agriculteurs qui implantent des haies brise-vent sur leur terre agricole.

Un autre bénéfice des haies brise-vent est qu'elles ont tendance à **changer les conditions d'humidité et de température** autour d'eux. La température du sol et de l'air est normalement plus élevée près des haies à cause de la réduction du transfert de chaleur à la surface du sol (Brandle *et al.* 2004). Dans une région tempérée comme le Québec, ceci peut apporter de très grands bénéfices aux producteurs, car des températures plus chaudes peuvent amener une meilleure croissance et une maturation plus rapide des cultures et fourrages augmentant ainsi leur rendement final (Brandle *et al.* 2004). L'évaporation de l'eau est réduite près des haies brise-vent grâce à la diminution des radiations du soleil au sol interceptées par les arbres. Cette réduction d'évaporation permet de conserver l'humidité du sol pour la croissance des plantes en condition de sécheresse, ce qui peut augmenter grandement la productivité des cultures près des haies. De plus, les haies brise-vent modèrent les températures extrêmes du sol et de l'air ce qui permet aux cultures d'avoir une meilleure santé et croissance en général (Brandle *et al.* 2004).

Finalement, les haies brise-vent peuvent amener des bénéfices très intéressants lorsqu'elles sont placées perpendiculairement au vent dominant près des bâtiments de ferme bloquant une grande partie du vent. Les bénéfices incluent la **réduction du transport de l'odeur forte** des animaux et du fumier, la **réduction des coûts de chauffage, la réduction des coûts de climatisation**, **l'ombrage pour les animaux** (diminution du stress des animaux, meilleures croissance et santé) et le **contrôle de l'accumulation de neige près des bâtisses** (moins de travaux de déneigement nécessaire durant l'hiver) (Protz & Owen, 1979 ; Vézina & Tourigny, 2007).

## 1.3. INCONVENIENTS

Il est important de mentionner que malgré la grande liste d'avantages venant de l'utilisation des haies brise-vent en milieu agricole, elles peuvent apporter quelques inconvénients aux agriculteurs. Les arbres des haies peuvent **concurrencer les cultures pour les ressources d'eau, de lumière et d'éléments nutritifs**, pouvant avoir alors un impact négatif sur la productivité et le rendement des cultures (Brandle *et al.* 2004). Les haies brise-vent prennent aussi de la place dans les terres agricoles ce qui amène une **perte d'espace cultivable** (Vézina, 2005). Tous les agriculteurs ne peuvent pas se permettre de perdre une superficie cultivable. Les haies brise-vent demandent un **entretien régulier nécessitant certaines ressources et du temps** pour accomplir

la tâche (Vézina, 2005). Avec les difficultés économiques des dernières années chez plusieurs producteurs de bœuf et de porc du Québec, plusieurs d'entre eux n'ont pas l'argent et le temps à investir dans l'entretien de haies brise-vent. Les racines de certaines espèces d'arbres comme le peuplier peuvent **endommager les drains agricoles** qui se trouvent généralement seulement à 90 cm de la surface du sol (Vézina, 2001). Les arbres des haies peuvent aussi causer des **difficultés de circulation aux machineries** (Vézina, 2001). Les haies peuvent attirer et **augmenter la population d'insectes nuisibles** en leur donnant accès à tous les habitats nécessaires pour l'accomplissement de leur cycle de vie (Brandle *et al.* 2004 ; Bouchard & Masseau, 1986). De plus, la réduction de l'évaporation près des haies peut contribuer à **augmenter l'incidence de maladies sur les cultures** (Brandle *et al.* 2004). Par conséquent, il est très important de bien planifier l'aménagement des haies brise-vent, avant de les incorporer dans les champs agricoles pour maximiser leurs avantages et minimiser leurs inconvénients.

Pour faire le choix des espèces à utiliser dans une haie brise-vent, plusieurs aspects doivent être considérés : les objectifs et fonctions de la haie brise-vent implantée, les conditions climatiques et édaphiques du site de plantation, la compatibilité des espèces d'arbres et arbustes avec les cultures et la complémentarité des différentes espèces implantées dans la haie. La prochaine section développe la question du choix des espèces en fonction des quatre points mentionnés ci-dessus.

## 1.4. OBJECTIFS ET FONCTIONS DE LA HAIE

La première étape à accomplir lors de la planification d'une haie brise-vent est d'identifier les objectifs et les fonctions de la haie. Le choix des espèces à utiliser dans une haie brise-vent peut varier considérablement d'un objectif à un autre et d'une fonction de la haie à une autre. Si l'objectif est de réduire l'érosion éolienne du sol ou les pertes de productivité des cultures causées par le vent, la fonction de la haie sera de **protéger les cultures du vent dominant et destructeur**. Les espèces choisies devront être en mesure de pousser rapidement pour fournir une protection rapide des cultures (Schroeder, 1988). Elles devront aussi atteindre une hauteur de haie qui permettra de protéger la superficie de terrain visée (Schroeder, 1988). De plus, pour protéger contre le vent, les espèces d'arbres et d'arbustes choisies doivent posséder un feuillage dense (Schroeder, 1988). D'un autre côté, pour **protéger les cultures contre le froid et la neige**, les espèces doivent former un feuillage plus poreux (Schroeder, 1988) qui permet une répartition de la neige dans le champ. Ainsi, la neige bien répartie pourra isoler le sol. Si l'objectif est **d'attirer la faune et d'augmenter la biodiversité** de la région, la fonction de la haie sera de fournir un refuge et de la nourriture aux animaux, tout en produisant une grande diversité de plantes. Les espèces choisies devront être très diversifiées et apporter une grande variété de fruits et noix aux

animaux. De plus, plusieurs rangées devront être implantées dans la haie pour fournir un meilleur microhabitat pour la faune (Choinière et al. 1996).

## 1.5. ADAPTABILITE DES ESPECES AU SITE DE PLANTATION

Un des points les plus importants lors de la sélection d'une espèce à implanter dans une haie brise-vent est **l'adaptabilité de cette espèce aux conditions climatiques et édaphiques du site** de plantation. La plupart des espèces arborescentes et arbustives possèdent des préférences au niveau de la texture et la structure du sol, du pH du sol, de la fertilité du sol, du drainage, du niveau d'humidité du sol, de la profondeur du sol, de la précipitation annuelle et mensuelle et de la variation de température extérieure durant toute l'année (Guinaudeau, 1988 ; Schroeder, 1988). Les arbres et les arbustes choisis doivent être adaptés aux conditions locales, parce que ceux qui ne le sont pas ont tendance à manquer de vigueur, grandissent très lentement, sont en mauvaise santé et souvent ne survivent pas très longtemps (Schroeder, 1988). Par conséquent, il est indispensable de **vérifier la zone de rusticité** du site agroforestier et d'utiliser seulement des espèces adaptées à cette zone (Guinaudeau, 1988). De plus, il est essentiel d'identifier les conditions édaphiques du site à l'aide de pédons et d'analyses physico-chimiques du sol pour bien sélectionner les espèces d'arbres et arbustes qui sont adaptées aux conditions du sol où la haie brise-vent sera implantée (Guinaudeau, 1988 ; Schroeder, 1988). Si les haies brise-vent se retrouvent dans des endroits à fort vent, les espèces d'arbres et d'arbustes choisis doivent être **résistantes au fort vent régulier** (Schroeder, 1988). Sur les terres agricoles, il vaut mieux planter des arbres qui possèdent une **dominance apicale marquée**, car les arbres à dominance apicale faible ont tendance à former des bouquets à plusieurs tiges principales en présence de beaucoup de lumière (Vézina, 2005). Il n'est pas possible de produire du bois de grande valeur avec ces arbres touffus (Vézina, 2005).

## 1.6. SYNERGIE ET COMPATIBILITE ENTRE LES ESPECES

Dans un système agroforestier ou tout autre écosystème, les plantes interagissent les unes avec les autres. Lors de la sélection des espèces à implanter dans les haies brise-vent, il est important de choisir des espèces qui sont compatibles avec les cultures agricoles, mais aussi qui sont compatibles entre elles dans la haie (Schroeder, 1988). Il est préférable de **ne pas utiliser des arbres et arbustes de la même famille ou du même genre taxonomique que les plantes de cultures** pour éviter le plus possible la propagation de maladies et insectes nuisibles présents dans la haie aux cultures ou vice versa (Bouchard & Masseau, 1986). Pour réduire l'effet néfaste de l'ombrage sur les cultures qui demandent beaucoup de lumière, les espèces d'arbres et d'arbustes devraient être sélectionnées en fonction de leur feuillage **produisant le moins d'ombre possible aux cultures**. De plus, une espèce d'arbre moins tolérante à l'ombre ne peut

pas survivre en dessous d'une espèce plus tolérante (Smith et al. 1997). À l'inverse, une espèce plus tolérante à l'ombre peut survivre en dessous d'une espèce moins tolérante (Smith et al. 1997). Par conséquent, les arbustes implantés dans la haie devraient être plus tolérants à l'ombre que les arbres choisis pour qu'ils soient compatibles avec les arbres et qu'ils puissent bien croître en dessous de leur canopée. **Le système racinaire des arbres, arbustes et cultures doit aussi être compatible**, car certaines espèces cultivées ne tolèrent pas la compétition racinaire (Schroeder, 1988). Un moyen de régler ce problème est de choisir des espèces d'arbres et arbustes qui ont tendance à former un système racinaire profond dans le sol (espèces à racines pivotantes) ou de faire un cernage des racines autour des haies (Schroeder, 1988). Les espèces dans les haies brise-vent doivent aussi être **résistantes aux herbicides et pesticides** qui sont utilisés sur les cultures par l'agriculteur (Esau & Grover, 1978).

## 1.7. COMPLEMENTARITE DES ESPECES

Cinq facteurs au niveau des espèces sont normalement considérés pour choisir une espèce à implanter dans des haies brise-vent : le taux de croissance, la compétition des racines avec les cultures adjacentes, la forme, la longévité et la valeur commerciale de l'espèce (Schroeder, 1988). Les arbres à croissance rapide permettent de protéger rapidement une grande superficie de terrain (20 fois la hauteur de l'arbre), mais doivent être récoltés après 20 à 30 ans (Vézina, 2005). En mélangeant des arbres à croissance rapide avec des arbres à croissance plus lente, il est possible d'allonger la vie de la haie, car les arbres à croissance lente sont généralement récoltés après 50 à 80 ans. De cette manière, l'agriculteur obtient des revenus provenant du bois à mi-rotation (après 20 à 30 ans) et à la fin de la rotation (après 50 à 80 ans). Si l'entretien (taille de formation et élagage) est bien fait, les arbres à croissance lente qui sont principalement des feuillus nobles ou des espèces conifères comme l'épinette blanche produiront un meilleur profit que les arbres à croissance rapide, car leur bois aura une valeur économique beaucoup plus élevée (GTDA, 2007). Certaines espèces d'arbres peuvent aussi produire des noix et des fruits de valeur commerciale qui peuvent augmenter considérablement les revenus provenant des haies (Vézina, 2005). Un mélange d'arbustes et d'arbres permet d'élaguer les branches du bas des arbres pour produire du bois de meilleure qualité tout en maintenant une densité élevée à la base des arbres conservant ainsi une porosité estivale et hivernale adéquate et protectrice des cultures contre le vent et la neige sur toute la hauteur de la haie. De plus, il existe plusieurs espèces d'arbustes qui produisent des fruits et des noix de valeur commerciale au Québec (Vézina, 2005).

## 1.8. ESPECES INTERESSANTES ET A EVITER EN HAIE BRISE-VENT AU QUEBEC

**Le peuplier hybride** est une espèce d'arbre à croissance rapide très intéressante à utiliser dans des haies brise-vent au Québec (Vézina, 2005). Il pousse très vite (1 à 2 m par année, normalement) et produit des volumes de biomasse plus élevés que le saule, autre espèce à croissance rapide (Vézina, 2005). Cependant, il est très important de le mélanger avec une autre espèce d'arbre ou d'arbuste de chaque côté de son tronc pour produire de l'ombre et éviter les rejets de souches et drageons (Vézina, 2005). Un système à trois rangées avec peuplier au centre s'avère très efficace (Vézina, 2005). **Le bouleau à papier** peut être aussi intéressant à utiliser en haies brise-vent (Vézina, 2005). Il est prêt à être récolté après environ 20 ans comme le peuplier, mais encore une fois, il a tendance à produire des rejets de souche ce qui peut être désagréable pour les agriculteurs qui voudraient changer d'espèces d'arbres après coupe (Vézina, 2005).

**Le frêne d'Amérique et le frêne de Pennsylvanie** sont d'autres espèces intéressantes à utiliser (Vézina, 2005). Ce sont des feuillus nobles qui tendent à croître assez rapidement (1 m/an) et possèdent une dominance apicale marquée (Vézina, 2005). Cependant, il existe la problématique de l'insecte ravageur, l'agrile du frêne, qui n'est toujours pas arrivé à Québec, mais qui se rapproche d'année en année (Vézina, 2005). Considérant cet insecte ravageur, il est probablement plus sécuritaire de planter seulement un frêne pour chaque 6 à 8 arbres dans la haie pour éviter de perdre toute la haie si l'insecte finit par arriver dans la région de Québec (Vézina, 2005). Les frênes préfèrent normalement les sols argileux comme l'orme d'Amérique (Vézina, 2005).

**Le chêne rouge et l'érable à sucre** sont aussi de bons candidats à utiliser en haies brise-vent, car ils forment une dominance apicale marquée (Vézina, 2005). Cependant, ils sont plus fragiles aux grands vents que les espèces mentionnées ci-dessus (Vézina, 2005). La région de Québec se trouve à la limite nord de rusticité du chêne rouge (Vézina, 2005). L'érable à sucre est plus difficile à implanter en haies brise-vent que le chêne rouge, parce qu'il est plus sélectif aux conditions édaphiques du sol (Vézina, 2005). L'érable à sucre sur les terres agricoles produit une sève plus concentrée en sucre ce qui est très intéressant pour l'acériculture et demande très peu de taillage (Vézina, 2005). Les deux espèces en haies brise-vent devraient être protégées du vent à l'aide d'une autre rangée d'arbres plus résistants au vent (Vézina, 2005).

**Les noyers** ne sont pas intéressants en haies brise-vent, car ils sont très fragiles au vent et ont très peu de branches pouvant contribuer à l'effet brise-vent (Vézina, 2005). Cependant, il est possible de les utiliser en haies brise-vent si une rangée d'arbres moins tolérante à l'ombre comme le peuplier est implantée de chaque côté des noyers pour les protéger du vent (Vézina, 2005). Cette technique est couramment utilisée en France (Vézina, 2005). **Le bouleau jaune et le cerisier**

**tardif** sont à éviter en haies brise-vent, car en présence de beaucoup de lumière, ils ont tendance à développer une cime branchue sans aucune dominance apicale (Vézina, 2005).

**Les conifères** peuvent former de très bonnes haies brise-vent lorsqu'ils ne possèdent pas un feuillage trop étanche empêchant la neige de bien se répartir dans les champs durant la saison hivernale (trop denses à la base) (Vézina, 2005). L'élagage de branches peut améliorer la perméabilité des conifères à la base. **Les épinettes** n'exigent presque aucun coût d'entretien sauf pour la taille de formation au début (Vézina, 2005). L'épinette blanche est plus résistante au vent que l'épinette de Norvège (Vézina, 2005). **Les pins** sont aussi efficaces en haies brise-vent (Vézina, 2005). Cependant, ils ont le désavantage de former de longues branches empiétant dans le champ de l'agriculteur (Vézina, 2005). **Les mélèzes** ont un potentiel énorme en haies brise-vent dans les endroits où la répartition de la neige cause beaucoup de problèmes, car il possède une bonne porosité hivernale qui permet de bien répartir la neige (Vézina, 2005).

Du côté des arbustes, **le myrique baumier** est intéressant en milieu légèrement humide et pour revitaliser les berges (Vézina, 2005). **L'amélanchier** produit des feuilles et fruits à valeur commerciale intéressante, mais son taux de survie en champs est très bas (Vézina, 2005). **La viorne trilobée** est très intéressante pour la production de gelée (Vézina, 2005). **Le cerisier de Pennsylvanie** produit un bois de bonne qualité et s'avère efficace en haies brise-vent (Vézina, 2005). **Le rosier rugueux** (*Rosa rugosa*) pousse bien en haies brise-vent, mais il a tendance à drageonner beaucoup (Vézina, 2005). **Le noisetier à long bec** forme de bonnes haies brise-vent et ses noix ont une excellente valeur commerciale (Vézina, 2005). **L'aronia noir** est très intéressant en haies brise-vent, parce qu'il produit 2-3 kg/année de fruits par arbuste après seulement deux à trois ans de croissance et est plus rentable que l'argousier selon le spécialiste des haies brise-vent au Québec, André Vézina (Vézina, 2005). **L'argousier** reste néanmoins une espèce arbustive très intéressante à implanter en haies brise-vent (Vézina, 2005). Il est résistant aux phytocides utilisés en agriculture, s'élague naturellement à la base laissant une bonne porosité hivernale évitant les accumulations de neige près de la haie et produit des fruits à valeur commerciale et nutraceutique excellente (Vézina, 2005).

# 2. L'ARGOUSIER, UN CHOIX ARBUSTIF PLUS QU'INTERESSANT

L'argousier (*Hippophae rhamnoides*) est une espèce décidue arbustive de la famille des Éléagnacées originaire d'Europe et d'Asie (Chine, Mongolie, Russie, Finlande, Suède et Norvège, mais aussi d'autres pays comme l'Allemagne, la Pologne, l'Inde et le Népal) (Li & Oliver, 2001). Il existe 9 sous-espèces d'argousier (*carpatica, caucasica, fluviatilis, guantsensis, mongolica, rhamnoides, sinensis, turkestanica* et *yunnanensis*), qui se distinguent par leur dimension, leur forme, le nombre de nervures latérales principales des feuilles et la quantité et la couleur des poils étoilés sur le dessous de la feuille (Li & Beveridge, 2004).

## 2.1. MORPHOLOGIE

L'argousier atteint normalement deux à quatre mètres de hauteur, mais certaines variétés chinoises peuvent croître jusqu'à 18 m et d'autres seulement à 50 cm (Li & Beveridge, 2004). Sa cime verdâtre a généralement une forme irrégulière avec des branches grises épineuses (Boivin *et al.*, 2008). Par contre, certaines variétés ne produisent aucune épine, ce qui est très avantageux pour la culture (Boivin *et al.*, 2008). L'écorce est normalement rugueuse de couleur brune ou noire (Li & Beveridge, 2004). Les feuilles alternées de l'argousier ressemblent étrangement aux saules avec une forme étroite et lancéolée, une couleur gris argenté sur le dessus et une longueur variant de 2 à 6 cm (Li & Beveridge, 2004). Ses fleurs jaune peu voyantes sont unisexes et apparaissent généralement entre 7 et 10 jours avant les feuilles au printemps (Boivin *et al.*, 2008 ; Li & Beveridge, 2004). Les fruits de l'argousier sont des drupes sphériques contenant seulement une graine (un noyau), deviennent d'une grosseur entre 5 et 12 mm de diamètre et présentent une couleur orange-rougeâtre à maturité (Boivin *et al.*, 2008). Le système racinaire étendu de l'argousier a tendance à se former horizontalement à la surface du sol et est composé d'une racine principale épaisse ainsi que d'un réseau intensif de racines secondaires rhizomatiques (Li & Beveridge, 2004).

**a. Haie d'argousiers**
Source : ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario
http://www.omafra.gov.on.ca/CropOp/fr/spec_fruit/berries/seab.html

**b. Fruits d'argousier à maturité**
Source : Boivin et al., 2008

**Figure 1. Argousiers (haie et fruits)**

## 2.2. HABITAT

L'argousier est une **espèce pionnière** étant souvent la première espèce ligneuse à coloniser les écosystèmes en début de succession, comme les terres agricoles abandonnées, les terres incultes et les îlots rocailleux où le sol reçoit beaucoup de lumière (Li & Beveridge, 2004). L'argousier pousse en peuplements naturels dans les régions tempérées et nordiques du nord de l'Europe et de l'Asie (Russie, Finlande, Norvège, Suède, Allemagne, Pologne, etc.) sur les berges et les dunes littorales des côtes. (Li & Beveridge, 2004). Il se retrouve aussi en petits peuplements purs isolés, grands peuplements continus, ou en association avec d'autres espèces d'arbres et arbustes sur les collines, les flancs de montagne, dans les vallées et les plaines fluviales et le long des régions côtières (Li & Beveridge, 2004). De plus, plusieurs populations se situent à des altitudes plus élevées en montagne, jusqu'à 5200 m d'élévation dans les zones subtropicales de l'Asie, principalement dans la région de l'Himalaya en Chine, en Inde et au Népal (Orwa *et al.*, 2009).

## 2.3. EXIGENCES ECOLOGIQUES

L'argousier est une **essence de lumière très peu tolérante à l'ombre** et a besoin d'une très grande quantité de lumière pour survivre (Li & McLoughlin, 1997). Si les semis ou les drageons grandissent sous un couvert ombragé par des plantes herbacées ou d'autres espèces d'arbres plus tolérantes à l'ombre, ils meurent instantanément durant la première année de croissance (Li & McLoughlin, 1997). Cela explique pourquoi nous le retrouvons généralement dans des écosystèmes en début de succession.

L'argousier est une espèce **très résistante aux températures extrêmes** (froid et chaleur) des régions nordiques (Boivin *et al.*, 2008). Il peut facilement survivre à des températures variant entre - 43°C à 40°C (Boivin *et al.*, 2008 ; Li & Schroeder, 1996). La saison de croissance de l'argousier commence normalement lorsque les températures du jour dépassent les 5 à 7°C (Li & McLoughlin, 1997). Les fleurs se développent à des températures de 10 à 15°C et les fruits ont besoin d'une température totale entre 1445 et 1750°C-jour dans une année de croissance pour atteindre la maturité dépendant du cultivar, de la latitude et de l'élévation (Li & McLoughlin, 1997).

L'argousier est une plante **extrêmement tolérante à la sécheresse** (Orwa *et al.*, 2009). Son système racinaire extensif permet d'avoir accès à l'humidité et l'eau du sol dont peu de plantes ont accès (Orwa *et al.*, 2009). Cependant, la plupart des populations d'argousier habitent des régions recevant entre 400 mm et 600 mm de précipitation annuelle (Li & Schroeder, 1996). Pour la production de fruits, l'argousier devrait être planté dans des régions qui reçoivent au moins 400 mm de pluie par année (Li & Schroeder, 1996). Les limites biophysiques de précipitation

naturelles pour la croissance et survie de l'argousier sont de 250 mm à 800 mm par année (Orwa *et al.*, 2009). Il **ne tolère pas des nappes phréatiques élevées et des inondations** de plus de deux semaines près de la cime (Li & Mc Loughlin, 1997). Le niveau d'humidité optimal pour un argousier mature est de 70 % sur un loam argileux, 80 % sur un sol argileux, 60 % sur un sol sableux et 65 % sur un loam sableux (Li & Schroeder, 1996). Plusieurs auteurs citent que des niveaux d'humidité inférieurs au niveau optimal causent une diminution de la biomasse foliaire et fruitière (Li & McLoughlin, 1997 ; Li & Oliver, 2001 ; Li & Schroeder, 1996). Les lourdes précipitations de neige peuvent causer des dommages aux branches durant l'hiver (Li & McLoughlin, 1997).

L'argousier peut croître dans **une grande diversité de types de sol** (sol argileux à sol sableux) (Li & Oliver, 2001). Cependant, l'argousier n'est pas bien adapté aux sols argileux et de loam argileux sans matière organique (Li & Oliver, 2001). Par conséquent, lors de la plantation de l'argousier en sol argileux, il faut s'assurer que le sol est recouvert avec une bonne couche de matières organiques (Li & Oliver, 2001). L'acidité et l'alcalinité du sol ne sont généralement pas un facteur limitant de la croissance de l'argousier (Li & Oliver, 2001). Il est connu comme étant **tolérant à la salinité** (Li &Schroeder, 1996). En Chine, des plants d'argousier habitent des sols de pH variant de 5.5 à 8.3 (Li & Schroeder, 1996). Cependant, l'argousier se porte mieux sur des sols de texture loam sableux bien drainés et de structure légère riche en éléments nutritifs et matières organiques avec un pH entre 6.0 et 7.5 (Li & McLoughlin, 1997 ; Boivin *et al.*, 2008). Il faut **éviter de planter les argousiers avec ou près des conifères**, car ils acidifient considérablement le sol jusqu'à des pH de 3, ce qui n'est pas très avantageux pour la croissance de l'argousier (AAC, 2007). L'argousier a une **grande exigence en élément nutritif du sol**, **spécialement le phosphore** (Li & McLoughlin, 1997). Par contre, il demande très peu d'azote et de potassium (Li & Schroeder, 1996). L'application de 600 à 800 kg/ha de fertilisants de supercalcium de phosphate a déjà été conseillée aux agriculteurs cultivant les fruits d'argousier (Li & Schroeder, 1996). L'argousier est une espèce arbustive dont **les racines s'associent symbiotiquement avec les endomycorhizes** (Gardner *et al.*, 1984 ; Ming & Hui, 1999). Les endomycorhizes sont connues pour leur relation symbiotique avec une grande variété d'espèces d'arbres et d'arbustes dans le monde (Haselwandter & Bowen, 1996). Elles améliorent grandement la nutrition phosphatée des plantes dans le sol, en ayant accès à un plus grand réservoir de phosphate soluble, d'autres nutriments et d'eau dans le sol à l'aide de son réseau extensif de mycélium (Haselwandter & Bowen, 1996). L'activité microbienne dans le sol des terres agricoles tend à être très faible à cause du travail répétitif de préparation du sol fait par les agriculteurs d'année en année (Haselwandter & Bowen, 1996). Par conséquent, l'application de biofertilisants endomycorhiziens lors de la plantation pourrait améliorer grandement la nutrition

phosphatée des semis d'argousier tout en réduisant les effets néfastes des périodes de sécheresse sur la croissance (Ming & Hui, 1999).

Selon Boivin et collaborateurs (2008), l'argousier est **modérément résistant au vent**. Des vents excessifs peuvent réduire considérablement la croissance des arbustes et endommager les branches juvéniles en début de saison de végétation (Boivin *et al.*, 2008). Yao et Tigerstedt (1994) ont démontré que les cultivars provenant d'altitudes élevées (3300 à 5200 m) sont adaptés aux grands vents, mais sont normalement plus petits en hauteur et en largeur. Le site choisi pour la plantation de l'argousier ne devrait pas être exposé à de grands vents ou, sinon, il est nécessaire d'utiliser des cultivars provenant d'altitudes élevées qui sont adaptés au vent excessif. Le paillis de plastique est efficace pour contrôler la compétition herbacée, mais provoque la formation d'un système racinaire superficiel dans les sols argileux et trop humides ce qui réduit la résistance de l'argousier au vent et au chablis (Trépanier, 2009).

## 2.4. RENDEMENT ET CROISSANCE EN CULTURE

L'argousier est une **espèce arbustive dioïque**, ce qui signifie que les fleurs mâles et femelles se développent sur individus différents (Li & Beveridge, 2004). Il est possible de distinguer les arbustes mâles des femelles, à l'aide des bourgeons floraux qui sont plus gros chez les mâles que chez les femelles (Boivin *et al.*, 2008). Les fleurs, autant des femelles que des mâles, n'attirent pas les insectes puisqu'ils ne produisent aucun nectar (Li & Schroeder, 1996). La pollinisation entre les mâles et les femelles se fait principalement par le vent (Li & Beveridge, 2004). Un argousier **commence à produire des fruits environ trois à quatre ans** après sa plantation et donne **les meilleurs rendements en fruits après sept à huit ans** de croissance (Orwa *et al.*, 2009 ; Li & Oliver, 2001). Le rendement de l'argousier est affecté par une multitude de facteurs : le génotype du cultivar, les conditions du sol, les précipitations annuelles, la température, les techniques d'aménagement et d'entretien des cultures, le ratio mâle : femelle, le nombre de branches produisant des fruits et la méthode utilisée pour récolter les fruits (Li & Oliver, 2001). En Allemagne, le rendement de vergers d'argousier se situe à environ 5 tonnes/ha (Li & Oliver, 2001). En Saskatchewan, au Canada, la production de fruits d'argousier mature en haies brise-vent donne une production d'environ 5 à 7 kg/plant par année, ce qui procure un **rendement d'environ 4 à 5 tonnes/ha** (Li & Schroeder, 1996). En Colombie-Britannique, Li et McLoughlin (1997) ont estimé une moyenne de production de 3,25 kg/arbre de six ans provenant d'une plantation en haie brise-vent. Selon Li et Schroeder (1996), un verger de 4000 arbres/ha avec un ratio 1:6 (mâle : femelle) devrait donner un rendement d'environ 10-11 tonnes/ha au Canada. Le taux de croissance moyen de l'argousier varie entre 2 et 3 m en quatre ans (Li & Oliver, 2001).

## 2.5. MALADIES ET INSECTES

Les maladies de l'argousier les plus dévastatrices au Québec sont des maladies fongiques attaquant les fruits avant la récolte (Boivin *et al.*, 2008). Il existe trois maladies fongiques qui attaquent les fruits au Québec : la pourriture brune des fruits, l'anthracnose et la moisissure grise (Boivin *et al.*, 2008). **La pourriture brune des fruits** est causée par un champignon du genre *Monilinia* (Boivin *et al.*, 2008) (Figure 2 a). Le champignon hiverne dans les fruits restés sur les argousiers ou tombés au sol après la récolte (Boivin *et al.*, 2008). La dispersion et l'infection du champignon pathogène se font le printemps par le transport de conidies formées à partir de mycélium ou d'apothèces sur les fruits de l'année précédente, qui contaminent les fleurs nouvellement produites (Boivin *et al.*, 2008). Les premiers symptômes apparaissent un peu avant que les fruits commencent à murir (Boivin *et al.*, 2008). Les fruits pourrissent et deviennent bruns et mous (Boivin *et al.*, 2008). La présence de blessures sur les fruits favorise la propagation de la maladie. Les fruits affectés qui demeurent sur le sol ou sur l'arbuste sont d'importantes sources d'inoculum pour infecter les fruits de l'année suivante (Boivin *et al.*, 2008). Il est important d'enlever et de brûler tous les fruits qui sont affectés par cette maladie (Boivin *et al.*, 2008).

**L'anthracnose des argousiers** est causée par le champignon *Colletotrichum acutatum* (Boivin *et al.*, 2008) (Figure 2 b). Il passe l'hiver sous la forme de mycélium dans les fruits affectés tombés au sol (Boivin *et al.*, 2008). Durant la saison de croissance, la pluie et des températures entre 20 et 25°C favorisent le développement de conidies qui sont dispersées par le vent et la pluie, affectant ainsi les nouveaux fruits de l'année (Boivin *et al.*, 2008). Les premiers symptômes de la présence du champignon pathogène apparaissent un peu avant que les fruits soient mûrs (Boivin *et al.*, 2008). Il est possible de voir la présence de minuscules points noirs sur les fruits (Boivin *et al.*, 2008). Pour protéger les fruits, il faut éviter de mouiller les fruits affectés de l'année précédente, afin de réduire la dispersion et la germination des spores (Boivin *et al.*, 2008). Il est important de brûler toutes les feuilles et les fruits tombés au sol dans les plantations affectées (Boivin *et al.*, 2008).

**La moisissure grise** quant à elle, est causée par le champignon *Botrytis cinerea* (Boivin *et al.*, 2008) (Figure 2c). Le champignon passe l'hiver dans les débris végétaux sur le sol sous la forme de mycélium ou de sclérotes (Boivin *et al.*, 2008). Des conidies sont produites au printemps lorsque les conditions climatiques sont favorables (humidité relative élevée et températures entre 15 et 20°C) (Boivin *et al.*, 2008). La dispersion des conidies et l'infection des fruits se font en présence d'eau sur les tissus apportée par la pluie, la rosée ou le brouillard (Boivin *et al.*, 2008). Les symptômes apparaissent sur les fruits lors du mûrissement, qui pourrissent aussitôt dans l'arbuste (Boivin *et al.*, 2008). Le champignon produit un duvet grisâtre sur les fruits, ce qui est

très caractéristique de cette maladie (Boivin *et al.*, 2008). Pour réduire l'incidence de la maladie, il est primordial d'éliminer tous les débris végétaux au sol dans lesquels le champignon passe une partie de son cycle de vie (Boivin *et al.*, 2008). Il est recommandé de brûler tous les fruits infestés et d'augmenter la circulation de l'air dans la plantation, diminuant ainsi considérablement le développement de la moisissure grise (Boivin *et al.*, 2008).

**a. Pourriture brune des fruits**
Source : Boivin *et al.*, 2008

**b. Anthracnose**
Source : Boivin et al., 2008

**c. Moisissure grise**
Source : Boivin *et al.*, 2008

**Figure 2. Maladies fongiques des fruits d'argousier**

Il existe quatre maladies fongiques affectant le plant d'argousier au Québec : le flétrissement verticillien, le rhizoctone commun, le chancre cytosporéen et la brûlure phomopsienne (Boivin *et al.*, 2008). **Le flétrissement verticilien** est causé par le champignon *Verticillium dahliae* qui se trouve dans le sol (Boivin *et al.*, 2008) (Figure 3a et Figure 3b). Ce champignon se propage à partir des racines de l'argousier dans le système vasculaire de la plante, entraînant son dépérissement (Boivin *et al.*, 2008). Il se propage dans la plantation à partir de la taille de branches affectées et de l'érosion du sol par le vent et l'eau (Boivin *et al.*, 2008). Les symptômes sont apparents durant toute la saison de croissance sous forme de jaunissement irrégulier, d'une brûlure et d'une chute prématurée des feuilles (Boivin *et al.*, 2008). Les tiges atteintes présentent souvent une coloration orangée de forme irrégulière (Boivin *et al.*, 2008). Pour réduire sa propagation, il est important de brûler les branches infestées après la taille (Boivin *et al.*, 2008). Il est recommandé de s'assurer que le champignon n'est pas présent dans le sol avant l'implantation d'une plantation d'argousier sur un site précis (Boivin *et al.*, 2008).

**a. Symptômes de flétrissement qui peut être causé par Verticillium, Rhizoctonia ou un stress hydrique**
Source : Boivin *et al.*, 2008

**b. Vaisseaux conducteurs affectés par Verticillium**
Source : Boivin *et al.*, 2008

**Figure 3. Symptômes du flétrissement verticillien**

**Le rhizoctone commun** est causé par le champignon *Rhizoctonia solani* qui habite certains sols du Québec (Boivin *et al.*, 2008) (Figure 3a). Sa dispersion se fait par la pluie, l'eau d'irrigation et l'équipement de travail ayant été en contact avec le mycélium d'un sol contaminé (Boivin *et al.*, 2008). Le champignon affecte le collet et les racines de l'argousier, en causant un brunissement (lésion brun rougeâtre en dessous de la ligne du sol) (Boivin *et al.*, 2008). Les lésions viennent à couvrir complètement la base du plant et les feuilles deviennent jaunes jusqu'à ce que la mort s'en suive (Boivin *et al.*, 2008). Pour réduire son incidence, il est recommandé de bien drainer le sol, car le champignon a besoin de beaucoup d'humidité pour se développer (Boivin *et al.*, 2008). Il est aussi conseillé de favoriser une bonne circulation de l'air entre les plants d'argousier et au niveau du sol (Boivin *et al.*, 2008).

**Le chancre cytosporéen** est causé par des champignons du genre *Cytospora* (Boivin *et al.*, 2008) (Figure 4). Il hiverne dans les branches mortes d'argousier où le chancre est déjà présent (Boivin *et al.*, 2008). Durant la saison de croissance, les spores sont dispersées par la pluie, le vent et les insectes (Boivin *et al.*, 2008). L'infection se fait par la présence de blessures sur l'argousier, car les champignons ne peuvent pas pénétrer des structures saines (Boivin *et al.*, 2008). Le symptôme le plus important de la maladie est la formation de gomme près du point d'infection (Boivin *et al.*, 2008). Le chancre se développe circulairement en formant un brunissement des tissus internes de l'écorce, qui devient noir en présence d'humidité (Boivin *et al.*, 2008). Pour réduire l'incidence de la maladie, il est recommandé de surveiller la présence de chancres sur les branches d'argousier et d'éviter le plus possible la création de blessures causées par le froid à

l'aide d'une bonne taille des arbustes (Boivin *et al.*, 2008). Les branches infestées doivent être brûlées (Boivin *et al.*, 2008).

**La brûlure phomopsienne** est causée par un champignon du genre *Phomopsis* (Boivin *et al.*, 2008) (Figure 4). Le champignon passe l'hiver sur les lésions de l'arbuste et la pluie favorise sa dispersion durant la saison de croissance (Boivin *et al.*, 2008). Le pathogène infeste les tiges, les branches ou les ramilles, en formant des taches elliptiques qui peuvent former des chancres noirs de forme irrégulière (Boivin *et al.*, 2008). Pour réduire sa propagation, il faut favoriser la pénétration de la lumière et la circulation de l'air dans les arbustes afin de réduire l'humidité (Boivin *et al.*, 2008). Les tissus infestés doivent être brûlés chaque année (Boivin *et al.*, 2008).

**Figure 4. Chancre qui peut être causé par *Cytospora* ou *Phomopsis***
Source : Boivin *et al.*, 2008

Il existe plusieurs espèces d'acariens et d'insectes ravageurs qui peuvent attaquer les plants d'argousier au Québec. **L'acarien *Aceria hippophaena*** (0,15 mm de long ; deux paires de pattes seulement) pond ses œufs sur les bourgeons, ce qui provoque la formation de petites galles blanches endommageant le bourgeon au printemps (Boivin *et al.*, 2008) (Figure 5a). **L'acarien *Tetranychus urticae*** (0,2 à 0,4 mm de long ; quatre paires de pattes) se nourrit des feuilles d'argousier de mai à septembre et les feuilles infestées montrent une décoloration jaunâtre (Boivin *et al.*, 2008) (Figure 5b).

**L'altise à tête rouge** (*Systena frontalis*) (4-5 mm de long) de couleur noire avec une tête rougeâtre est une espèce de sauterelle qui s'alimente du feuillage de l'argousier laissant des petits trous abondants dans les feuilles au printemps (Boivin *et al.*, 2008) (Figure 5c). La larve se nourrit des racines sans trop causer de dégât (Boivin *et al.*, 2008). **Le charançon radicicole européen** (*Phyllobius oblongus*) de couleur brune (Figure 5d) et **le charançon vert pâle** (*Polydrusus impressifrons*) de couleur verte (Figure 5e) mangent le contour des feuilles au

printemps (Boivin *et al.*, 2008). **Les taupins** (*Élatéridés*) de couleur brune, noire ou grise (10-20 mm de long) se nourrissent du feuillage d'argousier, mais ils ne causent pas de dommages importants (Boivin *et al.*, 2008) (Figure 5f). Cependant, les larves se nourrissent de racines et les endommagent considérablement (Boivin *et al.*, 2008) (Figure 5g).

**Les punaises puantes** (*Halyomorpha halys*) (10-15 mm de long ; long bec) de couleur grise, brune ou verte émettent une odeur désagréable distinctive et endommagent le feuillage, les fleurs, les fruits et les tiges des argousiers au printemps et en été, en piquant les tissus (Boivin *et al.*, 2008) (Figure 5h). **Les punaises quadrilignées** (*Poecilocapsus lineatus*) (7,1 à 7,5 mm de long : larve rouge orangé et adulte noir, vert et jaune) sucent la sève au printemps et pendant l'été avec les stylets de leur bec, entraînant la formation de taches annulaires nécrotiques à la surface du tissu des plantes (Boivin *et al.*, 2008) (Figure 5i).

**Le puceron de l'argousier** (*Capitophorus hippophaes*) de couleur vert pâle (1,7 à 2,4 mm de long) pique et suce la sève des feuilles, produisant l'enroulement des nouvelles pousses pendant toute la saison de croissance (Boivin *et al.*, 2008) (Figure 5j). **Le puceron noir de la fève** (*Aphis fabae*) de couleur noir verdâtre (1,5 à 3,1 mm de long) suce la sève des feuilles et des tiges, causant le jaunissement des feuilles, l'affaiblissement des arbustes et favorisant le développement d'un champignon noir (fumagine) (Boivin *et al.*, 2008) (Figure 5k).

**La chenille à tente estivale** (*Hyphantria cunea*) (25 mm de long avec longs poils blancs et verrues jaunâtres) vit en groupe dans une toile tissée de soie mangeant toutes les feuilles à son passage (Boivin *et al.*, 2008) (fFigure 5l). La défoliation est sévère, mais n'est pas dangereuse pour la survie de l'argousier (Boivin *et al.*, 2008).

**L'arpenteuse cornue** (*Biston betularia*) de couleur brunâtre (60 mm avec deux paires de fausses pattes) se nourrit des feuilles d'argousier de juillet à fin septembre sans causer de grands impacts sur le rendement (Boivin *et al.*, 2008) (Figure 5m). **L'arpenteuse bossue de la pruche** (*Ectropis crepuscularia*) de couleur brun foncé avec une ligne blanche sur le dessus (32 mm de long avec deux paires de fausses pattes) se nourrit de jeunes feuilles et boutons floraux d'argousier de la fin mai au début septembre, sans affecter considérablement le rendement de l'argousier (Boivin *et al.*, 2008) (Figure 5n). **La spongieuse** (*Lymantria dispar*) de couleur gris moucheté avec taches bleues et rouges (60 mm de long) se nourrit du feuillage d'argousier en été sur des sites très ensoleillés et dégagés (Boivin *et al.*, 2008) (Figure 5o). **La chenille à houppes blanches** (*Orgyia leucostigma*) de couleur jaune avec une tête rouge orangé possède quatre touffes de poils blancs dressés et distinctifs (37 mm de long avec cinq paires de fausses pattes) (Figure 5p). Elle mange

les feuilles de l'argousier de juillet à septembre, ne laissant que les nervures (Boivin *et al.*, 2008). Elle n'a généralement aucun impact sur le rendement des fruits (Boivin *et al.*, 2008).

**L'orthosie verte** (*Orthosia hibisci*) de couleur vert feuille avec cinq lignes blanches longitudinales (40 mm de long avec cinq paires de fausses pattes) se nourrit des feuilles, des boutons floraux et des jeunes fruits de l'argousier entre la mi-mai et la fin août (Boivin *et al.*, 2008) (Figure 5q). Son impact sur le rendement est normalement minime (Boivin *et al.*, 2008). **La fausse légionnaire** (*Xylena nupera*) de couleur jaunâtre avec petits points noirs et une large bande blanche longitudinale de chaque côté (60 mm de long avec trois paires de fausses pattes) mange le feuillage d'argousier du printemps jusqu'à la fin du mois de juin, n'affectant pas le rendement de l'argousier (Boivin *et al.*, 2008) (Figure 5r). **La tordeuse à bandes obliques** (*Choristoneura rosaceana*) est une chenille de couleur verte avec une tête noire (25 mm de long) munie de cinq paires de fausses pattes qui s'alimente du feuillage et des bourgeons de l'argousier de la mi-mai à la mi-juin et du début du mois de juillet à la mi-septembre (Boivin *et al.*, 2008) (Figure 5s). Elle n'affecte pas non plus le rendement de l'argousier (Boivin *et al.*, 2008).

Pour lutter contre les ravageurs de l'argousier au Québec, il n'existe toujours aucun insecticide homologué (Boivin *et al.*, 2008). Cependant, plusieurs espèces d'ennemis naturels (punaises masquées, chrysopes, hémérobes, cantharides, carabes, coccinelles, syrphes, cécidomyies, braconides et ichneumonides) permettent déjà de réduire considérablement les populations d'insectes et acariens ravageurs sur l'argousier (Boivin *et al.*, 2008). De plus, il est recommandé d'éliminer les mauvaises herbes qui sont importantes pour l'établissement et le développement de plusieurs espèces de ravageurs (Boivin *et al.*, 2008).

| | |
|---|---|
| <br>**a. Galles formées par l'acarien *Aceria hippophaena***<br>Source : http://www.bladmineerders.nl/gallen/acari/aceria/hippophaena/hippophaena.htm | **b.**<br>**Tétranyque à deux points**<br>Source : https://en.wikipedia.org/wiki/Tetranychus |
| <br>**c. Altise à tête rouge**<br>Source : http://bugguide.net/node/view/480912 | <br>**d. Charançon radicicole européen**<br>Source : http://bugguide.net/node/view/18712 |

**e. Charançon vert pâle**
Source : http://oregonstate.edu/dept/nurspest/Polydrusus_weevil.htm

**f. Taupin**
Source : Boivin *et al.*, 2008

**g. Larve de taupin**
Source : https://www.jardiner-autrement.fr

**h. Punaise puante (pentatomidé)**
Source : Boivin *et al.*, 2008

**i. Punaise quadrilignée**
Source : http://plant-pest-advisory.rutgers.edu/now-you-see-me-now-you-dont/

| | |
|---|---|
| <br>**j. Puceron de l'argousier**<br>Source : Boivin *et al.*, 2008 | <br>**k. Puceron noir de la fève**<br>Source : Boivin *et al.*, 2008 |
| <br>**l. Chenille à tente estivale**<br>Source : Danielle Babin, Cégep de Sainte-Foy | <br>**m. Arpenteuse cornue**<br>Source : Boivin *et al.*, 2008 |
| <br>**n. Arpenteuse bossue de la pruche**<br>Source : http://aramel.free.fr/INSECTES13ter-2.shtml | <br>**o. Spongieuse**<br>Source : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lymantria_dispar_-_growth_A_-_05_-_34_mm._caterpillar_%282009-06-12%29.jpg |

| | |
|---|---|
| <br>**p. Chenille à houppes blanches**<br>Source :<br>http://www.fnanaturesearch.org/index.php?option=com_naturesearch&task=view&id=1432 | <br>**q. Orthosie verte**<br>Source :<br>http://bugguide.net/node/view/523484/bgpage |
| <br>**r. Fausse légionnaire**<br>Source :<br>http://cuic.entomology.cornell.edu/insect_images/search/Noctuidae/Noctuinae/Xylenini/page:4 | <br>**s. Tordeuse à bande oblique**<br>Source : http://bugguide.net/node/view/898666 |

**Figure 5. Insectes et aracriens pouvant attaquer les plants d'argousier**

## 2.6. PRODUCTION ET CARACTERISTIQUES NUTRITIVES DES FRUITS

La plupart des argousiers plantés au Québec sont **produits par boutures** (Trépanier, 2009). Les premiers bourgeons reproductifs commencent normalement à se former après deux saisons de croissance à l'automne (Li & Schroeder, 1996). Le printemps suivant, l'ouverture des bourgeons reproductifs, mâles et femelles, se produit de mi-avril à mi-mai (Boivin *et al.*, 2008). La floraison et la pollinisation des fleurs se font avant même que les feuilles apparaissent de mi-mai à mi-juin (Boivin *et al.*, 2008). Les fruits se développent (nouaison, grossissement et coloration des fruits) sur les plants femelles de mi-juin à mi-août et la maturation de ces fruits se déroule de mi-août jusqu'à la fin du mois de septembre (Boivin *et al.*, 2008). Douze à quinze semaines s'écoulent chaque année entre la période de floraison et la maturité des fruits (Boivin *et al.*, 2008). Les fruits sont généralement tous matures 25 jours avant la première gelée du sol et sont **récoltés au cours des mois de septembre, octobre et novembre de la même année** (Li & McLoughlin, 1997). Les périodes de formation des bourgeons, floraison, développement et maturation des fruits varient considérablement entre les cultivars (Boivin *et al.*, 2008). Les fruits sont récoltés suivant deux différentes méthodes au Québec : la coupe de branches fruitées tous les deux ans ou le brassage des arbustes tous les ans (Trépanier, 2009). Les fruits doivent être récoltés après leur maturation complète, car ils cessent de mûrir après la cueillette (Boivin *et al.*, 2008).

Les fruits de l'argousier mesurent moins de 1 cm de diamètre, sont de forme sphérique à maturité, pèsent généralement moins d'un gramme et leur couleur varie du jaune vers un rouge orangé dépendant des cultivars (Boivin *et al.*, 2008). **Les fruits d'argousier font partie des fruits les plus nutritifs au monde** et contiennent une grande quantité de sucres (glucose, fructose et mannitol), protéines, acides organiques, caroténoïdes, acides aminés, et vitamines (Li & Schroeder, 1996 ; Li & Beveridge, 2004). La composition chimique et nutritive des fruits d'argousier varie grandement d'un cultivar à l'autre et d'une région à une autre (Trépanier, 2009 ; Li & Schroeder, 1996). La quantité de vitamine C des fruits d'argousier se situe entre 105 et 2500 mg/100 ml de jus, ce qui est de 3 à 30 fois plus élevé que les concentrations retrouvées dans le jus d'orange et de fraise (Li & Beveridge, 2004). Les concentrations d'acides gras et de vitamine E (160 mg/100g de baie) sont plus élevées que celle du blé, du soya et du maïs (Li & Schroeder, 1996). La teneur élevée en carotène se tient aux alentours de 30 à 40 mg/100g de fruits, en plus de produire une grande quantité de flavonoïdes (Li & Beveridge, 2004). Le jus et les graines de l'argousier contiennent entre 2 et 8 % d'huile riche en acide palmitique, acides gras non saturés, vitamine E et carotènes (Li & Beveridge, 2004). L'excellente activité antioxydante des fruits s'élève à plus de 93 % (Li & Beveridge, 2004). Les fruits d'argousier sont utilisés au Québec pour produire des jus et des barres énergétiques, mais aussi de l'huile, des pigments et des

médicaments (Li & Beveridge, 2004). Les feuilles sont aussi très nutritives et sont couramment utilisées dans la fabrication de thé et de tisane (Li & McLoughlin, 1997). Le contenu en chlorophylle et en caroténoïdes des feuilles varie grandement d'un cultivar à un autre (Trépanier, 2009).

**Les propriétés médicinales de l'argousier ont été bien démontrées** et documentées en Asie et en Europe depuis des milliers d'années (Li & Beveridge, 2004). Une multitude de produits médicinaux sous forme liquide, de poudre, de plâtres, de films, de pommades, de comprimés, de suppositoires, de liniments et d'aérosols ont été développés pour traiter de nombreuses maladies. Yang & Kallio (2002; 2005), ayant fait une compilation exhaustive des effets physiologiques des lipides de l'argousier, affirment que les effets antioxydants, les effets sur la peau et la muqueuse, les effets sur des facteurs de risque des maladies cardiovasculaires, les effets sur les fonctions immunes et les applications anticancéreuses sont les principaux bienfaits des huiles du fruit de l'argousier. La recherche sur les utilisations médicinales de l'huile d'argousier est encore en développement. Elle est aussi utilisée dans le domaine de la cosmétique pour ralentir le vieillissement de la peau et retarder l'apparition des rides (Li & Beveridge, 2004). Les fruits de l'argousier possèdent d'autres utilités intéressantes en médecine comme la réparation de blessures à la cornée des yeux et la greffe de peau (favorise la régénération des tissus) (Li & Beveridge, 2004).

## 2.7. TAILLES DE FORMATION

La plupart des ouvrages consultés recommandent de faire une taille de formation à l'argousier pour les premières années de croissance. Sinon, il croîtrait de façon plutôt anarchique puisque l'arbuste se retrouve naturellement avec un grand nombre de branches en compétition entre elles pour la lumière et le plant est souvent sans axe central (Boivin *et al.* 2008). La taille de formation permet donc de diriger le développement des branches et de favoriser la croissance de l'arbuste. Elle permet également de faciliter la récolte des fruits, en limitant la hauteur de l'arbuste (ce dernier ne devrait pas mesurer plus de 1,83 mètre (6 pieds)) et en éliminant les aiguillons sur les branches matures. On constate aussi qu'une taille modérée augmente le rendement de la plante et la durée de sa vie productive (Robitaille, 1999).

Le principe général de la taille de formation chez l'argousier, alors que le plan ne produit pas encore de fruits, est de sélectionner un certain nombre de branches charpentières bien distribuées autour d'un axe central dominant. Cette façon de procéder s'appelle **la taille à axe central**. C'est surtout cette méthode qui semble être appliquée au Québec. En Colombie-Britannique, dans la vallée de l'Okanagan plus précisément, le Centre de recherche d'Agriculture et Agroalimentaire

Canada (AAC) préconise plutôt une taille à centre ouvert auprès des producteurs d'argousier de la région. Avec cette méthode, on enlève la tige apicale et on garde 3 branches principales.

Il faut, par contre, prendre en considération plusieurs facteurs avant de privilégier un type d'intervention. Tout d'abord, l'architecture naturelle de l'argousier varie selon les cultivars (Boivin *et al.* 2008). Par exemple, certains cultivars produisent des branches à angle aigu par rapport au tronc qui sont plus faibles et qui risquent de se casser lorsque le plant plus âgé est chargé de fruits. De plus, certains cultivars sont plus vigoureux et tolèrent mieux une taille de formation sévère qu'un autre, dont la vigueur est moindre (Boivin *et al.* 2008). L'épaisseur de la neige, des épisodes de pluie verglaçante, des périodes de gel et de dégel ainsi que la fonte des neiges au printemps sont tous des éléments qui peuvent contribuer à accroître le poids sur les branches et augmenter le risque de bris de ces dernières. C'est peut-être pour ces raisons qu'on préconise davantage la taille à axe central plutôt que la taille à centre ouvert au Québec. Il importe donc de tenir compte de l'angle et de la hauteur des premières charpentières dans le choix des branches à conserver. On pourra se permettre de garder des branches charpentières plus basses dans les zones réputées pour leurs faibles chutes de neige, comparativement à celles qui reçoivent plus de précipitations.

## 2.8. BENEFICES ET INCONVENIENTS APPORTES AUX AUTRES PLANTES

L'argousier est une plante actinorhizienne qui s'associe symbiotiquement avec des espèces d'actinomycètes du genre *Frankia.* Or, ces actinomycètes ont la capacité de fixer l'azote atmosphérique (Li & Schroeder, 1996). Par conséquent, l'argousier peut améliorer considérablement la concentration d'azote dans le sol, grâce à son association avec *Frankia*. Ceci procure un bénéfice important aux plantes qui poussent près des argousiers dans des sols, dont le facteur limitant est l'azote (Li & Schroeder, 1996). De plus, les racines d'argousiers sont capables de transformer la matière organique et minérale insoluble du sol en matière soluble, ce qui est très bénéfique pour les autres plantes qui sont incapables d'effectuer cette tâche (Li & Schroeder, 1996). L'argousier, étant une espèce très tolérante aux températures extrêmes, au sel et au pH élevé, en plus de fixer l'azote et de contrôler l'érosion et la perte d'eau dans le sol à l'aide de son système racinaire extensif, est une plante très intéressante pour la révégétalisation de sites dégradés préparant et améliorant ainsi les conditions microclimatiques et édaphiques du site pour la succession d'autres espèces de plantes (Li & Oliver, 2001). Cependant, le système racinaire extensif de l'argousier utilise beaucoup de ressources minérales, nutritionnelles et hydriques du sol et entre souvent en concurrence avec d'autres plantes pour ces ressources, réduisant alors leur croissance (Orwa et al. 2009).

# 3. ESPECES D'ARBRES DE PREDILECTION SUR LA COTE-DE-BEAUPRE

La Côte-de-Beaupré abrite des terres agricoles fertiles pour l'agriculture au Québec. Leurs sols brunisolique, podzolique ou gleysolique possèdent des profondeurs variant de 80 à plus de 100 cm, ce qui est très intéressant pour la croissance de plantes pérennes comme les arbres exigeant beaucoup d'espace et de ressources pour la croissance de leurs racines. La texture des sols de la Côte-de-Beaupré est très variable (argile, loam argileux, loam, sable loameux et sable). Le drainage est lui aussi très diversifié, allant de mauvais à rapide. Le pH, souvent légèrement acide, varie normalement de 4,8 à 7,2. Les terres agricoles de la Côte-de-Beaupré se situent généralement en haut de pente et reçoivent de forts vents provenant du sud-ouest et du nord-est. Les arbres plantés dans ces conditions doivent avoir une certaine résistance au vent.

Lors de la plantation d'espèces, on consulte généralement la cartographie des zones de rusticité, correspondant aux zones qui sont les plus propices à la survie des végétaux, d'après les conditions climatiques moyennes de chaque région. La Côte-de-Beaupré se trouve dans la zone de rusticité 4a (figure 6). Selon les zones de végétation établies par le ministère de la Faune, des Forêts et des Parcs (MFFP), elle se situe dans le sous-domaine bioclimatique de l'érablière à tilleul de l'est et appartient à la région écologique 2bT-Plaine du Saint-Laurent.

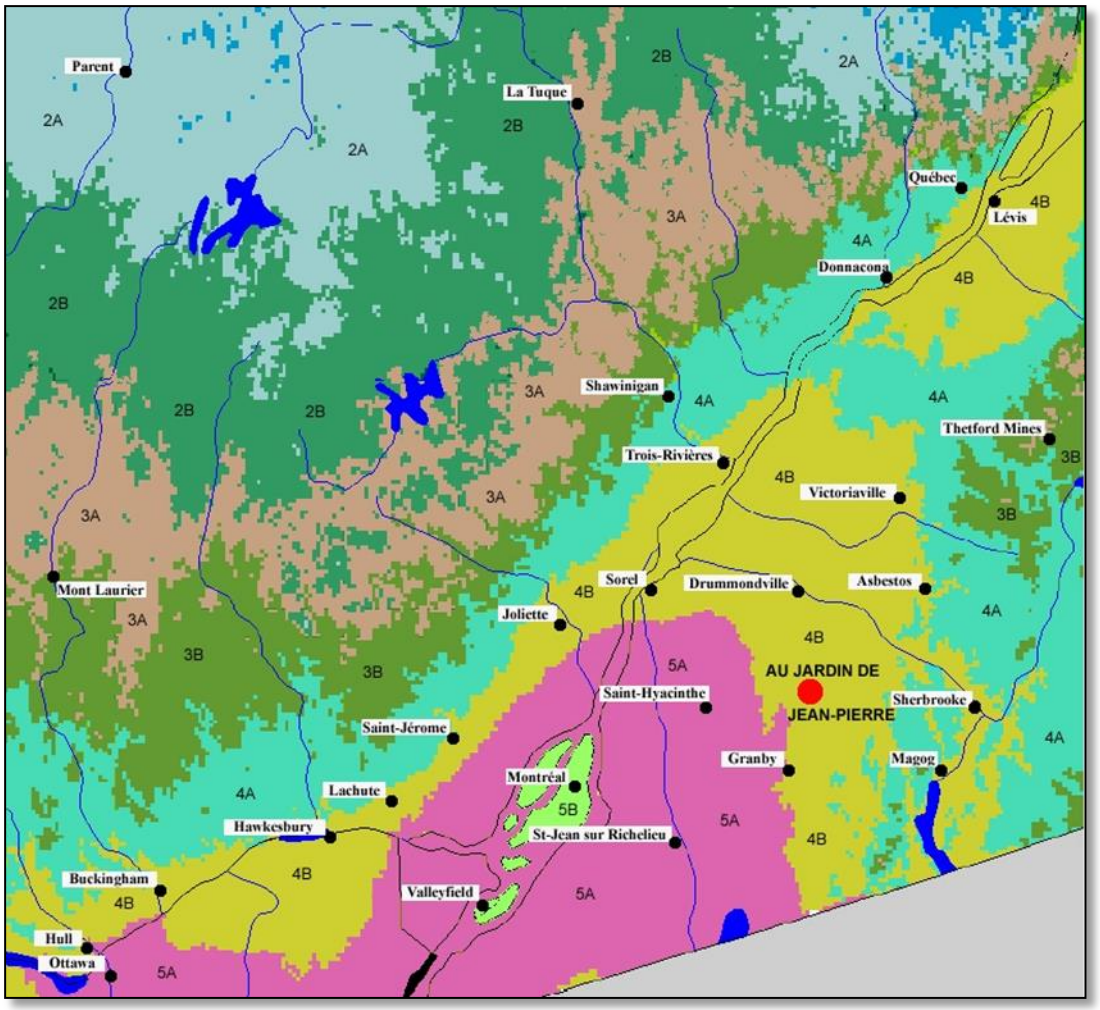


**Figure 6. Zone de rusticité des arbres dans la région**
Source : http://www.jardinjp.com/html/zones_de_rusticite_au_quebec.htm

## 3.1. PEUPLIER HYBRIDE

### Description de l'espèce et habitat

Au Québec, le peuplier indigène se retrouve partout dans les forêts tempérées et boréales de la province (Jobidon, 1995). Il préfère les sols argileux, mais on le retrouve sur presque tous les types et textures de sols (Jobidon, 1995). Il est adapté à tous les régimes hydriques, mais il préfère les drainages de bons à modérés (Jobidon, 1995).

Le MFFP conduit un programme d'amélioration génétique pour les peupliers hybrides depuis 1969, afin de produire des clones adaptés aux différentes conditions bioclimatiques. Au Québec,

environ 40 clones sont recommandés, en fonction des régions écologiques (Réseau Ligniculture Québec, 2011).

Le peuplier hybride est une espèce créée à partir de l'hybridation de deux espèces de peuplier existant naturellement. Au Québec, cinq espèces sont principalement utilisées : le peuplier deltoïde (*Populus deltoides*), le peuplier noir (*Populus nigra*), le peuplier baumier (*Populus balsamifera*), le peuplier de l'Ouest (*Populus trichocarpa*) et le peuplier du Japon (*Populus maximowiczii*) (Réseau Ligniculture Québec, 2011).

Chacune de ces espèces présente leurs propres caractéristiques. Le **peuplier deltoïde** pousse généralement sur les stations chaudes, riches et humides et il a une bonne résistance aux insectes et aux maladies (Réseau Ligniculture Québec, 2011). Le **peuplier noir**, pour sa part, est une espèce exotique venant de l'Europe et de l'Asie (Réseau Ligniculture Québec, 2011). Il est également bien adapté aux stations chaudes, riches et humides. Il possède une bonne résistance aux insectes et aux maladies foliaires ainsi qu'une résistance moyenne au chancre septorien (Réseau Ligniculture Québec, 2011). Le **peuplier baumier** se caractérise par sa rusticité. Cette espèce indigène colonise la plupart des régions du Québec et même tous les territoires et provinces du Canada. On le retrouve jusqu'en Alaska (Réseau Ligniculture Québec, 2011). Il tolère bien les sols de fertilité moyenne et relativement acide. Par contre, il est plus sensible au charançon du saule (Réseau Ligniculture Québec, 2011). Le **peuplier de l'Ouest** pousse bien dans les sols meubles, poreux, sableux ou graveleux. Il est sensible au chancre septorien (Réseau Ligniculture Québec, 2011). Enfin, le **peuplier du Japon** très rustique tolère bien les sols de fertilité moyenne et relativement acide, mais est très susceptible au chancre septorien lorsqu'il est planté en Amérique du Nord (Réseau Ligniculture Québec, 2011).

Les hybridations de peupliers permettent aussi d'obtenir des caractéristiques différentes, en ce qui concerne les propriétés du bois, la forme des tiges, la résistance aux maladies et aux insectes et même l'appétence pour le cerf de Virginie.

Comme les peupliers ont la capacité de se reproduire par multiplication végétative, il est possible d'obtenir plusieurs copies identiques sur le plan génétique (clones) d'un même plant (Réseau Ligniculture Québec, 2011). Pour un même hybride, on a des clones différents puisque lorsque les parents sont différents, les plants sont génétiquement différents.

## Dynamique et croissance

Les peupliers sont des espèces pionnières des débuts de succession à croissance rapide qui demandent beaucoup de lumière pour leur croissance et survie (Jobidon, 1995). Ils ne tolèrent pas l'ombre et ne peuvent s'établir en dessous de leur propre ombrage ou celle d'une espèce plus tolérante à l'ombre (Jobidon, 1995). Les tiges s'élaguent naturellement en présence d'ombre, ce qui demande très peu d'entretien (Jobidon, 1995). Du fait de leur intolérance à l'ombre, ils sont normalement aménagés en peuplement pur, monoétagé et équienne, mais peuvent aussi très bien pousser lorsqu'ils sont mélangés à des essences à croissance lente (Jobidon, 1995). Les rendements les plus élevés en volume se trouvent dans des sols riches en eau et éléments nutritifs (Jobidon, 1995). Les arbres peuvent atteindre un diamètre de 30 cm et une hauteur de 25 m dans des sols de fertilité moyenne à élevée, riche en calcium échangeable, comme les terres agricoles (Jobidon, 1995). Les peupliers peuvent vivre jusqu'à 200 ans, mais en forêt, ils sont normalement récoltés suivant une rotation de 45 ans (Jobidon, 1995). Sur les terres agricoles fertiles, les tiges sont prêtes à être récoltées après seulement 20 ans (Vézina, 2005).

## Insectes, maladies et résistance

Le chancre septorien et la rouille sont deux maladies fréquemment observées sur les peupliers hybrides au Québec (Réseau Ligniculture Québec, 2011). Le développement de ces maladies est favorisé dans des environnements humides et peu ventilés (Réseau Ligniculture Québec, 2011).

**Le chancre septorien** (*Septoria musiva*) est la maladie la plus fréquente au Québec et engendre la mort du cambium. Le champignon *Septoria musiva* survit l'hiver dans la litière des plantations et produit des spores au printemps ainsi qu'à l'été, ces derniers infectant les peupliers hybrides (Réseau Ligniculture Québec, 2011). Les premiers symptômes apparaissent habituellement dans la partie inférieure de la cime, entre autres, sur les jeunes pousses et sur les feuilles (Figure 7a, Figure 7b). Des petites taches noirâtres apparaissent sur l'écorce et une zone de nécrose se forme graduellement, déformant la tige (Réseau Ligniculture Québec, 2011). Dans certains cas, l'arbre meurt (Réseau Ligniculture Québec, 2011). Ceux qui survivent peuvent subir une perte de vigueur importante. La structure de l'arbre étant affaiblie, il devient plus fragile aux bris par la neige, au verglas et aux vents forts (Réseau Ligniculture Québec, 2011). Le champignon *Septoria musiva* peut également provoquer des taches foliaires.

**a. Chancre septorien sur la tige d'un peuplier hybride.**
Source : Tremblay et al,
http://arbres.ccdmd.qc.ca/rens_credits.php

**b. Tache septorienne avec pycnides causée par *Septoria musiva* sur peuplier hybride.**
Source : Tremblay et al.,
http://arbres.ccdmd.qc.ca/rens_credits.php

**Figure 7. Attaques du chancre septorien**

**La rouille** (*Melampsora medusae*) est la deuxième maladie en importance chez les peupliers hybrides au Québec (Réseau Ligniculture Québec, 2011). Le champignon provoque des nécroses sur les feuilles qui ont l'apparence de taches jaune orangé avec une texture poudreuse (Figure 8). Les symptômes peuvent commencer à apparaître au début de l'été et le feuillage peut devenir envahi à la mi-juillet (Réseau Ligniculture Québec, 2011). Ce champignon a pour effet de ralentir la croissance et peut ouvrir la porte à d'autres pathogènes (Réseau Ligniculture Québec, 2011). Pour compléter son cycle de vie, ce champignon a besoin d'un hôte alterne qui est le mélèze hybride (Réseau Ligniculture Québec, 2011). Il est donc fortement conseillé de ne pas planter de peupliers hybrides à proximité d'un peuplement ou d'une plantation de mélèzes (Réseau Ligniculture Québec, 2011).

| | |
|---|---|
| <br>**a.Spores jaune orange associés à la rouille**<br>Source : Agriculture et Agroalimentaire Canada<br>http://www.agr.gc.ca/fra/science-et-innovation/pratiques-agricoles/agroforesterie/maladies-et-ravageurs/?id=1344636727377 | <br>**b. La surface des feuilles est couverte par des spores jaune orange.**<br><br>Source : Tremblay et al.,<br>http://arbres.ccdmd.qc.ca/rens_credits.php |

**Figure 8. Rouille sur des feuilles de peuplier**

Les peupliers hybrides peuvent également présenter des **taches foliaires**. Le champignon *Marssonina brunnea* cause des taches brunes sur les feuilles et rameaux (Figure 9). Les taches foncées de 1 à 5 mm apparaissent tôt à l'été. Des zones de nécrose se forment sur les feuilles. Ceci a pour effet de diminuer la photosynthèse (Réseau Ligniculture Québec, 2011). Les hybrides DxN seraient plus sensibles à ce problème.

**Figure 9. Taches foliaires chez le peuplier**
Source : Tremblay *et al.*,
http://arbres.ccdmd.qc.ca/rens_credits.php

Les champignons *Septoria musiva* (responsable du chancre septorien) et *Septoria populicola* causent également des taches foliaires (Réseau Ligniculture Québec, 2011) (Figure 7b). Les peupliers de l'Ouest, le peuplier baumier et leurs hybrides sont davantage affectés par le *Septoria populicola*, alors que le peuplier deltoïde y est résistant (Réseau Ligniculture Québec, 2011). Les

taches provoquées par les champignons du genre *Septoria* apparaissent au printemps dans la partie inférieure de l'arbre. À ce moment, les taches sont jaune pâle et deviennent ensuite brunâtres ou grises pendant l'été (Réseau Ligniculture Québec, 2011). Elles peuvent se répandre dans tout le feuillage de l'arbre (Réseau Ligniculture Québec, 2011) et engendrer une défoliation hâtive (Réseau Ligniculture Québec, 2011). Pour le moment, les taches foliaires ne causeraient pas de dégâts majeurs au Québec, bien qu'elles puissent favoriser l'infection par d'autres pathogènes (Réseau Ligniculture Québec, 2011).

Les peupliers hybrides peuvent également être affectés par la **brûlure des pousses**. Les agents pathogènes du genre *Venturia* sont les principaux responsables de ces brûlures rencontrées chez les peupliers (Gagné, 2005). Les jeunes feuilles noircissent, suivies des pousses qui noircissent aussi à leur tour, se tordent et finalement meurent (Ressources naturelles Canada, http://aimfc.rncan.gc.ca/fr/insectes/tous) (Figure 10). La brûlure des pousses provoque une défoliation printanière. La progression de la maladie est favorisée par un printemps frais et humide, mais à l'arrivée des journées chaudes et sèches de l'été, la maladie régresse (Ressources naturelles Canada, http://aimfc.rncan.gc.ca/fr/insectes/tous).

Source : Tremblay et al., http://arbres.ccdmd.qc.ca/rens_credits.php

Source : Ressources naturelles Canada, http://aimfc.rncan.gc.ca/fr/insectes/tous

**Figure 10. Flétrissement des feuilles et des pousses terminales**

Les peupliers hybrides peuvent aussi être affectés par **le chancre hypoxylonien** qui est causé par le pathogène *Entoleuca mammata* (Gagné, 2005). Ce chancre est une maladie qui touche fréquemment les peuplements naturels de peuplier faux-tremble (*P. tremuloides* Mich). Ce pathogène affecte également le peuplier à grandes dents (*P. grandidentata* Mich.) et le peuplier baumier (Gagné, 2005). Les peuplements qui ont entre 15 et 40 ans et une faible densité sont beaucoup plus prédisposés à être infectés.

Enfin, les quatre insectes les plus ravageurs pour le peuplier hybride sont **la livrée des forêts** (*Malacosoma disstria*), **le charançon du saule** (*Cryptorhynchus lapathi*), **l'orchestre du saule** (*Isochnus rufipes*) et **l'hépale saumon** (*Sthenopis quadriguttatus*) (Figure 11).

**a. Livrée des forêts**

**b. Charançon du saule**

**c. Dommages causés par le charançon du saule**

**Figure 11. Livrée et charançon du sol**
Source : Ressources naturelles Canada, http://aimfc.rncan.gc.ca/fr/insectes/tous

## Reproduction

Les peupliers se régénèrent principalement par le **drageonnement** des racines latérales suite à la coupe de l'arbre parent (Jobidon, 1995). L'ombrage (moins de 50 % de lumière au sol) sur le système racinaire empêche le drageonnement (Jobidon, 1995). La coupe du peuplier en plein été diminue considérablement les chances de former des drageons (Jobidon, 1995). La reproduction par graines est moins efficace que le drageonnement pour régénérer une peupleraie, car les graines sont viables durant une très courte période (quelques semaines seulement) et sont très fragiles aux écarts de température. Des maladies fongiques aussi tuent souvent les semis et la germination est exigeante en humidité et type de lit de germination (Jobidon, 1995). Un léger scarifiage favorise le drageonnement et l'établissement des semis (Jobidon, 1995).

## Croissance de la régénération

La croissance rapide du peuplier se fait normalement durant les 20 à 25 premières années de croissance (Jobidon, 1995). Les drageons grandissent beaucoup plus rapidement que les semis, grâce à leur connexion avec l'arbre parent (Jobidon, 1995). Le taux de mortalité durant les premières années est très élevé et ceci est souvent causé par la compétition pour la lumière et les nombreuses attaques fongiques sur les feuilles et les tiges de l'arbre (Jobidon, 1995).

## Taille de formation et élagage

La majorité des experts s'entendent pour dire que la taille de formation ainsi que l'élagage des peupliers sont d'une grande importance pour produire du bois de qualité à maturité. Un producteur agricole qui compte faire la récolte de billots dans sa haie brise-vent à tout intérêt à faire ces travaux sylvicoles puisque la valeur qu'il pourra en tirer en sera grandement augmentée, surtout si les billots sont de qualité déroulage. Selon les prix affichés par différents acheteurs et ceux que publient les Syndicats de producteurs forestiers de plusieurs régions, le gain entre la production de bois de déroulage et de sciage est de l'ordre de 18 %. Il est encore plus significatif entre le bois de déroulage et le bois de pâte puisqu'il est de l'ordre de 85 %[1].

**La taille de formation** permet de remodeler le port de l'arbre et, plus particulièrement, son architecture en éliminant les fourches et les grosses branches. Habituellement, la taille de formation se fait dès les premières années de croissance des arbres et vise à supprimer les branches dans la cime des arbres qui gênent la formation d'un axe principal (Balleux *et al.* Date inconnue) (figure 12). Le principe de base, si l'on choisit de faire une taille de formation, est de former un fut sans défauts d'au moins 4 à 5 mètres de hauteur au niveau de la bille de pied. Comme les arbres sont plantés en champs, dans un milieu ouvert, produisant ainsi plus de branches qui ne s'élaguent pas de façon naturelle, il est inutile de déployer des efforts pour produire une bille de qualité au-delà de 4 à 5 mètres. Les opérations de taille sont en fin de compte non rentables au-delà de la première bille (Archambeault *et al.* 2007).

On fait tout d'abord l'analyse de l'arbre dans son ensemble pour déterminer s'il a besoin ou non d'une taille en observant si la flèche terminale est unique et bien définie. Si une taille de formation est nécessaire, on procède toujours en commençant par le haut en appliquant les priorités de taille suivantes :

1. Corriger les cimes à deux têtes.
2. Retirer les branches mortes, malades ou brisées.
3. Retirer les branches à angle aigu.
4. Retirer les branches de fort diamètre (plus de 1⁄2 du diamètre du tronc qui la porte).
5. Raccourcir les branches fortes ou concurrentes à la flèche terminale pour limiter sa croissance en diamètre.
6. Garder les branches basses fines et sans défauts dans les premières années de vie d'un arbre, car celles-ci contribuent à conserver deux tiers de cime vivante.

[1] Prix affichés par les Syndicats de producteurs de bois de la région de Québec et du sud du Québec à l'automne 2015.

Par précaution, il est préférable de désinfecter les outils de coupe après la taille de chaque arbre à l'aide d'un linge propre imbibé d'alcool isopropylique.

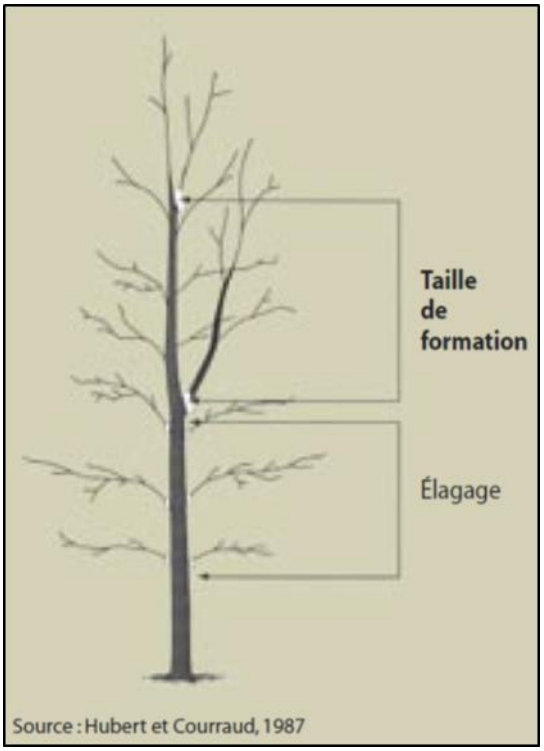


**Figure 12 Différence entre taille de formation et élagage**
Source : Archambeault et al., 2007

**L'élagage** quant à lui, consiste à enlever les branches qui se trouvent au bas de la tige pour éviter la formation de nœuds ainsi que d'autres défauts dans la bille de pied (Archambeault *et al.* 2007). On commence généralement l'élagage après les tailles de formation, quand le peuplier est âgé entre 3 et 5 ans ou qu'il a un diamètre qui se situe entre 8 et 10 centimètres (Maurin, 2013). Selon la vitesse de croissance de la plantation, ces chiffres peuvent, par contre, varier d'un endroit à l'autre. Il est préférable d'intervenir lorsque la longueur de fût (hauteur totale) souhaitée est atteinte (Maurin, 2013). Plus tôt on débute les travaux d'élagage plus les branches sont fines, causant ainsi moins de traumatismes à la tige. Pour éviter qu'ils ne se forment trop de branches épicormiques (gourmands), il est préférable de pratiquer l'élagage en été. De plus, l'activité physiologique de l'arbre est plus importante à cette période, ce qui assure une meilleure cicatrisation des tissus (Maurin, 2013). On devrait également préconiser un élagage progressif en sélectionnant judicieusement les branches à enlever tout au long du développement de la cime de l'arbre (Archambeault *et al.* 2007). Enfin, pour être efficace et donner les résultats recherchés,

l'élagage doit être pratiqué suffisamment longtemps avant la récolte finale. Au moment de la récolte, le diamètre du tronc devrait idéalement être trois fois plus gros que lorsqu'il a été élagué et ne pas avoir de branches sur les sections de 10 cm et plus (Archambeault *et al.* 2007).

## 3.2. ÉRABLE A SUCRE

### Description de l'espèce et de l'habitat

L'érable à sucre (*Acer saccharum*) est une espèce d'arbre décidue de grande importance au Québec. Son bois de grande qualité utilisé pour faire des planches de sciage ou du déroulage vaut très cher sur le marché. De plus, sa sève est utilisée pour produire des produits nutraceutiques très appréciés, comme le sirop d'érable et l'eau d'érable. Au Québec, l'érable à sucre domine les domaines bioclimatiques des érablières, mais se retrouve aussi dans la sapinière à bouleau jaune (Beaudet & Messier, 1998). Le meilleur habitat pour l'érable à sucre est un sol riche, profond et bien drainé de texture loam sableux situé en mi-pente (Nyland, 1999). L'érable à sucre se retrouve aussi sur des sommets et au haut des pentes de sol mince et les bas des pentes de sol mal drainé (Nyland, 1999). Dans ces conditions, sa croissance est réduite considérablement et le risque de chablis causé par de grands vents est accentué (Nyland, 1999). Il affectionne les sols de pH variant à 3,5 à 7,3, mais préfère ceux entre 5,0 et 7,3 (Lupien, 2004). La pauvreté du sol en calcium, magnésium, manganèse et azote amène le dépérissement des érables à sucre et l'envahissement des érablières par le hêtre (Nyland, 1999). L'érable à sucre peut être planté dans les zones de rusticité 4a, 4b, 5a et 5b au Québec (Lupien, 2004).

### Dynamique et croissance

L'érable à sucre est une essence très tolérante à l'ombre de fin de succession et peut vivre jusqu'à 250 à 300 ans (Nyland, 1999). À maturité, il atteint des hauteurs de 25 à 35 m et des diamètres entre 60 et 90 m (Nyland, 1999). La rotation des peuplements se fait normalement entre 80 et 150 ans (Nyland, 1999 ; Lupien, 2004).

### Insectes, maladies et résistance

L'érable à sucre est de peu à non-résistant **au pourridié-agaric** (espèce *Armillaria*) (Lupien, 2004). **La carie spongieuse** attaque le cœur des érables à partir d'environ 80 ans et souvent bien avant, lorsque l'arbre a été endommagé par la machinerie forestière (Nyland, 1999). L'érable à sucre est moyennement résistant aux vents (plus résistant sur sol profond et riche) et sensible aux gélivures et au verglas (Lupien, 2004). **Le perceur de l'érable** *(Glycobius speciosus)* **et les chancres** sont des insectes et des maladies qui attaquent régulièrement l'érable à sucre (Nyland,

1999). Les arbres affectés doivent être coupés et brûlés pour éviter la propagation des insectes et maladies aux autres arbres en santé (Nyland, 1999).

Les jeunes semis qui sont prédisposés à des conditions de sécheresse ont souvent un taux de mortalité élevé, car ils ne tolèrent pas très bien le manque d'eau (peu tolérant aux sécheresses) et ont moins d'énergie pour se défendre contre des attaques du corthyle de l'érable (Nyland, 1999). Les jeunes semis sont très sensibles au dessèchement des bourgeons par le froid, les gelées et le vent (Nyland, 1999).

## Reproduction

L'érable à sucre se reproduit principalement par semis (Nyland, 1999). Il peut aussi produire des rejets de souche, mais les tiges ne sont généralement pas très vigoureuses (Nyland, 1999). Le taux de germination des samares est meilleur dans un sol riche et humide (Nyland, 1999). La régénération peut être difficile à établir dans les sites où la compétition entre les érables à sucre et les plantes herbacées et ligneuses (framboisier, foin, viornes et drageons de hêtre) est importante (Nyland, 1999). Il se régénère mieux sous couvert forestier (Lupien, 2004). La plantation de l'érable à sucre avec d'autres espèces de feuillus à croissance rapide comme le peuplier en milieu ouvert s'avère très efficace pour éviter le problème de compétition (Lupien, 2004).

## Croissance de la régénération

La croissance des jeunes semis est lente (30 cm par année pour les 30 à 40 premières années) (Lupien, 2004). L'érable à sucre a besoin de seulement 5 % de lumière pour survivre, mais l'humidité du sol doit être élevée (Nyland, 1999). Sa croissance optimale en hauteur est obtenue sous 55 à 65 % de lumière (Nyland, 1999). Le chaulage des sols peut s'avérer nécessaire pour améliorer la croissance et la régénération de l'érable à sucre sur les sites acides et pauvres en éléments nutritifs (Nyland, 1999).

## Taille de formation et élagage

En milieu ouvert, la taille et l'élagage s'avèrent difficiles à cause de la formation de branches à angle d'insertion aiguë (Nyland, 1999).

## 3.3. MELEZE HYBRIDE

### Description de l'espèce et de l'habitat

Le mélèze hybride est issu d'un croisement dirigé entre le mélèze d'Europe (*Larix. decidua*) et le mélèze japonais (*Larix kaempferi*). Comme un décalage phénologique existe entre les deux espèces, le pollen du mélèze d'Europe doit préalablement être récolté et conservé pour ensuite féconder les fleurs femelles du mélèze du Japon. Par la suite, les plants sont produits par bouturage et même par embryogenèse somatique.

Le mélèze hybride présente une croissance supérieure à celle du mélèze européen et du mélèze japonais (Réseau Ligniculture Québec, 2007). Le mélèze hybride ne tolère pas bien les milieux trop humides (Perron, 2006). Les sols principalement composés d'argiles lourdes ou les sols sablonneux et secs devraient être proscrits ainsi que les sols mal drainés (Réseau Ligniculture Québec, 2007). Il est déconseillé de planter le mélèze hybride dans les basses terres du Saint-Laurent et les vallées, à cause du risque de gel tardif des pousses (Perron, 2006). La meilleure croissance du mélèze hybride se trouve sur des sites avec des sols loam ou loam sableux de fertilité moyenne à excellente, de modérément à bien drainé de pH entre 4 et 6 (Perron, 2006).

### Dynamiquie et croissance

Le mélèze est intolérant à la compétition et il devient important de dégager les semis sur un rayon de 0,5 à 1 mètre pendant les premières années (Réseau Ligniculture Québec, 2007). Le mélèze hybride est une espèce à croissance rapide qui peut vivre jusqu'à 150 ans (Perron, 2006). Il atteint des hauteurs de 30 à 40 m et un diamètre de 1 m sur les sites à croissance optimale (Perron, 2006). À l'âge de 20 ans, il a souvent déjà atteint des hauteurs entre 14 et 18 m (Perron, 2006). Le mélèze hybride parvient à sa croissance annuelle maximale vers l'âge de 30 ans (Perron, 2006). Il peut offrir un rendement très intéressant avec un volume de 300 $m^3$/ha en 30 ans (Réseau ligniculture Québec, 2014).

### Insectes, maladies et résistance

Le mélèze hybride est une essence très résistante au froid, au vent, aux insectes et aux maladies (Perron, 2006). Il est très intolérant à l'ombre et sa croissance diminue rapidement avec l'augmentation de la compétition pour la lumière (Perron, 2006). Au stade juvénile, le gel peut causer la mortalité des pousses terminales, mais le mélèze hybride démontre une bonne reprise de croissance l'année suivante grâce à sa dominance apicale bien marquée (Perron, 2006).

La maladie la plus importante chez le mélèze au Québec est **la carie racinaire** (aussi appelée pourridié-agaric) qui est provoquée par l'agent pathogène *Armillaria ostoyae* (Gagné, 2005). Le champignon annèle le collet des arbres ou cause la mort des racines provoquant ainsi la mort de l'arbre (Gagné, 2005). Les symptômes associés à cette maladie sont la présence de mycélium blanc et de rhizomorphes sous l'écorce au niveau des racines et du collet (Gagné, 2005). La mortalité des arbres associée à ce champignon est plus fréquente chez les jeunes arbres (moins de 15 ans). De plus, la maladie se retrouve davantage dans les plantations (Gagné, 2005).

Certaines **rouilles** (*Melampsora*) et **rouges** des aiguilles (*Hypodermella laricis Tubeuf*) affectent aussi le mélèze hybride (Figure 13) (Gagné, 2005). Ces maladies engendrent la défoliation, surtout dans les jeunes plantations et dans les pépinières. En général, les dégâts engendrés par ces pathogènes sont limités (Gagné, 2005).

**Figure 13. Rouille (*Melampsora paradoxa)***
Source : Ministère des Ressources naturelles, 2013

Enfin, quelques insectes défoliateurs peuvent s'attaquer au mélèze comme la tenthrède du mélèze, la porte-case et la tordeuse des bourgeons de l'épinette. **La tenthrède du mélèze** (*Pristiphora erichsonii*) fait des cicatrices de ponte sur les pousses de l'année (Figure 14). Il est également possible d'apercevoir des colonies de larves qui se déplacent sur les branches. La blessure causée par la ponte sur les jeunes pousses provoque un dessèchement et une courbure des pousses, ce qui entraîne un arrêt de leur élongation, une diminution de la quantité de bourgeons et une déformation de la cime.

**a. Larves matures de tenthrède du mélèze**
Source : Agriculture et Agroalimentaire Canada
http://www.agr.gc.ca/fra/science-et-innovation/pratiques-agricoles/agroforesterie/maladies-et-ravageurs/?id=1344636727377

**b. Apparence d'un rameau après la ponte de la tenthrède du mélèze**
Source : Ressources naturelles Canada
http://aimfc.rncan.gc.ca/fr/insectes/fiche/7907

**c. Colonies de larves de tenthrède du mélèze**
Source : Ressources naturelles Canada
http://aimfc.rncan.gc.ca/fr/insectes/fiche/7907

**Figure 14 Tenthrède du mélèze**

**La porte-case** (*Coleophora laricella*) est une petite chenille brune qui provoque la décoloration du feuillage et la formation de petites cases en forme de cigare sur les aiguilles au printemps (Figure 15). À l'automne, il est facile de détecter les cases sur les rameaux près des bourgeons.

**Figure 15. Dommages causés par la porte-case du mélèze**
Source : Ressources naturelles Canada, http://aimfc.nrcan.gc.ca/fr/insects/factsheet/8218?pedisable=true#host

Enfin, le mélèze peut être attaqué par **la tordeuse des bourgeons de l'épinette** (*Choristoneura fumiferana*) qui détruit les bourgeons, engendre la défoliation des pousses de l'année courante et un étalement anormal des nouveaux rameaux (
Figure 16).

**Figure 16. Tordeuse des bourgeons de l'épinette**
Source : Ressources naturelles Canada, http://aimfc.rncan.gc.ca/fr/insectes/fiche/12018

## Reproduction

Le mélèze hybride se régénère principalement par semis (Perron, 2006). L'arbre commence à produire des graines vers l'âge de 40 ans (Perron, 2006). Les graines germent bien dans les sols minéraux et la matière organique sous condition d'ensoleillement maximale et de température à la surface du sol entre 18 et 21°C (Perron, 2006).

## Croissance de la régénération

Le contrôle de la végétation herbacée et ligneuse dès la première année est indispensable dans les plantations de jeunes semis pour éviter la compétition et la diminution de croissance (Perron, 2006). Un jeune semis de mélèze hybride croît environ d'un mètre par année sans compétition pour la lumière (Perron, 2006). Il faut éclaircir un peuplement avec des mélèzes dès que le couvert forestier se ferme, pour éviter un grand taux de mortalité des arbres (Perron, 2006). Une préparation de terrain éliminant la compétition favorise son établissement en jeune âge et augmente le taux de survie (Perron, 2006). Il est conseillé de planter le mélèze hybride en monoculture (Perron, 2006). Un espacement entre les plants de 3 m est recommandé pour assurer de bonnes conditions de luminosité pour les semis (Perron, 2006). Le mélèze hybride peut être récolté après 40 à 50 ans de croissance (Perron, 2006).

## 3.4. CHENE ROUGE

### Description de l'espèce et de l'habitat

Au Québec, le chêne rouge (*Quercus rubra*) est une espèce d'arbre décidue de la famille des Fagacées, qui se retrouve dans les domaines bioclimatiques des érablières et de la sapinière à bouleau jaune (Timbal *et al.*, 1994). Le chêne rouge peut être planté dans les zones de rusticité 3a, 3b, 4a, 4b, 5a et 5b (Timbal *et al.*, 1994). Sa croissance optimale se trouve dans des sols loameux, bien drainés et profonds des plaines sablonneuses et des hautes terres ensoleillées qui permettent un excellent développement de ses racines pivotantes (Timbal *et al.*, 1994). Le chêne rouge se retrouve aussi les sols plus pauvres et acides, les terrains peu profonds bien drainés de texture grossière et les rivages rocheux (Timbal *et al.*, 1994). Il peut pousser dans des sols très variés : texture allant de fines à grossières, humidité de très sec à frais et pH entre 3,0 et 7,5 (Lupien, 2004). Cependant, il préfère les pH entre 4,5 et 6,5 (Lupien, 2004). Le chêne rouge ne pousse pas bien sur les terrains calcaires et il est recommandé d'éviter de le planter dans ces conditions, car le taux de mortalité est très élevé (Timbal *et al.*, 1994).

### Dynamique et croissance

Le chêne rouge est une espèce de début ou mi-succession qui ne concurrence pas très bien avec l'érable à sucre et le hêtre sur les sites mésiques (Timbal *et al.*, 1994). C'est une essence semi-tolérante à l'ombre en jeune âge qui devient plus tolérante en vieillissant (Lupien, 2004). Le chêne rouge peut vivre en moyenne jusqu'à 200 ans où il atteint normalement entre 30 et 90 cm de diamètre et 25 à 30 m de hauteur (Timbal *et al.*, 1994 ; Lupien, 2004). La rotation entre les récoltes est normalement de 80 à 100 ans après plantation, mais peut être plus rapide en milieux agricoles (Lupien, 2004).

### Maladies et résistance

Le cœur du chêne rouge est souvent attaqué par **la pourriture brune cubique** à partir de 140 ans et il vaut mieux le récolter avant qu'il atteigne cet âge (Timbal *et al.*, 1994). Il possède un système dense de racines latérales peu demandant en éléments nutritifs, ce qui lui permet d'être très résistant à la sécheresse (Timbal *et al.*, 1994 ; Lupien, 2004). Le chêne rouge est moyennement résistant au verglas et au vent et d'une grande intolérance aux inondations et aux sols mal drainés (Lupien, 2004).

### Reproduction

Le chêne rouge produit une grande quantité de rejets de souche après coupe et après un incendie de surface (Timbal *et al.*, 1994). Les rejets issus de jeunes arbres sont plus vigoureux que ceux provenant d'arbres matures (Timbal *et al.*, 1994). Le chêne peut aussi se reproduire par semis (Timbal *et al.*, 1994). Cependant, les noix du chêne sont un aliment de choix pour une grande variété d'animaux, ce qui réduit considérablement le succès de régénération des chênes par semis (Timbal *et al.*, 1994). L'humidité du sol est très importante pour la germination des glands (Timbal *et al.*, 1994). Par conséquent, la germination est favorisée par l'ombrage d'un couvert forestier (Timbal *et al.*, 1994).

### Croissance de la régénération

Le chêne rouge a une croissance moyennement rapide (50 à 100 cm par année) (Lupien, 2004). En jeune âge, il obtient une meilleure croissance sous 30 % de pleine lumière (Lupien, 2004). Bien qu'il soit assez tolérant à l'ombre, une faible luminosité réduit considérablement son taux de croissance et peut même conduire à la mortalité des semis (Timbal *et al.*, 1994). Il est possible d'obtenir de très bons résultats de croissance dans des plantations sur les terres agricoles (Lupien, 2004). Cependant, il faut éliminer et contrôler la végétation concurrente dès la première année de plantation. En plantation, il est conseillé d'éviter les milieux humides et mal drainés non favorables à la croissance des chênes (Lupien, 2004).

### Taille de formation et élagage

En milieu ouvert, le chêne rouge investit beaucoup d'énergie dans ses branches latérales qui rentrent en compétition avec la tige terminale (Lupien2004). Par conséquent, la taille de formation et un élagage régulier des chênes situés sur des terres agricoles sont obligatoires pour éviter l'apparition de plusieurs têtes et former de belles billes (Timbal *et al.*, 1994 ; Lupien, 2004).

## 3.5. FRENE D'AMERIQUE

### Description de l'espèce et de l'habitat

Le frêne d'Amérique (*Fraxinus americana*) est une espèce de début de succession tolérante à l'ombre, qui colonise souvent les champs fertiles et les grandes trouées dans les forêts (Lupien, 2004). Au Québec, il se trouve généralement dans les domaines bioclimatiques des érablières et, en moindre abondance, dans la sapinière à bouleau jaune (Dumont, 1995). Le frêne d'Amérique

occupe principalement les sites ondulés en mi-pente et bas de pente (Dumont, 1995). Il est adapté à une grande variété de textures (de fines à grossières) et d'humidité du sol (de sec à humide) (Lupien, 2004). Il grandit rapidement sur des sols ayant un bon apport d'eau (Lupien, 2004). Il pousse sur des sols de pH variant entre 4,0 et 7,5, mais il préfère des pH de 5,0 à 7,5 (Lupien, 2004). La croissance optimale du frêne d'Amérique se trouve sur des sols profonds et fertiles, bien drainés et riches en azote et calcium (Dumont, 1995 ; Lupien, 2004).

## Dynamique et croissance

Le frêne d'Amérique peut vivre en moyenne jusqu'à 260 ans (Lupien, 2004). À maturité, il mesure jusqu'à 150 cm de diamètre et 30 m de hauteur sur les sites les plus productifs (Lupien, 2004). La rotation entre les récoltes se fait normalement tous les 60 ans (Lupien, 2004).

## Insecte, maladies et résistance

Le frêne d'Amérique est très peu tolérant à la sécheresse, spécialement sur des sites pierreux et ensoleillés et aussi sur les sommets et les hauts de pente exposés aux vents (Dumont, 1995 ; Lupien, 2004). Il est de moyennement résistant à résistant aux bris mécaniques causés par le vent et le verglas (Lupien, 2004). Il est moyennement tolérant aux inondations, mais il a de la difficulté à croître sur des sols trop humides (Lupien, 2004).

**L'agrile** du frêne (*Agrilus planipennis)*, au stade adulte, cause des dommages d'ordre esthétique aux frênes en se nourrissant de leurs feuilles. C'est au stade larvaire que l'insecte est le plus dévastateur puisqu'il endommage sévèrement les frênes en se nourrissant du phloème (couche située sous l'écorce). Cette couche permet notamment de nourrir l'arbre en faisant circuler la sève élaborée contenant les sucres et les éléments minéraux essentiels à la bonne santé de l'arbre. Les larves bloquent la circulation de la sève en creusant des galeries, ce qui entraine la mort rapide de l'arbre (http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=7377,114387615&_dad=portal&_schema=PORTAL).

## Reproduction

Le frêne d'Amérique se régénère bien à partir de rejets de souches après coupe (Dumont, 1995). Son principal mode de régénération est, par contre, sexué (Dumont, 1995). C'est une espèce dioïque ce qui signifie que seulement les arbres femelles produisent des semences (Dumont, 1995). La germination exige un bon taux d'humidité dans un substrat mélangé de matières organiques et minérales (Dumont, 1995). La dormance prononcée des semences demande une

stratification de six mois avant la germination (Dumont, 1995). Cette dernière est favorisée sous couvert laissant seulement 45 % de la lumière pénétrer au sol (Dumont, 1995).

## Croissance de la régénération

Étant très tolérant à l'ombre en jeune âge, le frêne d'Amérique peut survivre plusieurs années sous un couvert forestier, avec seulement 3 % de la lumière au sol (Dumont, 1995 ; Lupien, 2004). Il démontre une croissance lente en bas âge, mais il croît assez rapidement une fois que le système racinaire s'est bien formé (0,8 m par année) (Lupien, 2004). Sa croissance est optimale sous un couvert forestier laissant de 25 à 50 % de la lumière pénétrer (Dumont, 1995). Le frêne d'Amérique peut être planté en monoculture ou en peuplement mélangé avec d'autres feuillus où il a une meilleure croissance (Lupien, 2004). Il ne croît pas bien en sous-étage avec l'érable à sucre qui est plus tolérant à l'ombre (Dumont, 1995). Il est recommandé de dégager les tiges d'avenir après 10 ans de croissance. Les milieux frais et humides sont excellents pour l'implantation du frêne d'Amérique (Lupien, 2004). En milieu agricole, il est préférable de contrôler la végétation herbacée qui limite grandement la croissance en hauteur des frênes d'Amérique (Dumont, 1995 ; Lupien, 2004).

## Taille de formation et élagage

La taille de formation doit être entreprise tôt dans la vie de l'arbre, car les semis poussent rapidement (Lupien, 2004).

# 4. LES HAIES BRISE-VENT AVEC ARGOUSIERS

Étant donné ses grandes valeurs environnementale, nutritionnelle, médicinale et commerciale sur le marché, l'argousier semble un choix économique très intéressant à considérer lors de la planification de haies brise-vent. Cependant, plusieurs facteurs doivent être examinés avant l'implantation d'une haie brise-vent avec argousiers.

## 4.1. LES HAIES D'ARGOUSIERS AU CANADA : ETUDES ANTERIEURES ET CONNAISSANCES ACQUISES

L'argousier a été importé d'Europe et implanté en haies brise-vent en Saskatchewan durant les années 1970 (AAC, 2007). L'hypothèse fut posée que cette espèce nordique exotique au Canada, habitant couramment les sommets et les flancs de montagnes, serait bien adaptée aux grands vents des prairies (AAC, 2007). De plus, il était possible d'envisager que les argousiers fourniraient un habitat, un abri et de la nourriture pour une grande variété d'animaux augmentant ainsi leur diversité dans le paysage agricole de la région (AAC, 2007).

Après plusieurs décennies, ces travaux d'implantation de l'argousier en haies brise-vent dans l'Ouest canadien ont confirmé tous les bienfaits anticipés. L'argousier démontre une très bonne croissance sur les terres agricoles de l'Ouest canadien et s'est avéré très utile pour améliorer l'habitat faunique, protéger les bâtiments et les terres agricoles de l'érosion du sol et du froid hivernal et stabiliser les berges (AAC, 2007). Les argousiers sont généralement plantés en rangs multiples de trois rangées ce qui permet une protection accrue des cultures et des bâtiments contre les grands vents (AAC, 2007). La méthode de plantation par bouquets de densité élevée est aussi utilisée pour diminuer la porosité de la haie et pour augmenter encore plus la protection des bâtiments contre les grands vents (AAC, 2007). Dans les prairies du Canada, plus de mille kilomètres de haies brise-vent avec argousiers sont implantés chaque année pour prévenir l'érosion éolienne des sols et pour retenir la neige l'hiver (AAC, 2007). La protection du sol que l'argousier apporte aux cultures a augmenté considérablement le rendement des cultures (AAC, 2007).

Les haies brise-vent avec argousiers ont aussi permis d'apporter des revenus supplémentaires aux agriculteurs à travers la production des fruits à grande valeur commerciale (AAC, 2007). En Saskatchewan et au Manitoba, la récolte des fruits dans les haies brise-vent est jugée entre bonne et excellente – un plant produit généralement entre 5 et 7 kg/an de baies ce qui donne 4 à 5 tonnes de fruits à l'hectare (AAC, 2007 ; MAFRI, 2008). Les coûts de production des fruits d'argousier s'élèvent environ à 1,05 $/lb lorsque les plants atteignent l'âge de sept ans et que la production

est stable d'année en année (AAC, 2007). Le trois quarts des coûts proviennent du mode de récolte manuelle des fruits (AAC, 2007).

## 4.2. L'ORGANISATION SPATIALE DES ESPECES

L'organisation spatiale des espèces dans les haies brise-vent avec argousiers est très importante. L'argousier est une espèce de lumière très peu tolérante à l'ombre (Li & Schroeder, 1996). Par conséquent, l'organisation spatiale doit faire en sorte que **l'argousier acquière le maximum de lumière dans la haie**.

## 4.3. CHOIX DES ESPECES A UTILISER AVEC L'ARGOUSIER

Plusieurs études ont démontré que **l'argousier est très bénéfique aux autres plantes du fait qu'il fixe une partie de l'azote atmosphérique**, ce qui favorise la croissance des peupliers, des pins et autres espèces en peuplements mélangés (Li & Schroeder, 1996 ; Li & Mcloughlin, 1997 ; AAC, 2007).

Pour la production de fruits en haies brise-vent mélangées, **les espèces d'arbres plantées avec les argousiers devraient être très peu tolérantes à l'ombre et avoir un feuillage peu dense projetant une quantité minimale d'ombre aux argousiers**. Le peuplier est un très bon exemple d'arbre à feuillage clairsemé intolérant à l'ombre (Jobidon, 1995). Les espèces d'arbres très tolérantes à l'ombre comme l'érable à sucre plantées trop près des argousiers peuvent causer une augmentation du taux de mortalité des plants d'argousier dû au manque de lumière pour survivre (Lupien, 2004). **Les résineux devraient être évités en haies brise-vent avec argousiers**, car leur litière acidifie le sol considérablement ce qui nuit grandement à la croissance des argousiers qui préfèrent les sols neutres (AAC, 2007). De plus, plusieurs d'entre eux comme les épinettes possèdent un feuillage très dense (sauf les pins et les mélèzes) ceci étant très nuisible à la croissance de l'argousier (AAC, 2007).

## 4.4. LES MEILLEURS PATRONS DE PLANTATION

**Pour une haie d'une rangée, le meilleur patron est une alternance d'arbre et d'arbuste**, ce qui produit une excellente porosité verticale, allant de la base des arbustes à la cime des arbres, protégeant ainsi les cultures sur une bonne distance (Vézina, 2005). Cependant, en utilisant ce modèle, les arbres à maturité projetteront une grande quantité d'ombre nuisible sur les argousiers durant l'été, car ils se retrouveront directement en dessous de la cime des arbres ce qui réduira grandement la production de fruits (Li & Schroeder, 1996).

**Le système de haies brise-vent à deux ou trois rangées devient très intéressant pour la culture de l'argousier**. Les rangées d'arbres sont implantées au centre et/ou du côté nord de la haie tandis que **les rangées d'argousiers sont positionnées du côté sud ou de chaque côté de la rangée d'arbre**s, ce qui augmente la luminosité disponible aux semis d'argousier.

La plupart des producteurs d'argousier et chercheurs dans le domaine sont d'accord pour affirmer que **le meilleur espacement entre les argousiers d'une haie brise-vent est de 1 à 2 m dans les rangs et 4 à 5 m entre les rangées pour permettre le passage de la machinerie** (Li & Schroeder, 1996 ; MAFRI, 2007 ; Li & Oliver, 2001 ; Vézina, 2005). Lorsque la haie est une alternance d'arbre et d'argousier dans une seule rangée, la distance entre les arbres et les arbustes est normalement de 2 m (Vézina, 2005). Au Québec, les agriculteurs ont souvent très peu d'espace disponible pour les haies brise-vent sur leur propriété, à cause de la valeur élevée des terres agricoles (Vézina, 2005). Par conséquent, il peut s'avérer difficile de laisser de 4 à 5 m entre chaque rangée dans une haie à multiples rangées. Dans ce contexte, il serait important, dans un futur rapproché, de tester l'effet d'un espacement de 2 mètres entre les rangées sur la survie et la croissance des argousiers. Avec un espacement réduit à 2 mètres, le contrôle de la végétation herbacée et des drageons d'argousier entre les rangées devra se faire à la débroussailleuse et non à l'aide d'un tracteur.

Enfin, l'utilisation de haies brise-vent contenant seulement des argousiers présente l'inconvénient de protéger une plus petite surface, car la hauteur des argousiers est beaucoup plus réduite que celle des arbres et donc l'étendue de la protection plus faible (Vézina, 2005). Ce type de haie arbustive est généralement utilisé pour protéger les cultures fruitières (Vézina, 2005).

## 4.5. L'ORIENTATION DE LA HAIE

**L'orientation de la haie est normalement perpendiculaire aux vents dominants** pour permettre la meilleure protection possible des cultures contre le vent et le froid (Vézina, 2005). Cependant, lorsque l'objectif principal est de produire des fruits d'argousier, **il est recommandé d'orienter les rangées nord-sud pour obtenir le maximum de luminosité**, car l'argousier, étant une essence de lumière, intolérante à l'ombre, a besoin de beaucoup de luminosité pour sa survie, sa croissance et la production maximale de fruits (Li & Schroeder, 1996). L'orientation nord-sud permet aussi une maturation homogène des fruits d'argousier lorsqu'il y a une rangée d'arbres entre deux rangées d'argousiers (les plants obtiennent la même quantité de lumière tous les jours). **Pour les orientations est-ouest, nord-est sud-ouest et nord-ouest sud-est, il est grandement recommandé de placer les rangées d'argousiers du côté sud de la haie** pour optimiser l'intensité de la lumière sur les semis. Les argousiers du côté nord ont des conditions de

croissance, de survie et de production de fruits moins favorables, en raison du manque de lumière (Brandle *et al.*, 2004). De plus, dans ces circonstances, les fruits deviennent matures plus tard dans la saison de croissance, pour compenser les manques de lumière dus à l'exposition (Brandle *et al.*, 2004).

## 4.6. LA SPECIFICITE DE L'ARGOUSIER DANS UNE HAIE BRISE-VENT

### Cultivars à implanter au Québec

Le développement de cultivars d'argousier a commencé dans les années 1930 en Russie (Boivin *et al.*, 2008). La création d'un nouveau cultivar, à travers le croisement de deux individus de provenance différente, avait pour objectifs principaux d'augmenter la productivité, la rusticité, la hauteur, la flexibilité des branches des plants ainsi que la grosseur et le goût des fruits, leur contenu en eau et en huile, tout en réduisant le nombre et la longueur des épines sur l'argousier (Boivin *et al.*, 2008). Depuis 2003, douze cultivars européens ont été implantés dans un dispositif expérimental sur l'Île d'Orléans dans la région de Québec pour vérifier leur adaptabilité aux conditions climatiques du Québec et leur productivité (Boivin *et al.*, 2008).

Six cultivars femelles russes (*Obilnaya, Chuyskaya, Orangevaya, Samorodok, Vitaminnaya et 535-73-2*), quatre cultivars femelles lettonais (*Golden Rain, Mary, Sunny et Tatjana*) et deux cultivars femelles allemands (*Askola et Hergo*) ont été choisis pour cette étude (Boivin *et al.*, 2008). Les résultats de l'étude ont démontré que :

- Les cultivars russes les plus vigoureux au Québec étaient *Orangevaya, Chuyskaya* et *Vitaminnaya* (Boivin *et al.*, 2008).
- Le cultivar allemand *Askola* était le cultivar le plus vigoureux de tous sous les conditions climatiques de la région de Québec, mais il ne produisait pas beaucoup de fruits (Boivin *et al.*, 2008).
- Les cultivars lettonais *Golden Rain, Mary* et *Sunny* démontraient aussi une très bonne vigueur au Québec (Boivin *et al.*, 2008).
- Le rendement (kg/plant) le plus élevé provenait du cultivar russe *Orangevaya*, suivi du cultivar allemand *Hergo* et du cultivar russe *Chuyskaya* (Boivin *et al.*, 2008).
- Tous ces cultivars produisent très peu de drageons et aucune épine (Boivin *et al.*, 2008).

D'après ces résultats, **les cultivars les plus intéressants à utiliser au Québec sont *Orangevaya* et *Chuyskaya***, car ils sont tous les deux très productifs et vigoureux sous le climat québécois. **Pour ce qui est des cultivars mâles**, Boivin *et al.* (2008) suggère **l'utilisation des cultivars**

***Sergeï* (russe), *Lord* (lettonais) et *Pollmix* (allemand)** comme pollinisateur des plantations au Québec.

Des chercheurs en Saskatchewan et en Colombie-Britannique ont, quant à eux, développé deux cultivars – ***Indian Summer* et *Sinensis*** – spécialement adaptés aux conditions de croissance du Canada (Li, 2000). Ces deux cultivars ont été testés sur plus de douze sites au Manitoba, en Saskatchewan et en Colombie-Britannique durant les 25 dernières années et ont bien performé sur une grande variété de types de sols incluant des sites à salinité élevée. Ils ont, de plus, démontré une tolérance très élevée à la sécheresse et sont adaptés au froid intense de la zone de rusticité 1a (Li, 2000). **Leur utilisation est actuellement recommandée partout au Canada pour une production de fruits économiquement viable adaptée aux haies brise-vent** (Li & McLoughlin, 1997).

## Ratio de plants mâles : femelles

Dans la littérature, **les recommandations pour le meilleur ratio mâle : femelle varient considérablement. La plupart des spécialistes s'entendent pour dire qu'il faut un minimum de 6 à 7 % de mâles dans une plantation pour permettre une bonne pollinisation des femelles** (Li & McLoughlin, 1997 ; Li & Schroeder, 1996). Albrecht *et al.* (1984) et Wolf et Wegert (1993) conseillent d'utiliser un ratio mâle : femelle de 1 : 9 ou 1 : 10. D'un autre côté, Li & McLoughlin (1997) et Li (2000) ont suggéré que le meilleur ratio mâle : femelle pour la production de fruits d'argousier au Canada se trouve entre 1 : 6 et 1 : 8.

## Production de fruits en relation avec les cultures et les arbres

Plus les plants d'argousier reçoivent une bonne quantité de lumière, plus ils produisent une grande quantité de fruits d'excellente qualité (Li & McLoughlin, 1997). Par conséquent, **il faut placer les semis d'argousiers dans la haie pour qu'ils reçoivent la plus grande quantité de lumière possible durant toute la saison de croissance**.

Étant moins bien adaptés aux sols argileux sans matières organiques, les argousiers ont tendance à produire moins de fruits dans ces types de sols, car leur croissance est considérablement réduite (Boivin *et al.*, 2008). La matière organique produite par les cultures et les arbres devrait être en mesure d'améliorer le rendement des fruits dans ces sols (Boivin *et al.*, 2008). Par conséquent, il est grandement conseillé de laisser cette matière organique sur le sol.

## Collecte des fruits d'argousier dans les haies brise-vent

Dans une haie brise-vent, il n'est pas possible de récolter mécaniquement les fruits d'argousier dû à la présence d'arbres à proximité des plants d'argousier (Mann *et al.*, 2001). Par conséquent, la méthode de brassage des branches sur le plant avec une machine spécialement conçue pour cette tâche ne peut être utilisée dans cette situation. Les fruits doivent être collectés manuellement suivant la méthode de coupage des branches fruitières (Mann *et al.*, 2001). À l'aide de cette méthode manuelle, les semis d'argousier produisent des fruits seulement aux deux ans ce qui diminue directement le cycle de récolte aux deux ans (Trépanier, 2009). Le fait que les semis d'argousier reçoivent un peu d'ombre des arbres peut retarder la période de récolte des fruits, car ces derniers prennent plus de temps à mûrir dans ces conditions (Li & McLoughlin, 1997). Il est possible que la collecte de fruits du côté nord d'une haie soit plus tardive que celle du côté sud.

## Entretien des haies brise-vent avec argousiers

L'entretien des haies brise-vent avec argousiers implique deux activités importantes : l'élagage et le contrôle de la compétition herbacée (Li & Schroeder, 1996). Les buts de **l'élagage** sont d'éduquer les branches à prendre la forme désirée, de favoriser la croissance et la production de fruits et de faciliter la récolte de ces derniers (Li & Schroeder, 1996). Pour la récolte de fruits, il est préférable de favoriser la croissance de branches latérales (Li & Schroeder, 1996). Pour bien répartir la neige dans un champ, les arbustes d'une haie brise-vent devraient être élagués de manière à pousser plus en hauteur qu'en largeur (Vézina, 2005). L'élagage favorise la formation d'une grande quantité de tiges fruitières et la méthode de récolte selon laquelle les branches fruitières sont coupées tous les deux ans améliore grandement la production de fruits à long terme (Li & Schroeder, 1996). L'intérieur des argousiers matures devrait être éclairci par un élagage pour permettre une plus grande pénétration de la lumière dans l'arbuste étant alors très bénéfique pour la production de fruits (Li & Schroeder, 1996 ; Li & McLoughlin, 1997). L'élagage sert aussi à se débarrasser des tissus d'argousier affectés par les maladies fongiques (Boivin *et al.*, 2008). Dans ce cas, les branches affectées sont coupées annuellement et brûlées pour éviter la propagation ultérieure (Boivin *et al.*, 2008).

**Le contrôle de la compétition herbacée** favorise la croissance des jeunes semis d'argousiers (Li & Schroeder, 1996). Il est aussi important d'éliminer les plantes herbacées près des semis d'argousier et des arbres, car ces plantes attirent les rongeurs qui peuvent endommager énormément la plantation en se nourrissant de la base des arbres et arbustes (Boivin *et al.*, 2008).

L'utilisation de **paillis** de plastique durant les 4 premières années de croissance après la plantation s'avère un moyen très efficace pour réduire considérablement la compétition causée par les herbacées sur les terres agricoles, en plus d'aider à conserver l'humidité dans le sol (Li & McLoughlin, 1997). L'utilisation de **mulch**, de **bois raméaux fragmentés** et le **désherbage mécanique** sont trois autres techniques intéressantes pour contrer les effets négatifs causés par la compétition herbacée (Li & Schroeder, 1996 ; Li & McLoughlin, 1997). Pour les herbicides, Albrecht *et al.* (1984) ont démontré qu'ils doivent être utilisés seulement en petites concentrations pour éviter de nuire à la croissance de l'argousier.

# REFERENCES


Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC). (2007). L'argousier - une culture polyvalente et prometteuse pour la Saskatchewan. Récupéré le 22 juin 2012 sur le site web : http://www4.agr.gc.ca/AAFC-AAC

Albrecht, H.J., J. Gerber, H.J. Koch et D. Wolf. (1984). Experience in growing sea buckthorn. *Gartenbau 31*: 242-244.

Archambeault, D., Vaillancourt, E., Lajeunesse, C. et Lupien P. 2007. Les tailles de formation et l'élagage des plants feuillus. Agence forestière de la Montérégie.

Balleux, P., de Wouters, P., Loren, V., La taille de formation des arbres forestiers , Fiche technique #5, Société Royale de Belgique. 9 p. http://www.srfb.be/sites/default/files/20121022103137.pdf

Beaudet, M. & C. Messier. (1998). Growth and morphological responses of yellow birch, sugar maple, and beech seedlings growing under a naturel light gradient. *Canadian Journal of Forest Research, 28*: 1007-1015.

Bernier Leduc, M., A. Vanasse, A. Olivier, D. Bussières et C. Maisonneuve. (2009). Avian fauna in windbreaks integrating shrubs that produce non-timber forest products. *Agriculture, Ecosystems, and Environment, 131*: 16-24.

Boivin, C., J. Bouchard, D. Bergeron, M. Roy et E. Fortier. (2008). La culture de l'argousier. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec. Bibliothèque Nationale du Québec. ISBN 978-2-7649-0203-5. 75 p.

Bouchard, D. & M. Masseau. (1986). L'influence des bordures et des brise-vent sur les insectes ravageurs et entomophages. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche. Gouvernement du Québec.

Boulfroy, E., P. Bournival, D. Blouin, M. Ruel, G. Lessard, D. Babin et D. Malenfant. 2016. Recherche sur l'efficacité de haies brise-vent productives - Abrégé. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO). Rapport 2016-13. 61 p.

Brandle, J.R., L. Hodges et X.H. Zhou. (2004). Windbreaks in North American agricultural systems. *Agroforestry Systems 61*: 65-78.

Choinière, L., Y. Pesant et L. Bélanger. (1996). Fréquentation des haies brise-vent par la faune aviaire et la flore : perspectives d'intégration faune-agriculture. Projet # 25-840262-06067. Ministère de l'Agriculture et Agroalimentaire. Gouvernement du Canada.

Dumont, M. (1995). Plantation des feuillus nobles – Guide. Les publications du Québec. Sainte-Foy, 126 p.

Esau, R. & R. Grover. (1978). Herbicides et brise-vents. Publication 1511. Ministère de l'Agriculture du Canada. Gouvernement du Canada. ISBN 0-662-90021-9.

Gagné, P. 2005. Maladies et ravageurs des arbres à croissance rapide au Québec. Revue de littérature. Réseau Ligniculture Québec. 32 p. http://www.rlq.uqam.ca/cartable/revue_litt/ravageur2005/revue_ravageur.htm.

Gardner, I.C., D.M. Clelland et A. Scott. (1984). Mycorrhizal improvement in non-leguminous nitrogen fixing associations with particular reference to *Hippophae rhamnoides* L.. *Plant and Soil 78* : 189-199.

Guide technique des dispositifs agroforestiers. (GTDA). (2007). Agriculture et Agroalimentaire Canada, Moncton, Nouveau-Brunswick, Canada.

Guinaudeau, C. (1988). Les haies brise-vent et bandes boisées. Les pratiques du jardinage. Librairie Larousse. ISBN 2-03-515120-1.

Haselwandter, K. & G.D. Bowen. (1996). Mycorrhizal relations in trees for agroforestry and land rehabilitation. *Forest Ecology and Management 81* : 1-17.

Heisler, G.M. & D.R. DeWalle. (1988). Effects of windbreak structure on wind flow. *Agriculture, Ecosystems and Environment 22/23* : 41-69.

Jobidon, R. (1995). Autoécologie de quelques espèces de compétition d'importance pour la régénération forestière du Québec – Revue de littérature. Mémoire de recherche forestière no 117. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la science forestière. 180 p.

Li, T.S.C. & W.R. Schroeder. (1996). Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) : a multipurpose plant. *Hort Technology 6*(4) : 370-380.

Li, T.S.C. & C. McLoughlin. (1997). Sea buckthorn production guide. Canada Seabuchthorn Enterprises Limited.

Li, T.S.C. (2000). Research and development of seabuckthorn in Canada – A success story. Agriculture and Agri-Food Canada, Pacific Agri-Food Research Centre, Summerland, British Columbia, Canada.

Li, T.S.C. & A. Oliver. (2001). Sea buckthorn : *Hippophae rhamnoides* L.. Special crops factsheet. Ministère de l'Agriculture, des Aliments et de la Pêche. Kamloop, Colombie-Britannique.

Li, T.S.C. & T.H.J. Beveridge. (2004). Production et utilisation de l'argousier (*Hippophae rhamnoides* L.). *Les Presses scientifiques du CNRC*. CNRC-NRC. Ottawa, Canada.

Lupien, P. (2004). Des feuillus nobles en Basse-Mauricie – Guide de mise en valeur. Fonds d'information, de recherche et de développement de la forêt privée mauricienne (FIRDFPM) et Syndicat des producteurs de bois de la Mauricie. Shawinigan, 248 p.

Manitoba Agriculture, Food, and Rural Initiatives (MAFRI). (2008). Sea buckthorn production in Manitoba. Récupéré le 12 août 2012 sur le site web: http://www.gov.mc.ca/agriculture

Mann, D.D., D.S. Petkau, T.G. Crowe et W.R. Schroeder. (2001). Removal of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berries by shaking. *Canadian Biosystems Engineering 43*: 223-228.

Maurin, V. (2013). L'élagage des peupliers, équilibre entre saison et intensité! Chaire en aménagement forestier durable. Couvert boréal, hiver 2013. p. 30-31.

Ministère des Ressources naturelles (2013). Le guide sylvicole du Québec, Tome 1. Les fondements biologiques de la sylviculture, ouvrage collectif sous la supervision de B. Boulet et M. Huot, Les publications du Quéebc, 1044 p.

Ministère des Ressources naturelles. 2013. Les rouilles des conifères. Direction de la protection des forêts. Gouvernement du Québec. 26 p.

Ming, T. & C. Hui. (1999). Effects of arbuscular mycorrhizal fungi alkaline phosphatise activities on *Hippophae rhamnoides* drought-resistance under water stress conditions. *Trees 14*: 113-115.

Nyland, R.D. (1999). Sugar maple : its characteristics and potentials. *In* ''Sugar maple Ecology and Health''. Proceedings of an international Symposium. U.S. Department of Agriculture, Forest Science. Northeastern Research Station. *Gen. Tech. Rep. 261*: 1-13.

Orwa, C., A. Mutua, R. Kindt, R. Jamnadass et A. Simons. (2009) Agroforestree database : a tree reference and selection guide version 4.0. Web address : http://www.worldagroforestry.org/af/treedb/

Perron, M. (2006). Le mélèze hybride et la sylviculture intensive : parce que le temps c'est de l'argent. Présenté au Réseau Ligniculture Québec, le 24 mars 2006. Gouvernement du Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune. Disponible en ligne : http://www.unites.uqam.ca/rlq/colloque2006/presentations/presentation_perron.pdf

Protz, A. & P. Owen Moen. (1979). Planification de la ferme. Publication 1674. Ministère de l'Agriculture de la Saskatchewan, Agriculture Canada.

Réseau Ligniculture Québec. 2011. Le Guide de populiculture au Québec : guide pratique sur la culture du peuplier hybride au Québec. 124 p.

Réseau Ligniculture Québec. 2007. Le mélèze : une essence prometteuse pour le Québec. Info-RLQ. Vol. 4, No 6. 4 p.

Réseau Ligniculture Québec. 2014. Lignes et Cultures-Bulletin de Réseau Ligniculture Québec. Vol. 13, No 1.

Ressources naturelles Canada. (2013) Insectes. Disponible en ligne sur http://aimfc.rncan.gc.ca/fr/insectes/tous

Robitalle, D. 1999. *Argousier : Guide de production.* Génération Ginseng. 19 p.

Robitaille. A. et Saucier, J-P. 1998. Paysages régionaux du Québec méridional. Les Publications du Québec, Québec, 213 p.

Ruel, M., D. Blouin, G. Lessard, E. Boulfroy, D. Malenfant et D. Babin. 2016. Recherce sur l'efficacité de haies brise-vent productives – Rapport méthodologique. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO) et Cégep de Sainte-Foy. Rapport 2016-10. 59 p.

Schroeder, W.R. (1988). Planting and establishment of shelterbelts in humid severe-winter regions. *Agriculture, Ecosystems and Environment 22/23* : 441-463.

Shaw, D.L. (1988). The design and use of living snow fences in North America. *Agriculture, Ecosystems and Environment 22/23* : 351-362.

Smith, D.M., B.C. Larson, M.J. Kelty et P.M.S. Ashton. (1997). The practice of silviculture : applied forest ecology. 9th edition. John Wiley & Sons. United States of America.

Timbal, J., A. Kremer, N. Le Goff et G. Nepveu. (1994). Le chêne rouge d'Amérique. INRA. Paris, 564 p.

Tremblay, J., G. Laflamme, L. Innes et G. Bussière. Maladies des arbres du Québec. Centre collégial de développement de matériel didactique en collaboration avec le Cégep de Sainte-Foy. Disponible en ligne : http://arbres.ccdmd.qc.ca/rens_credits.php

Trépanier, M. (2009). 3e congrès de l'Association Internationale de l'Argousier : Résumé des conférences présentées et analyse de l'incidence de ces travaux sur la production et la transformation de l'argousier au Québec. L'Association des producteurs d'argousier du Québec et l'Université Laval. Québec, Canada.

Vézina, A. (2001). Les haies brise-vent. Formation continue : cours #19. Ordre des ingénieurs forestiers du Québec.

Vézina, A. (2005). Des haies brise-vent autour des bâtiments d'élevage et des cours d'exercice. Fédération des producteurs de porc du Québec, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Institut de technologie agroalimentaire de La Pocatière et Conseil canadien du porc. Site internet : http://www.wbvecan.ca

Vézina, A. & A. Tourigny. (2007). Coûts et bénéfices des haies brise-vent. Environnement : Porc Québec. Fédération de l'UPA de la Mauricie.

Wolf, D. & F. Wegert. (1993). Experience gained in the harvesting and utilization of sea buckthorn, p. 23-29. *In:* Cultivation and utilization of wild fruit crops. Bernhard Thalacker Verlag Gmbh & Co.

Yang, B., & Kallio, H. (2002). Composition and physiological effects of Sea Buckthorn (Hippophaë) lipids. Trends in Food Science and Technology, 13 (5), 160-167.

Yang, B., & Kallio, H. (2005).Physiological effects of sea buckthorn (Hippophaë rhamnoides) fruit pulp and seed oils.In Sea buck thorn ( Hippophaë L. ): A Multipropose Wonder Plant, Vol. 2 (V. Singh, Editor –in-Chief, 2005), p. 363-389, Daya Publishing House, New Delhi, India.

Yao, Y. & P.M.A. Tigerstedt. (1994). Genetic diversity in *Hippophae* L. and its use in plant breeding. *Euphytica 77* : 165-169.