



**Agrosylviculture dans la région du Rocher-Percé :
Portrait de la performance au stade juvénile
et potentiel de production de bois
de qualité pour sept essences**

Anel B., Gasser D., Hamelin C. et Bernier-Leduc M.



Laboratoire rural
Agroforesterie et paysage



Consortium en foresterie
Gaspésie–Les-Îles
Affilié à l'UQAR

2014

Remerciements

Nous tenons à remercier tous ceux qui ont apporté une contribution directe à ce projet, que ce soit dans la mise en place et l'entretien des systèmes agroforestiers ou dans la conception des dispositifs expérimentaux, la collecte et l'analyse des données. En particulier, mais de façon non exhaustive, nous tenons à remercier Marie-Hélène Langis, Nicolas St-Pierre, Dominic Aspirault, Pierre Desmeules, Olivier Poulin, François Perreault, Geneviève Tremblay, David Rivest, Patrick Lupien, Alain Cogliastro, Eduardo Bittencourt, Samuel Pinna, Eduard Mauri Ortuno et Tommy Servant-Lantin.

Ce projet est une réalisation menée en partenariat par la Municipalité régionale de comté (MRC) du Rocher-Percé–Laboratoire rural *Agroforesterie et paysage* et le Consortium en foresterie Gaspésie-Les-Îles. Nous souhaitons donc remercier les partenaires de chacune de ces organisations : le gouvernement du Québec (ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du Territoire; ministère des Ressources naturelles de la Faune et des Parcs; ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec), la Conférence régionale des élus Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine, le Syndicat de l'Union des producteurs agricoles du Rocher-Percé, ainsi que l'Université Laval et l'Université du Québec à Rimouski.

Enfin, un remerciement particulier est adressé aux propriétaires chez qui les systèmes agroforestiers sont installés. L'accès au terrain pour mener des essais en conditions réelles est la base sur laquelle reposent les résultats présentés dans ce rapport. Merci à Aurélien Hautcoeur, Jessy Shutt, Jean-Pierre Lapierre, Michel et Martin Rail, Alcide Proulx, Lorenzo Athot, Jean-François Nicolas, Lucille Despard, ainsi que Les Entreprises agricoles et forestières de Percé et les Bio-Jardins Rocher-Percé.

Pour nous contacter

MRC du Rocher-Percé–Laboratoire rural <i>Agroforesterie et paysage</i> 129, boulevard René Lévesque Ouest, bureau 101 Chandler (Qc) - G0C 1K0 Tél. : (418) 689-4313 – Téléc. : (418) 689-5807 agroforesterie@rocherperce.qc.ca www.mrcrocherperce.qc.ca	Consortium en foresterie Gaspésie–Les-Îles 37, rue Chrétien, bur. Z-3, C.P. 5 Gaspé (Qc) - G4X 1E1 Tél. : (418) 368-5166 – Téléc. : (418) 368-0511 consortium@mieuxconnaitrelaforet.ca www.mieuxconnaitrelaforet.ca
---	---

Référence

Anel B¹, Gasser D², Hamelin C³ et Bernier-Leduc M¹. 2014. Agrosylviculture dans la région du Rocher-Percé : Portrait de la performance au stade juvénile et potentiel de production de bois de qualité pour sept essences. Municipalité régionale de comté du Rocher-Percé et Consortium en foresterie Gaspésie-les-Îles. 73 p.

¹ MRC du Rocher-Percé – Laboratoire rural *Agroforesterie et paysage*

² Chercheur – consultant indépendant

³ Consortium en foresterie Gaspésie-les-Îles

ISBN 978-2-923948-40-9 (version imprimée)

ISBN 978-2-923948-41-6 (version électronique PDF)

Dépôt légal - Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2014

Dépôt légal - Bibliothèque et Archives Canada, 2014

Table des matières

Mise en contexte	1
Objectifs de l'étude	2
Contexte écologique et localisation des sites	3
Modalités d'implantation	4
Systèmes de première génération	4
Systèmes de deuxième génération	5
Interventions réalisées sur les arbres	7
Dispositif expérimental	9
Identification du traitement expérimental	9
Définition des scénarios sylvicoles mis à l'essai	9
Effectif	10
Caractérisation de la performance des essences	13
Vue d'ensemble.....	13
Survie et dégâts dus à des agents externes	13
Croissance	14
Évaluation de la qualité.....	14
Analyses statistiques	18
Analyse des tableaux de contingence	18
Modèles linéaires	18
Présentation et interprétation des résultats	20
Chêne rouge	23
Portrait de la performance des chênes rouges plantés dans les systèmes de première génération	24
Portrait de la performance des chênes rouges plantés dans les systèmes de deuxième génération ...	26
Analyse des résultats.....	28
Bilan sur le chêne rouge	29
Frêne de Pennsylvanie	31
Portrait de la performance des frênes de Pennsylvanie plantés dans les systèmes de première génération	32
Portrait de la performance des frênes de Pennsylvanie plantés dans les systèmes de deuxième génération	34
Analyse des résultats.....	36
Bilan sur le frêne de Pennsylvanie	37

Frêne d'Amérique	39
Portrait de la performance des frênes d'Amérique plantés dans les systèmes de deuxième génération	40
Analyse des résultats.....	42
Bilan sur le frêne d'Amérique	43
Orme d'Amérique	45
Portrait de la performance des ormes d'Amérique plantés dans les systèmes de première génération	46
Analyse des résultats.....	48
Bilan sur l'orme d'Amérique	49
Pin blanc	51
Portrait de la performance des pins blancs plantés dans les systèmes de première génération	52
Portrait de la performance des pins blancs plantés dans les systèmes de deuxième génération	54
Analyse des résultats.....	56
Bilan sur le pin blanc	57
Pin rouge	59
Portrait de la performance des pins rouges plantés dans les systèmes de deuxième génération.....	60
Analyse des résultats.....	62
Bilan sur le pin rouge.....	63
Mélèze hybride	65
Portrait de la performance des mélèzes hybrides plantés dans les systèmes de deuxième génération	66
Analyse des résultats.....	68
Bilan sur le mélèze hybride	69
Annexe I – Définitions des défauts notés lors des suivis	70
Bibliographie	72

Mise en contexte

Depuis 2005, le Laboratoire rural *Agroforesterie et paysage* met en place des systèmes agrosylvicoles dans la région du Rocher-Percé, afin d'évaluer le potentiel de cette approche agroforestière pour répondre à un enjeu de multifonctionnalité de l'agriculture (Anel, 2009). Les systèmes agrosylvicoles envisagés associent les cultures agricoles et la production de bois de qualité.

La principale motivation à la base de cette exploration du potentiel de l'agrosylviculture est la valorisation des nombreuses terres à potentiel agricole du secteur qui sont actuellement sous-utilisées ou abandonnées à la friche, à la suite notamment de la régression de l'activité agricole au cours des dernières décennies. L'hypothèse qui sous-tend la démarche est qu'il serait possible de combiner sur ces parcelles une agriculture extensive et une sylviculture destinée à la production de bois de qualité, et que cette combinaison pourrait être profitable à l'échelle de la parcelle (mise en valeur du foncier appartenant aux propriétaires) et à l'échelle du territoire (préservation des paysages ruraux par le maintien d'une dynamique agricole). L'appréciation du potentiel de l'agrosylviculture nécessite que plusieurs évaluations soient réalisées : performance des arbres, rentabilité économique, impacts paysagers, perception et adoption.

En ce qui concerne l'évaluation de la performance des arbres, deux générations de systèmes ont été prises en compte, soit un premier ensemble de neuf systèmes implantés en 2006 et 2007, et un second ensemble de trois systèmes implantés en 2009. Les différences entre les deux générations se trouvent principalement au niveau du type de système (simples haies ou systèmes agroforestiers intercalaires), des espèces plantées, ainsi que des scénarios sylvicoles testés. On entend par scénario sylvicole une séquence temporelle d'interventions portant sur la protection des arbres et la réalisation de tailles de formation et d'élagage.

La taille de formation est une intervention essentielle à réaliser sur les arbres plantés en milieu ouvert. Elle consiste à supprimer les défauts de forme d'un arbre afin d'améliorer sa rectitude et sa solidité (Hubert et Courraud, 2002). D'autres interventions sont aussi nécessaires, notamment celles associées à la protection des arbres contre la concurrence de la végétation spontanée et contre les dégâts causés par la faune (rongeurs notamment). Trois scénarios proposant différentes fréquences d'intervention ont été testés pour chacune des deux générations de systèmes. Seule la fréquence de réalisation de la taille de formation est considérée pour les arbres de première génération, alors que, pour les arbres de deuxième génération, la fréquence de l'ajustement des moyens de protection accompagne la réalisation des tailles. Pour les deux générations de systèmes agrosylvicoles, un scénario témoin (T) est défini dans lequel aucune taille n'est réalisée sur les arbres (première génération), voire aucune intervention (deuxième génération).

Les premiers résultats et constats permettront de juger dans quelle mesure les jeunes arbres semblent s'orienter de façon convenable vers l'objectif de production de billes de qualité et de faire des recommandations sur les essences à privilégier en système agrosylvicole et sur les scénarios qui semblent valoriser au mieux leur potentiel.

Objectifs de l'étude

La présente étude vise trois principaux objectifs :

- ✓ Documenter la performance juvénile des arbres plantés en termes de croissance et de qualité des tiges;
- ✓ Évaluer le potentiel des essences considérées pour produire du bois de qualité;
- ✓ Identifier le scénario sylvicole le plus prometteur pour chaque essence.

Contexte écologique et localisation des sites

Les sites d'étude sont localisés en terrains privés dans la municipalité régionale de comté (MRC) du Rocher-Percé, dans la portion sud-est de la péninsule gaspésienne (Figure 1). Le climat de cette région est subpolaire subhumide intermédiaire, avec des précipitations annuelles moyennes de 1000 à 1200 mm, une température annuelle moyenne de 2,5 à 3,5°C et une longueur de la saison de croissance de 150 à 170 jours (Berger et Blouin, 2004). Le territoire se situe dans le sous-domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune de l'Est, qui comprend une végétation de type tempéré et principalement des peuplements mélangés. Malenfant *et al.* (2006) ont identifié huit essences feuillues d'intérêt pour la plantation en Gaspésie : le bouleau jaune, le bouleau à papier, le frêne de Pennsylvanie, le frêne d'Amérique, le chêne rouge d'Amérique, l'érable à sucre, l'orme d'Amérique et le peuplier hybride.

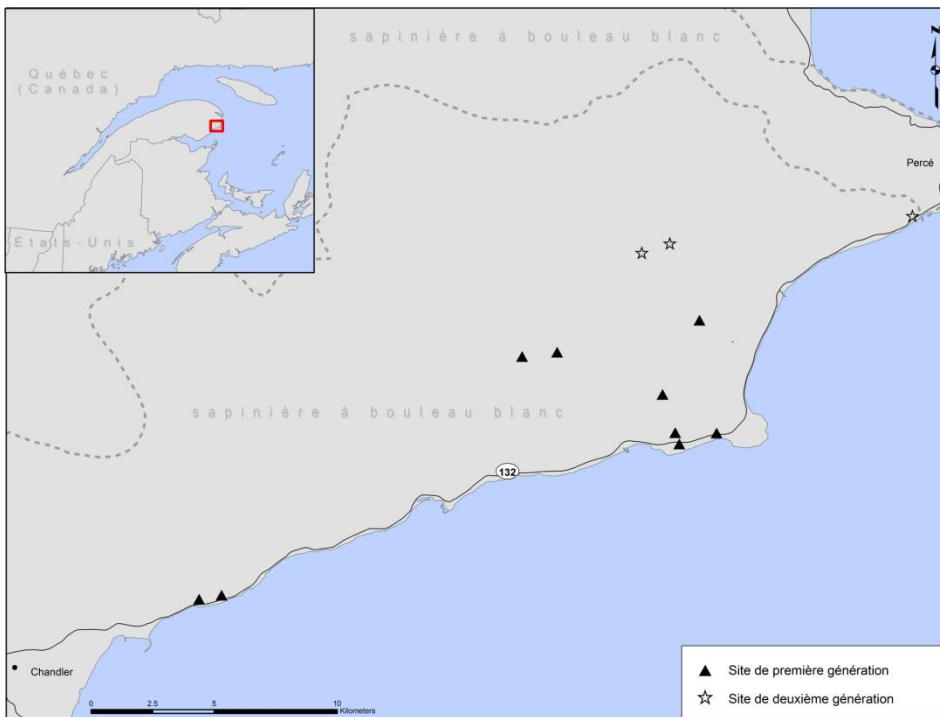


Figure 1 : Localisation des sites d'études.

Les sites sur lesquels sont implantés les systèmes agrosylvicoles sont des champs agricoles. Les arbres sont donc exposés au vent et à la concurrence de la végétation herbacée. Les sols sont généralement des loams ou des loams sableux, parfois des loams sablonneux argileux. Le pH des sols varie de 5 à 7,1 en surface.

Modalités d'implantation

Systèmes de première génération

Les systèmes de première génération (2006-2007) sont des haies à une ou deux rangées implantées en bordure de champ ou en plein champ agricole. Les quatre essences choisies pour les systèmes de première génération sont les suivantes :

- Chêne rouge (*Quercus rubra* L., CHR);
- Frêne de Pennsylvanie (*Fraxinus pennsylvanica* Marsh., FRP);
- Orme d'Amérique (*Ulmus americana* L., ORA);
- Pin blanc (*Pinus strobus* L., PIB).

Ces essences ont été sélectionnées selon leur potentiel de croissance en milieu gaspésien, leur capacité supposée ou connue à croître en milieu ouvert, la valeur reconnue de leur bois et leur disponibilité dans les pépinières gouvernementales. Chaque système inclut de deux à quatre espèces.

Les sites sur lesquels les systèmes agrosylvicoles sont implantés présentent des variations en termes de pH, de drainage et de texture du sol; de pente, d'exposition aux vents dominants et de distance à la mer. Bien que certaines de ces caractéristiques aient été mesurées, elles ne sont pas traitées dans cette étude.

Les systèmes ont été implantés au printemps et à l'été 2006, à l'exception des systèmes 8 et 10 qui ont été intégralement mis en place en 2007. Toutefois, tous les chênes rouges ont été plantés au printemps 2007 en raison d'un manque de disponibilité des plants en 2006. La mise en terre des plants en 2006 a eu lieu entre le 1^{er} juin et le 14 juillet. En 2007, la mise en terre a également eu lieu à la fin du printemps et au début de l'été. Les semis de frêne de Pennsylvanie étaient des plants de deux ans à racines nues, alors que les semis des autres essences (CHR, ORA et PIB) étaient des plants d'un an en récipient.

Les modalités de préparation de terrain ont varié d'un site à l'autre. Différentes techniques ont été employées en fonction de la situation de départ et de l'équipement disponible chez les propriétaires. Lorsque cela était nécessaire, la végétation arbustive spontanée a été éliminée. Les emplacements de plantation des arbres ont ensuite été préparés en bandes ou de façon individuelle avec un travail profond ou superficiel faisant appel à différents types d'outils (charrue à labourer, herse à dents et à disques, simple pelle).

Tous les arbres ont été protégés de la concurrence de la végétation herbacée par des paillis de polyéthylène. Ces paillis ont été disposés en bande ou individuellement autour de chaque arbre. Ce type de protection a été retenu pour son efficacité reconnue, sa facilité d'utilisation et son faible coût. La faisabilité de leur retrait et leur empreinte écologique restent toutefois discutables.

En ce qui concerne la protection contre les dégâts dus à la faune, des tests visant à comparer l'efficacité du protecteur spiralé blanc, du protecteur *Subtronic* et du répulsif *Plantskydd* ont été entrepris pour les

systèmes implantés en 2006. Ces tests ont toutefois été abandonnés dès 2007 en raison de la mauvaise qualité des protecteurs *Subtronic*. Par la suite, l'usage du protecteur spiralé blanc a été généralisé à tous les arbres suivis.

Les arbres ont été plantés en bordure de champ ou en plein champ. L'espace agricole adjacent est occupé par des cultures fourragères, de petits fruits ou des pâturages. Dans le cas de pâturages, une clôture électrique a été installée pour protéger les plants des animaux (bovins de boucherie).

Dans les systèmes, les arbres sont organisés en haies à une ou deux rangées (Tableau 1). L'espacement entre les arbres sur une rangée varie de 3 à 6 m. Dans le cas des haies à deux rangées des systèmes 9 et 12, les arbres sont disposés en quinconce. Pour les systèmes 8 et 13 où la distance entre les rangées est plus importante, les arbres ne sont pas disposés en quinconce. Généralement, les haies sont composées de deux ou trois essences en alternance. Une description plus détaillée des systèmes est disponible dans Anel (2009).

Tableau 1 : Caractéristiques des systèmes agrosylvicoles de première génération.

Système	Nombre total de plants	Nombre de plants par espèce				Nombre de haies à		Espacement entre les rangées (m)	Espacement entre les plants sur la rangée (m)	Type de paillis
		CHR	FRP	ORA	PIB	une rangée	deux rangées			
1	140	35	35		70	1			4	En bande
2	315	95	95	63	62	4	1	1,5	5 6	En bande
3	145	70			75	2			3	En bande
4	71	36			35	1			4	En bande
8	151	75			76		1	4,8	3	Individuel
9	162	49	64		49		1	1,5	6	En bande
10	315	160	155			6			3	En bande
12	40	19			21		1	1,5	6	En bande
13	354		176	178		5		6	5	Individuel

Systèmes de deuxième génération

Les systèmes de deuxième génération (2009) sont des systèmes agroforestiers intercalaires. Ils sont constitués d'une alternance régulière de rangées d'arbres et de bandes cultivées.

Les arbres présents dans ces systèmes sont le chêne rouge, le frêne de Pennsylvanie et le pin blanc auxquels ont été ajoutés le frêne d'Amérique (*Fraxinus americana* L., FRA), le pin rouge (*Pinus resinosa* Ait., PIR) et le mélèze hybride (*Larix x marschlinsii* Coaz, MEH). Ils ont été plantés du 21 juin au 15 juillet

2009 après avoir reçu un traitement d'habillage et de pralinage. L'habillage consiste à réaliser une taille pour supprimer les fourches et les autres défauts avant la plantation (Hubert et Courraud, 2002; Balleux et Van Lerberghe, 2006). Le pralinage consiste à tremper les racines dans un mélange d'eau, de terre et de fumier. Cette technique permet une meilleure cicatrisation des racines taillées, empêche leur dessèchement et favorise une meilleure reprise des plants (Balleux et Van Lerberghe, 2006). Tous les plants étaient en récipients, sauf ceux de chêne rouge et de frêne de Pennsylvanie, qui étaient à racines nues.

Les sites sur lesquels ont été implantés ces trois systèmes sont d'anciennes friches agricoles. La végétation de friche y a été éliminée par broyage. Les sites ont ensuite été labourés et préparés à la herse à disques.

Chaque arbre est protégé par un paillis de plastique individuel fixé avec des agrafes en métal et par un protecteur spiralé. Ils ont été installés respectivement en août et en septembre-octobre 2009.

Pour chacun de ces trois systèmes agroforestiers intercalaires, les rangées d'arbres sont espacées de 25 m entre elles. Des bandes d'environ 24 m sont cultivées entre ces rangées, soit une largeur suffisante pour permettre le passage de la machinerie agricole. Cet espacement a été choisi pour minimiser l'espace cultivable perdu et ainsi faciliter l'acceptation de l'arbre en champ agricole par les agriculteurs. Ce choix d'espacement est basé sur les conclusions tirées d'expériences réalisées dans d'autres régions tempérées du monde (Dupraz et Liagre, 2008). Les rangées d'arbres sont orientées Nord-Sud pour réduire l'ombrage des arbres sur les cultures dans le futur. La rotation des cultures prévoit une année d'avoine suivie de six années d'un mélange fourrager de trèfle et de fléole. L'espacement entre les arbres sur les rangées est de 4 m. Cette distance a été choisie pour limiter la compétition racinaire et la compétition pour la lumière tout en maintenant un objectif d'environ 60 arbres à l'hectare. Certaines spécificités des systèmes implantés sur chaque site sont précisées au Tableau 2 et une description plus détaillée est disponible dans Anel (2009). Les arbres faisant l'objet d'un suivi expérimental ont été répartis de façon aléatoire à l'intérieur des rangées.

Tableau 2 : Caractéristiques des systèmes agrosylvicoles de deuxième génération.

Système	Nombre total de plants	Nombre de plants par espèce						Longueur totale des rangées (m)	Nombre de rangées	Superficie totale (ha)	Densité de plantation (arbres/ha)
		CHR	FRP	FRA	PIB	PIR	MEH				
7	288	77	88	15	78	15	15	1125	10	4	76
11	234	60	68	15	61	15	15	900	9	4	56
14	152	41	30	15	36	15	15	600	3	3	56

En termes de composantes présentes et de disposition, les systèmes de deuxième génération sont donc plus homogènes que ceux de première génération. Les caractéristiques des sites sur lesquels sont installés ces systèmes présentent toutefois des différences en ce qui concerne la nature du sol et les conditions environnementales.

Interventions réalisées sur les arbres

La conduite des arbres en contexte agrosylvicole demande de réaliser différentes interventions susceptibles de contribuer à la production de bois de qualité. Ces interventions visent à limiter la compétition herbacée (désherbage et ajustement des paillis de plastique), à réduire le risque de dégâts causés par la faune (ajustement des protecteurs spiralés) et à favoriser la production d'une bille de pied de qualité (taille de formation et élagage). Ces interventions sont décrites dans l'encadré ci-après.

Désherbage

Éliminer la végétation spontanée qui pousse au pied de l'arbre et en bordure du paillis lorsque celle-ci se révèle trop envahissante. Le désherbage vise à dégager un espace d'au moins 1 m² libre de compétition autour de l'arbre. Dans la mesure du possible, la végétation est arrachée plutôt que coupée.

Ajustement des moyens de protection

Paillis de plastique : Ajustement pour ne pas qu'il appuie sur la base de l'arbre. Replacé, si le paillis n'est plus disposé correctement sur le sol. Remplacé, s'il est absent ou trop endommagé.

Protecteur spiralé : Ajustement pour offrir une protection adéquate tout en permettant aux branches d'avoir accès à la lumière, si possible. Remplacé, s'il est absent.

Taille de formation et élagage

Éliminer les défauts de forme susceptibles de nuire à la production de bois de qualité, tels que : cimes multiples, branches de gros diamètre, branches à angle d'insertion aigu, branches cassées, rejets de souche, branches affectées par des maladies, etc. sans réduire la surface foliaire de plus d'un tiers.

En vue de réduire la susceptibilité des pins blancs à la rouille vésiculeuse, des élagages phytosanitaires préventifs et une élimination des rameaux infectés ont été jumelés aux tailles de formation.

À l'occasion, certaines manipulations peuvent également être pratiquées, telles que le renforcement du plant avec le pied pour le redresser ou le ramollissement des tissus des tiges pour favoriser leur redressement (« massage »).

La fréquence à laquelle sont réalisées les interventions définit les scénarios sylvicoles. Pour chaque génération de systèmes agrosylvicoles, trois scénarios sylvicoles sont mis à l'essai. Les scénarios sont différents pour la première et pour la deuxième génération de systèmes.

Systèmes agrosylvicoles de première génération

Pour les arbres de ces systèmes, les seules interventions pour lesquelles différentes fréquences de réalisation sont testées sont les tailles de formation et d'élagage. Les autres interventions (désherbage et ajustement des protections) ont été réalisées annuellement sur tous les arbres à partir de l'année 2007, lorsque cela était nécessaire. L'ensemble des interventions a eu lieu en juin afin que les arbres puissent profiter de l'effet du désherbage. C'est également une période propice à la réalisation des tailles.

Systèmes agrosylvicoles de deuxième génération

Pour les arbres des systèmes de deuxième génération, la notion d'entretien a été introduite. L'entretien regroupe l'ensemble des interventions à réaliser sur un arbre au moment du passage du sylviculteur. Le désherbage, l'ajustement des protections et les tailles de formation et d'élagage sont donc réalisés au cours d'un même passage lors des années où un entretien est prévu dans les scénarios sylvicoles. Par contre, lors des années où aucun entretien n'est prévu, l'arbre ne fait l'objet d'aucun soin. Cette approche rejoint directement la réalité opérationnelle de l'agrosylviculture.

Notes :

- a) Il est à noter que les fréquences de réalisation des interventions diffèrent pour les scénarios de première et de deuxième génération;
- b) Les arbres qui ne font pas l'objet d'un suivi expérimental ont bénéficié d'une fréquence d'intervention soutenue. Les interventions ont été réalisées en même temps ou après celles des arbres suivis.

Dispositif expérimental

Identification du traitement expérimental

Le suivi expérimental est réalisé essence par essence. Les essences ne sont pas comparées entre elles, car les caractéristiques et les utilisations de leur bois diffèrent. Pour chaque essence, deux facteurs sont notamment susceptibles d'influencer directement la performance des arbres des systèmes agrosylvicoles dans nos conditions d'essai : le scénario sylvicole (fréquence à laquelle sont réalisées les interventions) et le site.

Le scénario sylvicole est le traitement expérimental qui fait l'objet de cette étude. La présentation des résultats est donc orientée en ce sens.

Les caractéristiques du site sont reconnues comme ayant une influence sur la performance des arbres plantés (Balandier, 1997; Cogliastro *et al.*, 1997). De plus, le site est un facteur qui pourrait influencer la réponse des arbres au scénario sylvicole. Toutefois, le choix des sites n'a pas été fait pour réaliser une étude sur son influence : la distribution des sites est plutôt une conséquence des choix des propriétaires de terre avec qui des ententes ont été prises pour réaliser des essais. L'effet du site est pris en compte à travers les modèles statistiques retenus pour réaliser les analyses, mais n'est pas présenté.

Définition des scénarios sylvicoles mis à l'essai

Pour chaque génération de systèmes, les arbres suivis de chaque essence ont été répartis en trois scénarios sylvicoles. Cette répartition a été faite de façon aléatoire parmi les individus dans chacun des systèmes. Bien que présentant des ressemblances, les trois scénarios sont différents entre les deux générations de systèmes.

Systemes de première génération

Dans les systèmes de première génération, les arbres suivis de chaque essence ont été répartis en trois scénarios : *témoin* (T1), *fréquent* (F1) et *très fréquent* (TF1). Dans ces systèmes, les trois scénarios sylvicoles concernent exclusivement la fréquence des tailles de formation et d'élagage, puisque le désherbage et l'ajustement des protections ont été réalisés systématiquement tous les ans et sur tous les arbres. La séquence prévue des tailles de formation est présentée au Tableau 3, à l'exception du scénario sylvicole *témoin* (T1) pour lequel aucune taille n'est réalisée.

Systemes de deuxième génération

Dans les systèmes de deuxième génération, les arbres suivis de chacune des essences ont été répartis en trois scénarios sylvicoles : *témoin* (T2), *très fréquent* (TF2) et *intensif* (TI2). Pour ces systèmes, les trois scénarios sylvicoles testés concernent l'ensemble des opérations d'entretien, soit la réalisation des tailles de formation et d'élagage et les interventions de protection des arbres (désherbage et ajustement des protections). La séquence de réalisation des entretiens pour les arbres suivis de deuxième

génération est présentée au Tableau 4, à l'exception du scénario sylvicole *témoin* (T2) pour lequel aucun entretien n'est réalisé.

Tableau 3 : Scénarios sylvicoles pour les arbres suivis des systèmes de première génération : années de réalisation des tailles de formation et d'élagage (réalisés jusqu'à 2013 et à venir).

Année de plantation	Scénario	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
2006	F1	X		X			X			X	
	TF1	X	X	X	X		X			X	
2007	F1		X		X			X			X
	TF1		X	X	X	X		X			X

Tableau 4 : Scénarios sylvicoles pour les arbres suivis des systèmes de deuxième génération : années de réalisation des entretiens (réalisés jusqu'à 2013 et à venir).

Année de plantation	Scénario	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2009	TF2		X		X		X			X	
	TI2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Effectif

Systèmes de première génération

Pour les systèmes de première génération, un plan d'échantillonnage a restreint le suivi à un échantillon représentatif des arbres plantés dans chaque système. De plus, deux systèmes jugés non représentatifs d'une réalité agrosylvicole ont été retirés des suivis. Il s'agit des systèmes 9 et 10 :

- Le système 9 est une haie située immédiatement en bordure de route qui subit les conséquences du déneigement en hiver (déversement de neige, projection de gravillons et de sel);
- Le système 10 est situé à proximité immédiate de la mer. Il est directement exposé aux vents provenant de la mer et reçoit les embruns marins.

Le nombre initial d'arbres suivis par traitement et par système est présenté au Tableau 5.

Systèmes de deuxième génération

Pour les systèmes de deuxième génération, un plan d'échantillonnage a également restreint le suivi à un échantillon représentatif des arbres plantés dans chaque système. Sur les six essences plantées, trois sont présentes en plus grand nombre (CHR, FRP, PIB) et trois autres ont été introduites en plus petit

nombre (FRA, MEH, PIR). Le nombre initial d'arbres suivis par traitement et par système est présenté au Tableau 6.

Tableau 5 : Nombres initiaux d'arbres suivis pour chacun des scénarios dans les systèmes de première génération.

Essence	Système	Scénario T1	Scénario F1	Scénario TF1	Total
CHR	1	7	7	7	21
	2	7	7	7	21
	3	7	7	7	21
	4	7	7	7	21
	8	7	7	7	21
	12	6	6	6	18
	Total (6)*	41	41	41	123
FRP	1	4	4	4	12
	2	7	7	7	21
	13	7	7	7	21
	Total (3)*	18	18	18	54
ORA	2	7	7	8	22
	13	7	7	7	21
	Total (2)*	14	14	15	43
PIB	1	7	7	7	21
	2	7	7	7	21
	3	7	7	7	21
	4	5	6	6	17
	8	7	7	7	21
	12	3	3	4	10
	Total (6)*	36	37	38	111

* (n) : nombre de systèmes dans lesquels l'espèce est représentée.

Tableau 6 : Nombres initiaux d'arbres suivis pour chacun des scénarios dans les systèmes de deuxième génération.

Essence	Système	Scénario T2	Scénario TF2	Scénario TI2	Total
CHR	7, 11 et 14	10	10	10	30
	Total (3)*	30	30	30	90
FRP	7, 11 et 14	10	10	10	30
	Total (3)*	30	30	30	90
PIB	7, 11 et 14	10	10	10	30
	Total (3)*	30	30	30	90
FRA	7, 11 et 14	5	5	5	15
	Total (3)*	15	15	15	45
PIR	7, 11 et 14	5	5	5	15
	Total (3)*	15	15	15	45
MEH	7, 11 et 14	5	5	5	15
	Total (3)*	15	15	15	45

* (n) : nombre de systèmes dans lesquels l'espèce est représentée.

Arbres retenus aux fins d'analyse

Le nombre d'arbres ayant été utilisés à des fins d'analyses est inférieur au nombre d'arbres initialement suivis. En effet, un certain nombre d'arbres ont été exclus des suivis. Il s'agit en particulier des arbres :

- Dont l'identification sur le terrain a été temporairement ou définitivement perdue;
- Morts avant la réalisation de la cueillette de données;
- Qui ont fait l'objet d'une erreur de traitement.

De plus, les arbres qui ont fait l'objet d'un recépage ont également été exclus. En effet, les tailles et les entretiens ont été faits à des périodes peu compatibles avec les recépages (tailles et entretiens réalisés en fin de printemps ou début d'été et recépage, devant normalement être réalisé tard à l'automne ou tôt au printemps, en fonction des essences). Bien que quelques recépages aient exceptionnellement été pratiqués sur des arbres pour lesquels aucune autre option n'était envisageable, la priorité a généralement été mise sur les autres modalités de la taille de formation. Comme peu d'arbres ont été recépés et que ceux-ci ont été traités à un moment peu opportun, il a semblé préférable de ne pas considérer ces arbres dans les analyses. Il s'agit d'un élément important à prendre en compte, car une stratégie utilisant davantage le recépage pourrait aussi être développée et pourrait avoir des résultats différents.

Caractérisation de la performance des essences

Vue d'ensemble

Pour répondre aux objectifs de l'étude, la performance des essences a été caractérisée par :

- La survie et les dégâts dus à des agents externes;
- La hauteur et le diamètre à hauteur de collet, ainsi que les accroissements annuels moyens correspondants;
- Les défauts dans la forme des arbres;
- Le potentiel de production d'une bille de qualité selon un point de vue d'expert (qualité globale);
- La fréquence de la rouille vésiculeuse du pin blanc.

Les données concernant ces différents éléments ont été relevées à l'occasion de plusieurs campagnes de terrain. Le Tableau 7 donne une vue d'ensemble des données relevées au cours du temps. Des explications complémentaires sont fournies dans les sections correspondantes lorsque cela est nécessaire.

Tableau 7 : Données relevées sur l'ensemble des arbres suivis.

Génération de système	Année de plantation (printemps)	Automne 2006	Automne 2007	Automne 2010	Automne 2011	Automne 2012	Automne 2013
Première	2006	<ul style="list-style-type: none"> ➤ hauteur ➤ diamètre au collet 			<ul style="list-style-type: none"> ➤ hauteur ➤ diamètre au collet ➤ défauts 		<ul style="list-style-type: none"> ➤ qualité globale
	2007		<ul style="list-style-type: none"> ➤ hauteur ➤ diamètre au collet 			<ul style="list-style-type: none"> ➤ hauteur ➤ diamètre au collet ➤ défauts 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ qualité globale
Deuxième	2009			<ul style="list-style-type: none"> ➤ hauteur ➤ diamètre au collet 			<ul style="list-style-type: none"> ➤ hauteur ➤ diamètre au collet ➤ défauts ➤ qualité globale

Survie et dégâts dus à des agents externes

Le pourcentage de survie a été calculé pour chaque scénario à partir du nombre d'arbres vivants au moment du relevé des défauts (Tableau 7). Les arbres exclus (erreur dans l'exécution du scénario), perdus (localisation impossible en raison de la perte de l'identifiant) ou volés (triste réalité !) ne sont pas

considérés pour le calcul du pourcentage de survie. En raison de la petite taille des populations d'arbres suivis, ce pourcentage de survie est à considérer avec précaution.

Les fréquences du broutage par les cervidés et du rongement par les petits mammifères ont également été calculées. Le nombre d'arbres affectés a été noté en même temps que le relevé des défauts (Tableau 7). Ils ne sont calculés que pour les arbres qui étaient vivants au moment des relevés. Les taux de broutage et de rongement dépendent des conditions qui prévalent sur chaque système (proximité d'un ravage de cerfs de Virginie, par exemple) et sont donc à considérer avec précaution. Ils ne sont présentés qu'à titre indicatif.

Le pourcentage des pins blancs infectés par la rouille vésiculeuse a été calculé en rapportant le nombre d'arbres présentant des signes de cette maladie et en le comparant aux arbres vivants lors du relevé des défauts (Tableau 7).

Croissance

La hauteur totale et le diamètre au collet ont été mesurés sur les arbres suivis de première génération après une et six saisons de croissance (voir le Tableau 7). Pour les arbres de deuxième génération, ces relevés ont été faits après deux et cinq saisons de croissance (voir le Tableau 7). Le diamètre n'a été mesuré qu'au collet, puisqu'un nombre insuffisant d'arbres présentaient des dimensions permettant une mesure à hauteur de poitrine (DHP).

Les accroissements annuels moyens en hauteur et en diamètre à hauteur de collet ont été calculés en divisant l'accroissement entre le premier et le deuxième suivi par le nombre de saisons de croissance qui les séparent.

Évaluation de la qualité

Éléments de réflexion sur l'évaluation de la qualité au stade juvénile

La qualité peut être définie comme une série d'attributs qui rendent un matériau approprié pour un usage donné (Hébert et al., 2002). En système agrosylvicole, vu la très faible densité d'arbres, l'objectif est d'obtenir la valeur maximale pour chaque tige. Cette valeur correspond généralement au bois de déroulage, de tranchage et de sciage. Les critères de qualité de ces produits sont une bille droite, cylindrique, de dimensions suffisantes et exemptes de défauts tels que les nœuds, les déformations et les dégradations du bois (Hubert et Courraud, 2002).

Pour les arbres matures, il existe des classifications qui fixent des barèmes entre lesquels un défaut doit être contenu pour ne pas qu'il décline la bille. Ainsi, au Québec, le gouvernement a publié des normes techniques pour la classification des tiges feuillues (Alain *et al.*, 2013). Cependant, ces classifications demandent d'évaluer la bille considérée sur toute sa hauteur et de diviser la tige en quatre faces. Cette approche est donc impossible à mettre en place au stade juvénile.

Pour les jeunes arbres, il s'agit plutôt d'évaluer le potentiel d'obtenir une bille de qualité. Ce potentiel tient compte des défauts actuels et de leurs conséquences probables, ainsi que des interventions qui peuvent être réalisées pour les corriger.

Ainsi, Balandier (1997) a évalué la qualité d'arbres de trois à six ans croissant en milieu ouvert à l'aide de sept défauts. Ces défauts sont présentés à la Figure 2 selon un ordre croissant de gravité. Le gradient de gravité est basé sur « l'importance et la persistance des déformations qu'ils provoquent sur l'axe principal ». Balandier (1997) a suivi l'évolution de ces défauts et a statué qu'ils devaient être traités, parce qu'ils ne disparaissaient pas d'eux-mêmes.

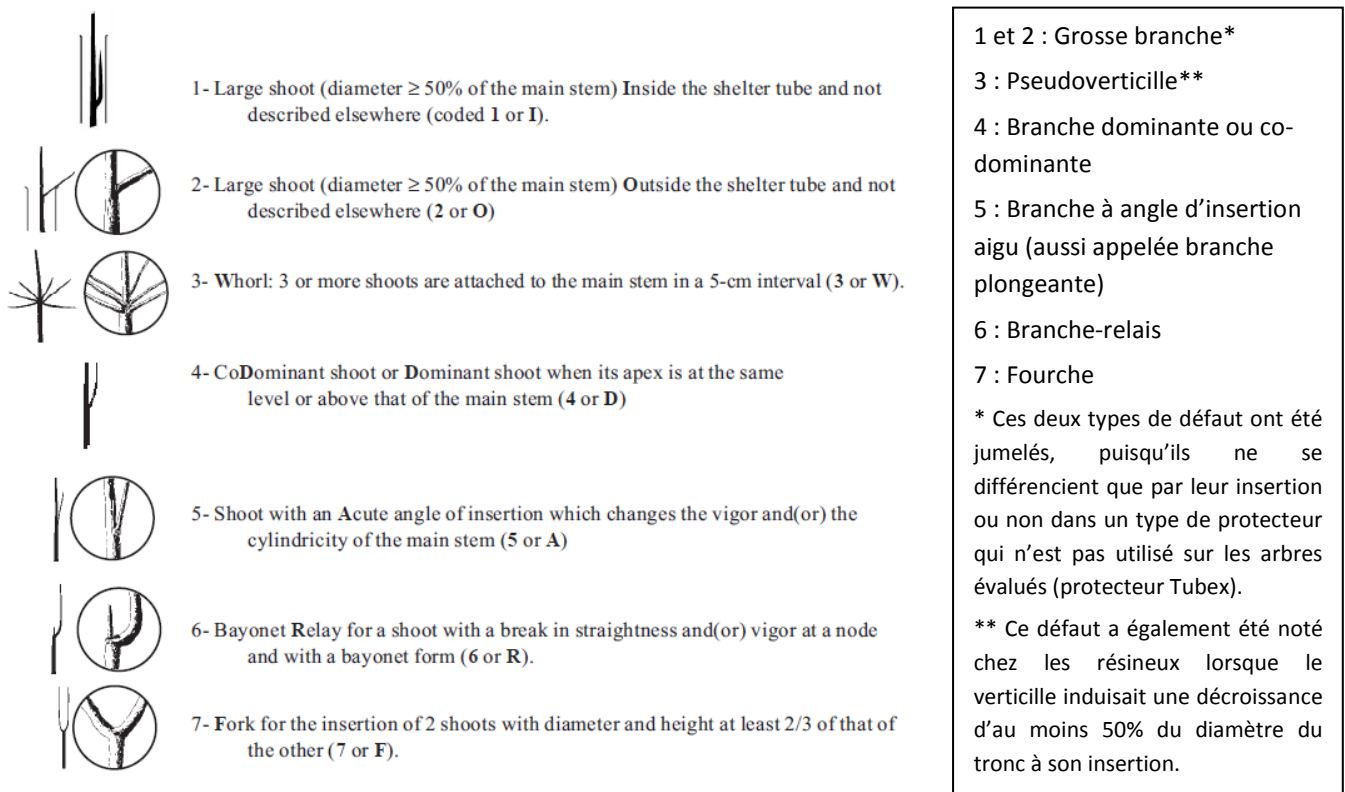


Figure 2 : Définition et classification des défauts de forme selon une échelle croissante de gravité (tirée de Balandier 1997).

L'approche développée par Balandier s'applique aux défauts qui peuvent être corrigés par une taille de formation. Or, d'autres défauts sont susceptibles d'affecter la rectitude de l'axe. Il s'agit notamment des courbures, des sinuosités et des inclinaisons fortes.

Finalement, l'évaluation de la qualité des arbres au stade juvénile semble malgré tout difficile à réaliser en ne se basant que sur l'identification de défauts individuels. Parfois, un seul défaut peut déclasser la qualité d'un arbre, alors que, d'autres fois, c'est la combinaison de plusieurs défauts qui le fera. Dans ces conditions, le point de vue de l'expert apparaît particulièrement pertinent (Belli *et al.*, 1987; Macdonald *et al.*, 2009). Son jugement, basé sur l'expérience, permet d'intégrer les différentes problématiques pouvant affecter la qualité d'un arbre.

Méthode retenue pour l'évaluation de la qualité

Deux démarches complémentaires ont été entreprises dans cette étude, afin d'évaluer le potentiel de produire des billes de qualité dans les systèmes agrosylvicoles mis en place. La première démarche a consisté à effectuer des relevés des défauts présents sur les arbres selon leur nature. Ces relevés ont été faits au même moment que les prises de données de croissance (Tableau 7). Une liste de défauts a été préparée à cette fin en se basant sur la littérature (Balandier, 1997, Balleux et Lambert, 2002) et en précisant leur définition sur le terrain. Elle est présentée à l'Annexe 1.

Bien que la démarche utilisée pour relever ces défauts soit comparable pour les arbres des deux générations de systèmes, quelques différences doivent être soulignées :

- Seule la présence des défauts a été relevée pour les arbres des systèmes de première génération, alors que c'est le nombre de défauts par type qui a été relevé pour les arbres des systèmes de deuxième génération (par exemple, pour un arbre présentant deux fourches, le relevé des défauts indique « présence de fourche » si l'arbre est dans un système de première génération et il indique « deux fourches », si l'arbre est dans un système de deuxième génération);
- Les défauts ont été associés à toutes les définitions compatibles pour les arbres des systèmes de première génération, alors que seule la définition du défaut le plus grave a été retenue pour les arbres des systèmes de deuxième génération (par exemple : une branche co-dominante avec un angle d'insertion aigu est considérée comme « branche co-dominante » et comme « insertion aiguë » si l'arbre est dans un système de première génération, mais elle est considérée uniquement comme « branche avec un angle d'insertion aigu » si l'arbre est dans un système de deuxième génération).

Face à la difficulté d'évaluer le potentiel de production d'une bille de qualité à partir de ces relevés de défauts, une deuxième démarche a été entreprise. Elle a consisté à réaliser une évaluation globale du potentiel de chacun des arbres suivis par un expert. Pour cela, quatre classes de qualité ont été définies. Elles sont présentées au Tableau 8.

Tableau 8 : Définitions des classes de qualité utilisées pour l'évaluation des tiges au stade juvénile par un expert.

Classe de qualité	Définition
3 – Sans défaut apparent	L'arbre est d'une qualité très intéressante. Il ne présente aucun défaut majeur dans la portion de bille-objectif. On pourrait le laisser croître deux ans de plus sans s'inquiéter pour le maintien de sa qualité.
2 – Présence de défauts méritant une correction	L'arbre a une qualité acceptable en regard de l'objectif de production, mais il présente un ou plusieurs défauts qu'il est nécessaire de corriger. Il existe de réelles options de rattrapage et il faut donc agir rapidement pour rectifier ces défauts. Par défaut, le tuteurage n'est pas considéré comme une option.
1 – Présence de défauts compromettant définitivement la qualité de l'arbre - recépage envisageable	La forme de l'arbre est irrécupérable. Aucune correction ne permettra d'atteindre l'objectif de production. Toutefois, l'arbre est vigoureux et un recépage est envisageable pour tenter d'obtenir une nouvelle tige de meilleure qualité.
0 – Présence de défauts compromettant définitivement la qualité de l'arbre - remplacement nécessaire	La forme de l'arbre est irrécupérable. Aucune correction ne permettra d'atteindre l'objectif de production. De plus, l'arbre n'est pas assez vigoureux pour espérer mieux de l'un de ses rejets. L'arbre doit être remplacé.

L'attribution d'une classe de qualité à chacun des arbres a été réalisée par Patrick Lupien, du Syndicat des producteurs de bois de la Mauricie. Patrick Lupien est considéré comme un expert québécois dans la sylviculture des feuillus. Au cours de l'automne 2013, il a donc visité l'ensemble des systèmes de première et de deuxième génération et a attribué une note de 0 à 3 à chacun des arbres. Cette évaluation globale de la qualité ayant été intégralement réalisée durant l'automne 2013, il est important de comprendre que tous les arbres n'ont pas été évalués au même âge (voir Tableau 7).

Dans le cas des arbres résineux (pins et mélèze), la classe de qualité 1 n'a jamais été attribuée, puisque ces essences ne se prêtent pas au recépage. En ce qui concerne le pin blanc, la classe de qualité 0 a été systématiquement attribuée aux individus présentant des symptômes de rouille vésiculeuse sur le tronc.

Analyses statistiques

Des analyses statistiques ont été menées pour faciliter l'interprétation des données. Deux principales approches ont été utilisées en fonction des données à traiter.

Analyse des tableaux de contingence

Pour la survie, le broutage, le rongement, la rouille vésiculeuse du PIB, et la répartition des arbres en classes de qualité et selon la nature des défauts de l'axe principal, un test d'indépendance entre les lignes et les colonnes d'un tableau de contingence a été effectué. Les lignes correspondent aux catégories des variables étudiées : mort/vivant; présence/absence de broutage, de rongement ou de rouille vésiculeuse; classes de qualité; présence/absence du défaut de l'axe principal. Les colonnes correspondent aux scénarios sylvicoles. La petite taille des effectifs a nécessité d'utiliser la méthode de Monte-Carlo pour calculer la valeur de p (au lieu de l'estimation asymptotique).

Un résultat statistiquement non-significatif ($p > 0,05$) indique une indépendance entre les scénarios sylvicoles et les catégories de la variable considérée (pas d'association entre les lignes et les colonnes; répartition aléatoire des individus).

Un résultat statistiquement significatif ($p \leq 0,05$) indique une relation entre les scénarios sylvicoles et les catégories de la variable considérée (association entre les lignes et les colonnes; patron de répartition des individus). Dans ce cas, un test paramétrique de comparaison de k proportions (avec la méthode de Monte-Carlo) a été effectué pour tester l'indépendance entre les scénarios sylvicoles et une variable binaire (vivant/effectif total; présence/effectif total; classe de qualité 0, 1, 2 ou 3/effectif total). Si le résultat était statistiquement significatif ($p \leq 0,05$), ce test était suivi de la procédure de Marascuilo pour mettre en évidence les différences statistiquement significatives entre les proportions.

Le logiciel XLSTAT (version 2014.2.07, Addinsoft, 2014) a été utilisé pour effectuer ces analyses.

Modèles linéaires

Un modèle linéaire mixte a été utilisé pour analyser les variables associées à la croissance : hauteur, diamètre au collet, accroissements annuels moyens en hauteur et en diamètre au collet et ratio hauteur/diamètre au collet. Le scénario sylvicole a été considéré comme un facteur fixe, le site d'implantation et l'interaction entre le site et le scénario sylvicole ont été considérés comme des facteurs aléatoires. De cette façon, nous indiquons qu'une sélection aléatoire de certains sites a été faite parmi tous ceux disponibles, mais que nous nous intéressons spécifiquement à l'effet du scénario sylvicole sur la variable considérée, tout en tenant compte de la variabilité des sites.

Lorsque le scénario sylvicole présentait un effet statistiquement significatif ($p \leq 0,05$), un test de comparaison multiple HSD de Tukey a été utilisé pour mettre en évidence les différences significatives entre les moyennes des trois scénarios sylvicoles.

La normalité de la distribution de la variable étudiée a été validée visuellement avec un diagramme quantile-quantile et l'homogénéité de la variance a été validée visuellement avec la distribution des résidus normalisés. Lorsque les conditions d'application n'étaient pas respectées (normalité de la distribution et homogénéité de la variance), une transformation logarithmique en base 10 de la variable étudiée a été effectuée pour la hauteur, le diamètre au collet et les accroissements annuels moyens. Avant la transformation logarithmique, une constante (100 ou 10, respectivement) a été ajoutée pour les accroissements annuels moyens en hauteur et en diamètre au collet pour s'affranchir des valeurs négatives. Une transformation arc-sine a été utilisée pour le rapport hauteur/diamètre au collet.

Un problème de convergence dans les calculs a été noté dans certaines situations. Si le problème de convergence existait autant pour la variable brute que pour la variable transformée, et si la variabilité associée au site était inférieure à 10 %, une analyse de variance à un seul facteur a été utilisée pour examiner l'effet du scénario sylvicole sur la variable considérée. Si la variabilité associée au site était supérieure à 10 % (cas pour certaines variables décrivant la croissance de l'orme d'Amérique), les valeurs d'un des deux systèmes ont été transformées, pour que les valeurs soient du même ordre de grandeur (Grace-Martin [date inconnue]).

Le logiciel JMP (version 11.1.1, SAS Institute Inc., 2014) a été utilisé pour effectuer ces analyses.

Présentation et interprétation des résultats

Les résultats sont présentés par essence. La comparaison entre les essences n'a pas été recherchée, puisque chaque essence a ses caractéristiques propres qui déterminent sa valeur sur le marché du bois.

Pour chaque essence, une première partie est consacrée à la présentation des résultats, sans jugement de valeur. Une deuxième partie en relève les faits saillants et propose un bilan sur le potentiel de production d'une bille de qualité et sur le scénario sylvicole le plus prometteur.

Afin de faciliter la lecture des données obtenues, une présentation concise a été adoptée, laissant une large part aux tableaux et graphiques. Ainsi, le portrait d'une essence est présenté sur une double page.

Les données du portrait concernent :

- La survie et les dégâts dus à des agents externes :
 - Pourcentage de survie;
 - Fréquence des arbres affectés par le broutage par des cervidés;
 - Fréquence des arbres affectés par le rongement par les petits mammifères;
 - Fréquence des arbres affectés par la rouille vésiculeuse du pin blanc;
- La croissance :
 - Hauteur;
 - Diamètre à hauteur de collet;
 - Accroissement annuel moyen en hauteur (AAMH);
 - Accroissement annuel moyen en diamètre au collet (AAMDHC);
 - Ratio hauteur / diamètre au collet (H/DHC);
- La répartition des arbres selon les classes de qualité - expert;
- Le pourcentage des arbres présentant les différents types de défauts.

Pour les données relatives à la survie et aux dégâts dus aux agents externes et pour les données de croissance, les valeurs ne sont données par scénario sylvicole que lorsque les analyses statistiques ont révélé des différences significatives. Dans ce cas, les différences sont mises en évidence par un système de lettres (a, b et ab). Lorsqu'aucune différence statistiquement significative n'a été identifiée, une valeur moyenne est présentée pour l'ensemble des arbres, tous scénarios sylvicoles confondus. Pour les données relatives à la croissance, un intervalle de confiance à 95 % est associé à la moyenne présentée.

Pour la répartition des arbres selon la classe de qualité et pour le pourcentage des arbres présentant les différents types de défauts, les valeurs sont rapportées graphiquement pour chacun des scénarios sylvicoles, quelque soit le résultat de l'analyse statistique.

Lorsqu'une essence a été mise à l'essai dans les deux générations de systèmes, un portrait global est dressé indépendamment pour chacune d'elles. Les deux générations de systèmes diffèrent notamment par l'âge des arbres au moment des relevés et par la nature des scénarios sylvicoles mis à l'essai : un désherbage est réalisé systématiquement sur une base annuelle pour les arbres des systèmes de

première génération, alors qu'il n'est réalisé qu'au moment des entretiens pour les arbres des systèmes de deuxième génération. De plus, la localisation des systèmes diffère (différentes caractéristiques de sites), ainsi que les caractéristiques des plants mis en terre. Par contre, les deux générations peuvent fournir des informations complémentaires.

Pour chaque essence, une deuxième partie porte sur l'interprétation du portrait obtenu après cinq ou six saisons de croissance. Établir le potentiel d'une essence et identifier le ou les scénarios les plus prometteurs est un exercice difficile qui demande d'intégrer l'ensemble des données présentées dans le portrait tout en prenant du recul. En particulier, les éléments suivants doivent être considérés :

- Les résultats se basent sur de petits effectifs et ont donc une valeur exploratoire;
- Les arbres ont été plantés récemment et il faut tenir compte de la période d'installation pendant laquelle leur plein potentiel demeure peut-être encore à exprimer.

Afin de faciliter l'exercice tout en gardant une vue d'ensemble, une évaluation de tous les scénarios est résumée sous la forme d'un tableau de bord. Une appréciation est associée à chaque variable : Inquiétant, Acceptable ou Très bon. Les critères utilisés sont présentés au tableau 9.

Tableau 9 : Critères utilisés pour l'évaluation de la performance des essences par scénario

	Critères d'évaluation
Pourcentage de survie (S)	<ul style="list-style-type: none"> – Inquiétant : $S < 85\%$ – Acceptable : $85\% \leq S < 95\%$ – Très bon : $S \geq 95\%$
Accroissement annuel moyen en hauteur (AAMH)	– Comparaison avec des références propres à chaque essence (données de croissance pour des arbres déjà établis, croissant dans de bonnes conditions au Québec)
Accroissement annuel moyen en diamètre à hauteur de collet (AAMDHC)	– Comparaison avec des références propres à chaque essence (données de croissance pour des arbres déjà établis, croissant dans de bonnes conditions au Québec)
Classes de qualité - expert	<ul style="list-style-type: none"> – Inquiétant : Classe de qualité 0 > 30 % – Acceptable : Classe de qualité 0 ≤ 30 % – Très bon : Classe de qualité 0 ≤ 30 % et Classe de qualité 2 + Classe de qualité 3 ≥ 50%
Fréquence des défauts	Arbres affectés par des problèmes de courbures, de sinuosité ou d'inclinaison (CSI): <ul style="list-style-type: none"> – Inquiétant : $CSI > 60\%$ – Acceptable : $30\% < CSI \leq 60\%$ – Très bon : $CSI \leq 30\%$

Les principaux faits saillants issus des résultats sont également présentés.

Finalement, nous proposons pour chaque essence, un bilan qui conduit à qualifier le potentiel de l'essence (nul, faible, modéré ou fort) et à identifier le ou les scénarios qui semblent les plus prometteurs.

Chêne rouge



Portrait de la performance des chênes rouges plantés dans les systèmes de première génération

Cette section présente les données recueillies sur les chênes rouges des systèmes de première génération. Les pourcentages de survie et les fréquences de broutage et de rongement sont présentés au Tableau CHR-1. La hauteur, le diamètre au collet, les accroissements annuels en hauteur (AAMH) et en diamètre au collet (AAMDHC) ainsi que le ratio hauteur/diamètre au collet (H/DHC) sont présentés au Tableau CHR-2. La répartition en classes de qualité est présentée à la figure CHR-3. Le pourcentage des arbres présentant chaque type de défaut est illustré à la figure CHR-4. Les résultats sont présentés selon les codes établis dans la section *Présentation et interprétation des résultats*.

Tableau CHR-1 : Pourcentage de survie et fréquences des arbres affectés par le broutage et par le rongement pour les chênes rouges des systèmes de première génération.

	T1	F1	TF1
Pourcentage de survie (%)	100 ^a	92 ^{ab}	74 ^b
Fréquence des arbres affectés par le broutage (%)	4		
Fréquence des arbres affectés par le rongement (%)	1		

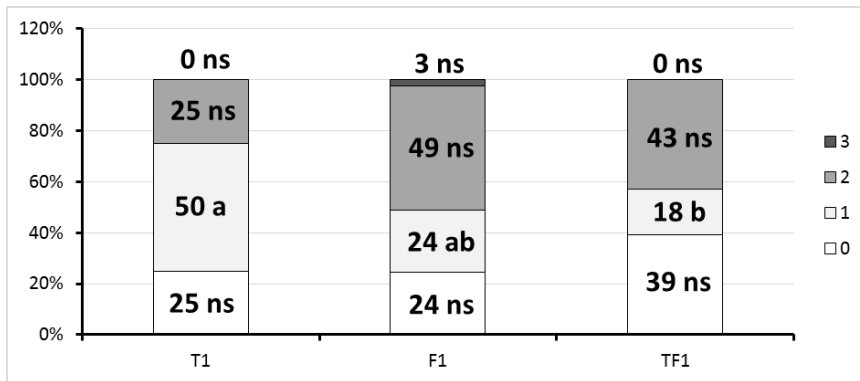
Les lettres a et b indiquent une différence statistiquement significative entre les scénarios. L'effectif total par scénario varie de 36 à 40 individus pour le pourcentage de survie et de 29 à 37 individus pour les fréquences du broutage et du rongement.

Tableau CHR-2 : Hauteur, diamètre au collet, accroissements annuels moyens en hauteur (AAMH) et en diamètre au collet (AAMDHC) et rapport hauteur/diamètre au collet (H/DHC) pour les chênes rouges des systèmes de première génération.

	T1	F1	TF1
Hauteur (cm)	119 ± 9		
Diamètre au collet (cm)	2,5 ± 0,2		
AAMH (cm/an)	16,1 ± 1,8		
AAMDHC (mm/an)	3,6 ± 0,4		
H/DHC	46 ± 3 ^a	49 ± 3 ^{ab}	52 ± 4 ^b

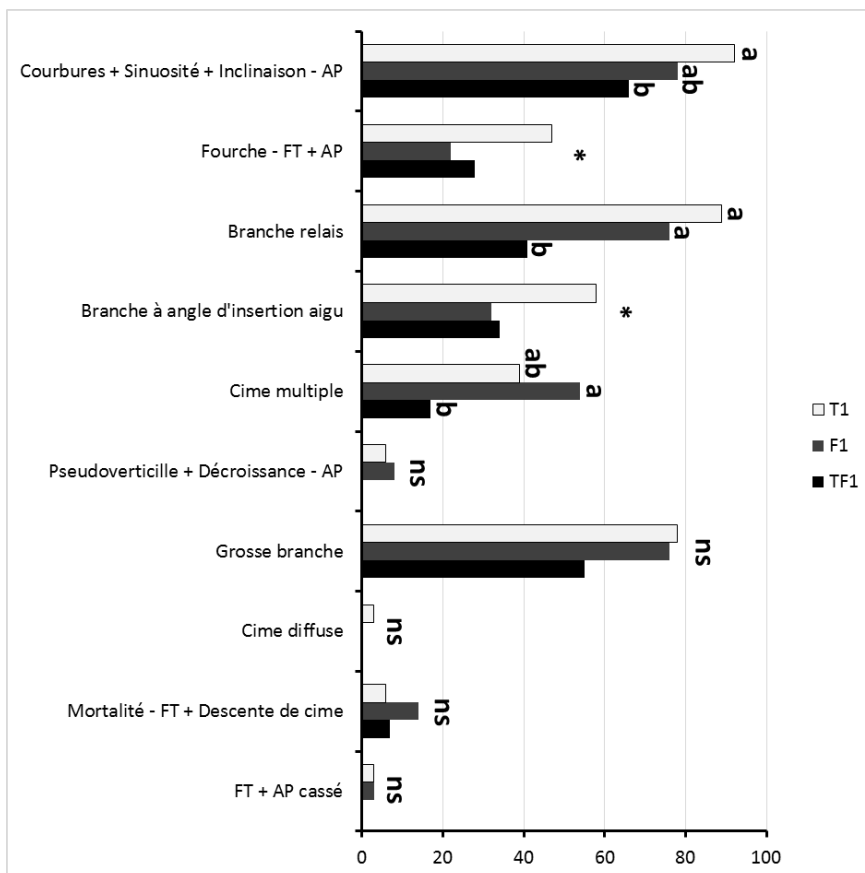
Les lettres a et b indiquent une différence statistiquement significative entre les valeurs. L'effectif total par scénario varie de 29 à 37 individus.

Figure CHR-3 : Répartition des individus en classes de qualité pour chaque scénario (fréquence de la taille de formation) pour les chênes rouges des systèmes de première génération.



Les lettres indiquent la présence (a, b) ou l'absence (ns) d'une différence statistiquement significative entre les scénarios pour la fréquence relative d'une même classe de qualité (lecture horizontale). Elles sont précédées de la valeur de la fréquence relative. L'effectif total par scénario varie de 28 à 37 individus.

Figure CHR-4 : Pourcentages des arbres présentant les défauts de l'axe principal selon le scénario (fréquence de la taille de formation) pour les chênes rouges des systèmes de première génération.



Les lettres a et b situées à l'extrémité des histogrammes indiquent la présence d'une différence statistiquement significative entre les scénarios pour la fréquence relative d'un même défaut, tandis que le symbole * et les lettres ns indiquent respectivement une association statistiquement quasi-significative et une absence d'association entre la présence d'un défaut et la fréquence de la taille de formation. FT : flèche terminale; AP : axe principal. L'effectif total par scénario varie de 29 à 37 individus.

Portrait de la performance des chênes rouges plantés dans les systèmes de deuxième génération

Cette section présente les données recueillies sur les chênes rouges des systèmes de deuxième génération. Les pourcentages de survie et les fréquences de broutage et de rongement sont présentés au Tableau CHR-5. La hauteur, le diamètre au collet, les accroissements annuels en hauteur (AAMH) et en diamètre au collet (AAMDHC) ainsi que le ratio hauteur/diamètre au collet (H/DHC) sont présentés au Tableau CHR-6. La répartition en classes de qualité est présentée à la figure CHR-7. Le pourcentage des arbres présentant chaque type de défaut est illustré à la figure CHR-8. Les résultats sont présentés selon les codes établis dans la section *Présentation et interprétation des résultats*.

Tableau CHR-5 : Pourcentage de survie et fréquences des arbres affectés par le broutage et par le rongement pour les chênes rouges des systèmes de deuxième génération.

	T2	TF2	TI2
Pourcentage de survie (%)	89		
Fréquence des arbres affectés par le broutage (%)	23		
Fréquence des arbres affectés par le rongement (%)	0		

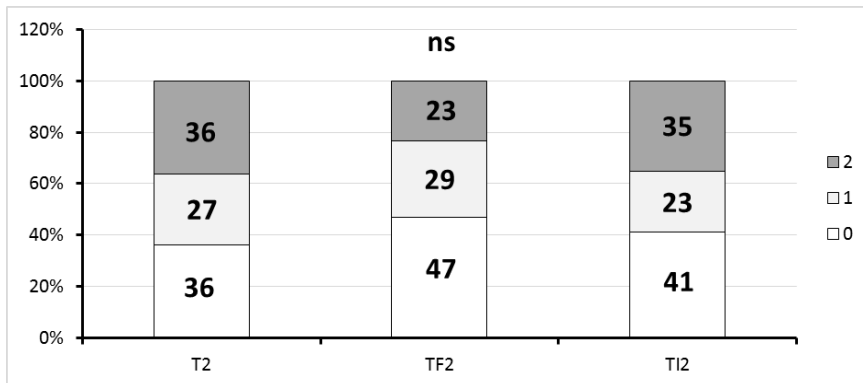
L'effectif total par scénario varie de 18 à 24 individus pour le pourcentage de survie et de 17 à 22 individus pour les fréquences de broutage et de rongement.

Tableau CHR-6 : Hauteur, diamètre au collet, accroissements annuels moyens en hauteur (AAMH) et en diamètre au collet (AAMDHC) et rapport hauteur/diamètre au collet (H/DHC) pour les chênes rouges des systèmes de deuxième génération.

	T2	TF2	TI2
Hauteur (cm)	120 ± 13		
Diamètre au collet (cm)	1,9 ± 0,2		
AAMH (cm/an)	14,1 ± 2,8		
AAMDHC (mm/an)	2,4 ± 0,5		
H/DHC	67 ± 4		

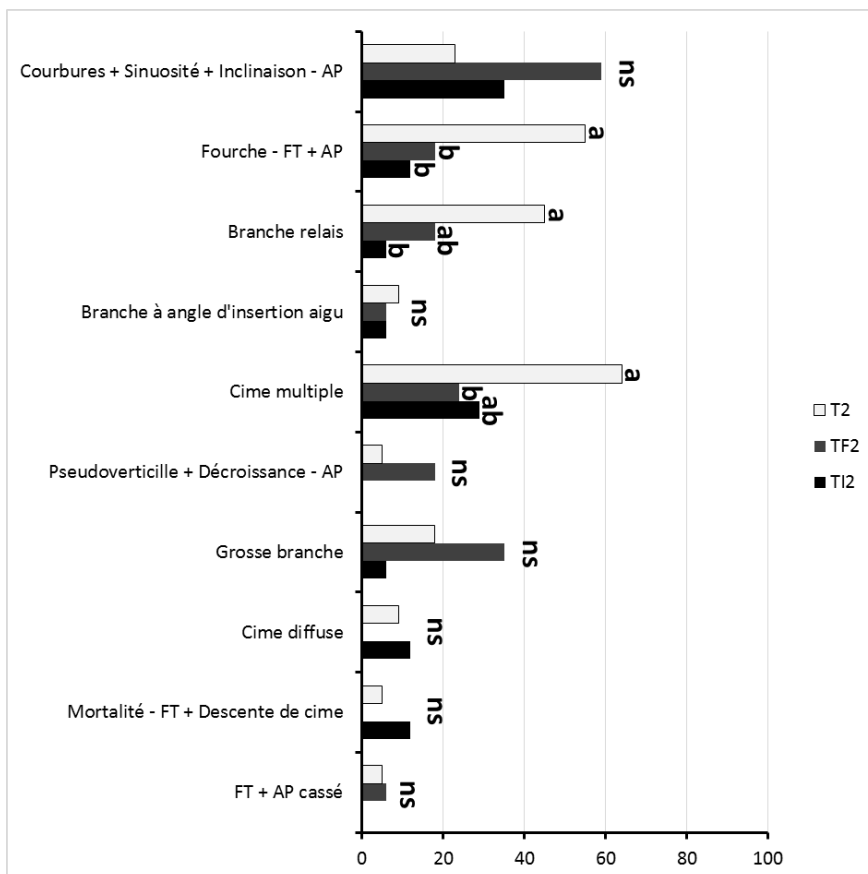
L'effectif total par scénario varie de 17 à 22 individus.

Figure CHR-7 : Répartition des individus en classes de qualité pour chaque scénario (fréquence des entretiens) pour les chênes rouges des systèmes de deuxième génération.



Les lettres ns indiquent l'absence d'une association statistiquement significative entre la répartition des individus en classes de qualité et les scénarios (fréquence des entretiens). Les valeurs de fréquence relative sont indiquées. L'effectif total par scénario varie de 17 à 22 individus.

Figure CHR-8 : Pourcentages des arbres présentant les défauts de l'axe principal selon le scénario (fréquence des entretiens) pour les chênes rouges des systèmes de deuxième génération.



Les lettres a et b situées à l'extrémité des histogrammes indiquent la présence d'une différence statistiquement significative entre les scénarios pour la fréquence relative d'un même défaut, tandis que les lettres ns indiquent une absence d'association entre la présence d'un défaut et les scénarios (fréquence des entretiens). FT : flèche terminale; AP : axe principal. L'effectif total par scénario varie de 17 à 22 individus.

Analyse des résultats

Le tableau CHR-9 propose une évaluation synthétique de chacun des scénarios sur la base du portrait établi.

Tableau CHR-9 : Évaluation des résultats obtenus par scénario pour le chêne rouge

	T1	F1	TF1	T2	TF2	T12	Critères d'évaluation
Survie	Très bon	Acceptable	Inquiétant	Acceptable			<ul style="list-style-type: none"> – Inquiétant : $S < 85\%$ – Acceptable : $85\% \leq S < 95\%$ – Très bon : $S \geq 95\%$
AAMH	Inquiétant			Inquiétant			Croissance attendue (arbre établi) : <ul style="list-style-type: none"> – 50 à 100 cm/an (Lupien, 2008) – 40 à 60 cm/an (Cogliastro*, 2014) – 30 à 80 cm/an (Rivest*, 2014)
AAMDHC	Inquiétant			Inquiétant			Croissance attendue (arbre établi) : <ul style="list-style-type: none"> – 5 mm/an et + (Lupien, 2008)
Classes de qualité	Acceptable	Très bon	Inquiétant	Inquiétant			<ul style="list-style-type: none"> – Inquiétant : $0 > 30\%$ – Acceptable : $0 \leq 30\%$ – Très bon : $0 \leq 30\%$ et $(2+3) \geq 50\%$
Fréquence des défauts difficilement corrigibles	Inquiétant			Très bon	Acceptable		Pourcentage des arbres présentant des problèmes de courbures, de sinuosité ou d'inclinaison (CSI): <ul style="list-style-type: none"> – Inquiétant : $CSI > 60\%$ – Acceptable : $30\% < CSI \leq 60\%$ – Très bon : $CSI \leq 30\%$

* Communication personnelle.

Plusieurs faits saillants méritent d'être soulignés :

- Les accroissements annuels moyens sont faibles (CHR-2 et CHR-6).
- Pour les systèmes de deuxième génération, le pourcentage important d'arbres sans avenir (classe de qualité 0), quel que soit le scénario, est inquiétant (CHR-7).
- La diminution du taux de survie avec l'augmentation de la fréquence de la taille pour les arbres des systèmes de première génération (CHR-1) amène un questionnement sur l'intensité des prélèvements effectués sur les jeunes arbres et ses conséquences sur leur capacité de survie. Le pourcentage d'arbres sans avenir (classe de qualité 0) pour les arbres des systèmes de première génération bénéficiant de la fréquence de taille la plus élevée (TF1) semble corroborer cette observation (CHR-3).
- L'augmentation de la fréquence des interventions semble avoir un effet positif sur la diminution du nombre d'arbres présentant les défauts de branchaison et de cime les plus graves (fourches, branches-relais, branches à angle d'insertion aigu et cimes multiples; CHR-4 et CHR 8). Par contre, elle ne semble pas avoir de lien avec les problèmes de rectitude (courbures, sinuosité et inclinaison de l'axe principal).

Bilan sur le chêne rouge

Selon les résultats obtenus dans cette étude, le chêne rouge présente un faible potentiel pour la production de bois de qualité en système agrosylvicole dans la région du Rocher-Percé. Sa plantation à grande échelle n'est pas recommandée. Son adéquation aux conditions pédoclimatiques devra être vérifiée.

Pour cette essence, un scénario sylvicole intégrant un désherbage annuel et des tailles peu fréquentes (F1) semble donner les meilleurs résultats.

Frêne de Pennsylvanie



Portrait de la performance des frênes de Pennsylvanie plantés dans les systèmes de première génération

Cette section présente les données recueillies sur les frênes de Pennsylvanie des systèmes de première génération. Les pourcentages de survie et les fréquences de broutage et de rongement sont présentés au Tableau FRP-1. La hauteur, le diamètre au collet, les accroissements annuels en hauteur (AAMH) et en diamètre au collet (AAMDHC) ainsi que le ratio hauteur/diamètre au collet (H/DHC) sont présentés au Tableau FRP-2. La répartition en classes de qualité est présentée à la figure FRP-3. Le pourcentage des arbres présentant chaque type de défaut est illustré à la figure FRP-4. Les résultats sont présentés selon les codes établis dans la section *Présentation et interprétation des résultats*.

Tableau FRP-1 : Pourcentage de survie et fréquences des arbres affectés par le broutage et par le rongement pour les frênes de Pennsylvanie des systèmes de première génération.

	T1	F1	TF1
Pourcentage de survie (%)	100		
Fréquence des arbres affectés par le broutage (%)	4		
Fréquence des arbres affectés par le rongement (%)	2		

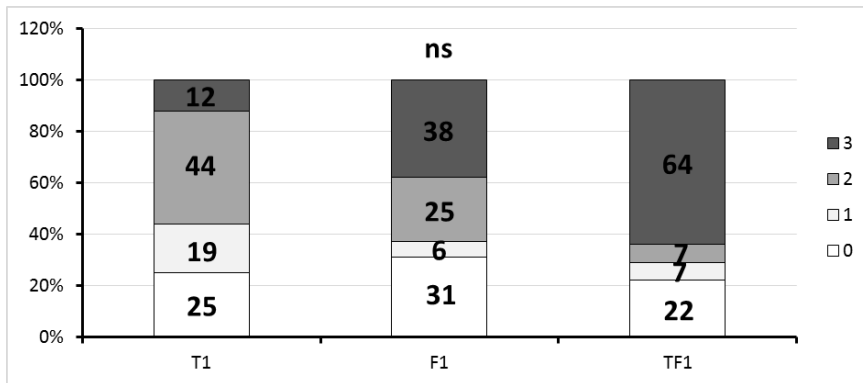
L'effectif total par scénario varie de 15 à 16 individus pour le pourcentage de survie et de 14 à 16 individus pour les fréquences du broutage et du rongement.

Tableau FRP-2 : Hauteur, diamètre au collet, accroissements annuels moyens en hauteur (AAMH) et en diamètre au collet (AAMDHC) et rapport hauteur/diamètre au collet (H/DHC) pour les frênes de Pennsylvanie des systèmes de première génération.

	T1	F1	TF1
Hauteur (cm)	279 ± 31		
Diamètre au collet (cm)	5,2 ± 0,6		
AAMH (cm/an)	34,7 ± 5,5		
AAMDHC (mm/an)	7,8 ± 1,1		
H/DHC	55 ± 3		

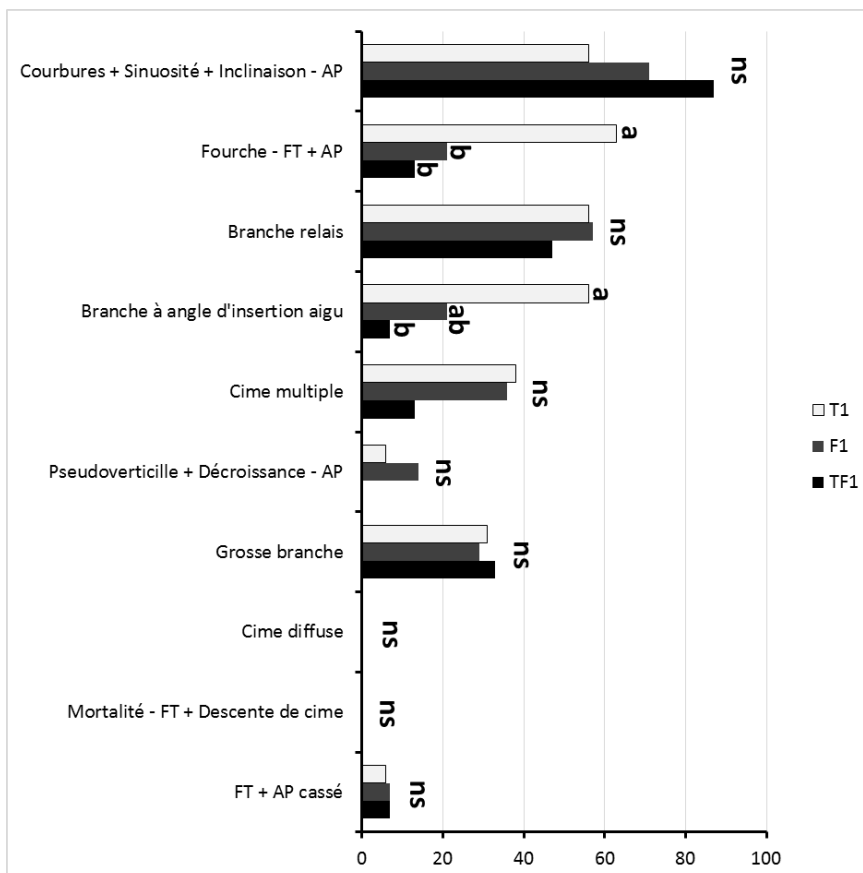
L'effectif total par scénario varie de 15 à 16 individus.

Figure FRP-3 : Répartition des individus en classes de qualité pour chaque scénario (fréquence de la taille de formation) pour les frênes de Pennsylvanie des systèmes de première génération.



Les lettres ns indiquent l'absence d'une association statistiquement significative entre la répartition des individus en classes de qualité et les scénarios (fréquence de la taille de formation). Les valeurs de fréquence relative sont indiquées. L'effectif total par scénario varie de 14 à 16 individus.

Figure FRP-4: Pourcentages des arbres présentant les défauts de l'axe principal selon le scénario (fréquence de la taille de formation) pour les frênes de Pennsylvanie des systèmes de première génération.



Les lettres a et b situées à l'extrémité des histogrammes indiquent la présence d'une différence statistiquement significative entre les scénarios pour la fréquence relative d'un même défaut, tandis que les lettres ns indiquent une absence d'association entre la présence d'un défaut et la fréquence de la taille de formation. FT : flèche terminale; AP : axe principal. L'effectif total par scénario varie de 15 à 16 individus.

Portrait de la performance des frênes de Pennsylvanie plantés dans les systèmes de deuxième génération

Cette section présente les données recueillies sur les frênes de Pennsylvanie des systèmes de deuxième génération. Les pourcentages de survie et les fréquences de broutage et de rongement sont présentés au Tableau FRP-5. La hauteur, le diamètre au collet, les accroissements annuels en hauteur (AAMH) et en diamètre au collet (AAMDHC) ainsi que le ratio hauteur/diamètre au collet (H/DHC) sont présentés au Tableau FRP-6. La répartition en classes de qualité est présentée à la figure FRP-7. Le pourcentage des arbres présentant chaque type de défaut est illustré à la figure FRP-8. Les résultats sont présentés selon les codes établis dans la section *Présentation et interprétation des résultats*.

Tableau FRP-5 : Pourcentage de survie et fréquences des arbres affectés par le broutage et par le rongement pour les frênes de Pennsylvanie des systèmes de deuxième génération.

	T2	TF2	TI2
Pourcentage de survie (%)	98		
Fréquence des arbres affectés par le broutage (%)	3		
Fréquence des arbres affectés par le rongement (%)	0		

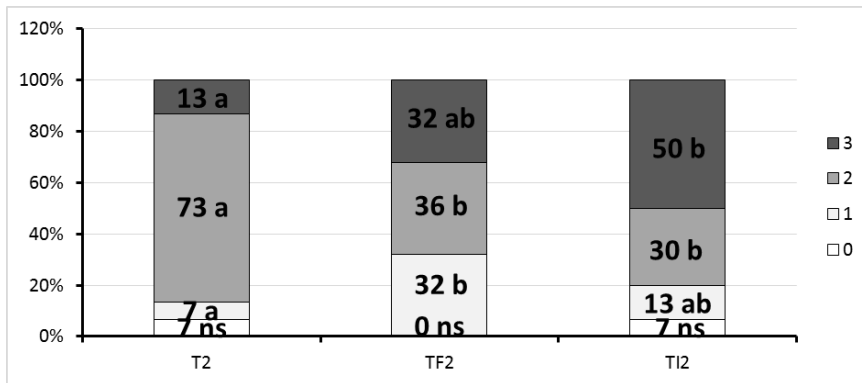
L'effectif total par scénario est de 30 individus pour le pourcentage de survie et varie de 28 à 30 individus pour les fréquences de broutage et de rongement.

Tableau FRP-6 : Hauteur, diamètre au collet, accroissements annuels moyens en hauteur (AAMH) et en diamètre au collet (AAMDHC) et rapport hauteur/diamètre au collet (H/DHC) pour les frênes de Pennsylvanie des systèmes de deuxième génération.

	T2	TF2	TI2
Hauteur (cm)	208 ± 11		
Diamètre au collet (cm)	2,9 ± 0,2		
AAMH (cm/an)	29,1 ± 3,3		
AAMDHC (mm/an)	5 ± 0,5		
H/DHC	72 ± 3		

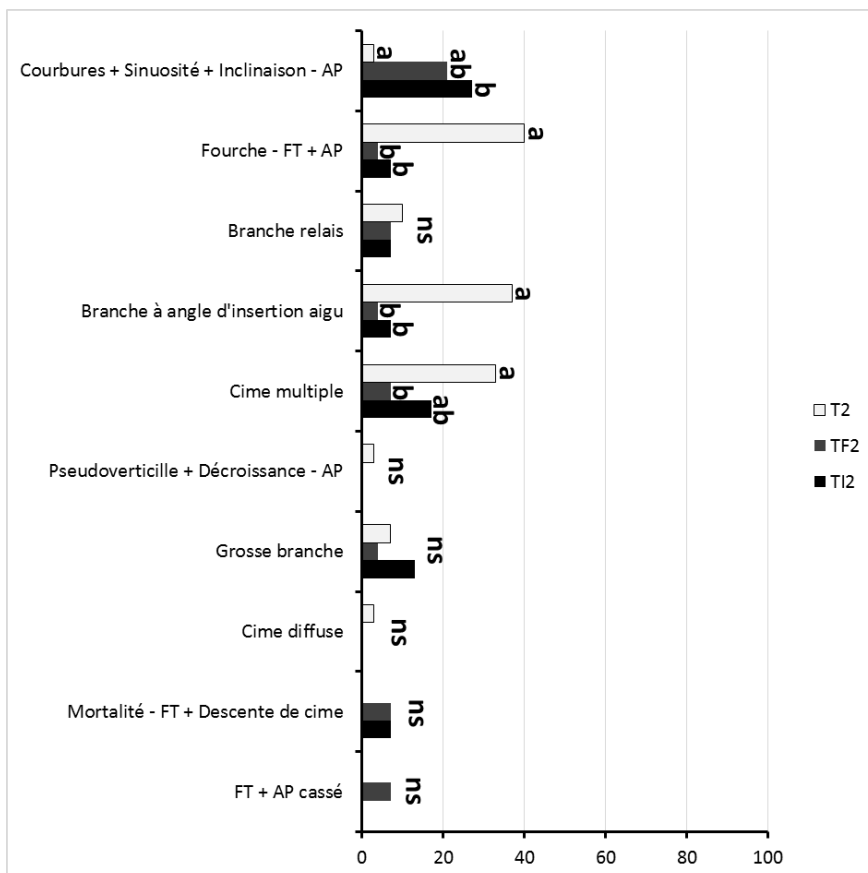
L'effectif total par scénario varie de 28 à 30 individus.

Figure FRP-7 : Répartition des individus en classes de qualité pour chaque scénario (fréquence des entretiens) pour les frênes de Pennsylvanie des systèmes de deuxième génération.



Les lettres indiquent la présence (a, b) ou l'absence (ns) d'une différence statistiquement significative entre les scénarios pour la fréquence relative d'une même classe de qualité (lecture horizontale). Elles sont précédées de la valeur de la fréquence relative. L'effectif total par scénario varie de 28 à 30 individus.

Figure FRP-8 : Pourcentages des arbres présentant les défauts de l'axe principal selon le scénario (fréquence des entretiens) pour les frênes de Pennsylvanie des systèmes de deuxième génération.



Les lettres a et b situées à l'extrémité des histogrammes indiquent la présence d'une différence statistiquement significative entre les scénarios pour la fréquence relative d'un même défaut, tandis que les lettres ns indiquent une absence d'association entre la présence d'un défaut et les scénarios (fréquence des entretiens). FT : flèche terminale; AP : axe principal. L'effectif total par scénario varie de 28 à 30 individus.

Analyse des résultats

Le tableau FRP-9 propose une évaluation synthétique de chacun des scénarios sur la base du portrait établi.

Tableau FRP-9 : Évaluation des résultats obtenus par scénario pour le frêne de Pennsylvanie

	T1	F1	TF1	T2	TF2	T12	Critères d'évaluation
Survie	Très bon			Très bon			– Inquiétant : $S < 85\%$ – Acceptable : $85\% \leq S < 95\%$ – Très bon : $S \geq 95\%$
AAMH	Inquiétant			Inquiétant			Croissance attendue (arbre établi) : – 40 cm/an et + (Lupien, 2008) – 75 cm/an (Cogliastro*, 2014) – 50 à 90 cm/an (Rivest*, 2014)
AAMDHC	Acceptable			Acceptable			Croissance attendue (arbre établi) : – 5 mm/an et + (Lupien, 2008)
Classes de qualité	Très bon	Inquiétant / Très bon **	Très bon	Très bon			– Inquiétant : $0 > 30\%$ – Acceptable : $0 \leq 30\%$ – Très bon : $0 \leq 30\%$ et $(2+3) \geq 50\%$
Fréquence des défauts	Acceptable	Inquiétant		Très bon			Pourcentage des arbres présentant des problèmes de courbures, de sinuosité ou d'inclinaison (CSI): – Inquiétant : $CSI > 60\%$ – Acceptable : $30\% < CSI \leq 60\%$ – Très bon : $CSI \leq 30\%$

* Communication personnelle; ** Afin de ne pas influencer de façon trop radicale l'interprétation des résultats, deux codes ont parfois été utilisés, lorsque les résultats étaient très proches des valeurs-seuils.

Plusieurs faits saillants méritent d'être soulignés :

- La croissance en hauteur des frênes de Pennsylvanie est inférieure aux croissances attendues dans de bonnes conditions au Québec (FRP-2 et FRP-6).
- Un pourcentage important des arbres des systèmes de première génération présente des problèmes de courbures, de sinuosité ou d'inclinaison (FRP-4). Ce pourcentage semble augmenter avec la fréquence de la taille, bien que les analyses statistiques ne révèlent pas cette association.
- Les problèmes de courbures, de sinuosité ou d'inclinaison augmentent avec la fréquence des entretiens (FRP-8), sans atteindre le même niveau que pour les arbres de première génération.
- Pour tous les scénarios, la proportion des arbres ayant une classe de qualité 2 ou 3 est élevée, quelque soit la génération de systèmes (FRP-3 et FRP-7).
- L'augmentation de la fréquence des interventions semble augmenter le pourcentage d'arbres associés à la classe de qualité 3 (FRP-3 et FRP-7). Parallèlement, l'augmentation de la fréquence des interventions semble induire une diminution du pourcentage d'arbres présentant des fourches et des branches à angle d'insertion aigu (FRP-4 et FRP-8).

Bilan sur le frêne de Pennsylvanie

Selon les résultats obtenus dans cette étude, le frêne de Pennsylvanie présente un potentiel modéré pour la production de bois de qualité en système agrosylvicole dans la région du Rocher-Percé. Ce potentiel devrait toutefois être confirmé par un prochain suivi avant d'entreprendre des plantations à plus grande échelle, notamment en ce qui concerne la croissance. Par ailleurs, la présence de l'agrile du frêne sur le territoire québécois représente une menace. La plantation du frêne de Pennsylvanie devrait donc être faite avec prudence.

Pour cette essence, un scénario sylvicole avec une fréquence d'intervention accrue (TF1 ou TI2) permet d'obtenir les meilleurs résultats. Toutefois, le lien avec une possible augmentation des problèmes de courbures, de sinuosité ou d'inclinaison devra être approfondi.

Frêne d'Amérique



Portrait de la performance des frênes d'Amérique plantés dans les systèmes de deuxième génération

Cette section présente les données recueillies sur les frênes d'Amérique des systèmes de deuxième génération. Les pourcentages de survie et les fréquences de broutage et de rongement sont présentés au Tableau FRA-1. La hauteur, le diamètre au collet, les accroissements annuels en hauteur (AAMH) et en diamètre au collet (AAMDHC) ainsi que le ratio hauteur/diamètre au collet (H/DHC) sont présentés au Tableau FRA-2. La répartition en classes de qualité est présentée à la figure FRA-3. Le pourcentage des arbres présentant chaque type de défaut est illustré à la figure FRA-4. Les résultats sont présentés selon les codes établis dans la section *Présentation et interprétation des résultats*.

Tableau FRA-1 : Pourcentage de survie et fréquences des arbres affectés par le broutage et par le rongement pour les frênes d'Amérique des systèmes de deuxième génération.

	T2	TF2	TI2
Pourcentage de survie (%)	98		
Fréquence des arbres affectés par le broutage (%)	14		
Fréquence des arbres affectés par le rongement (%)	0		

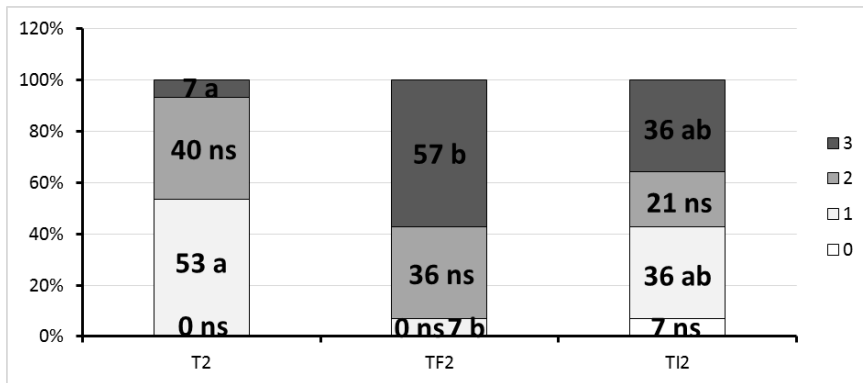
L'effectif total par scénario varie de 14 à 15 individus pour le pourcentage de survie et les fréquences de broutage et de rongement.

Tableau FRA-2 : Hauteur, diamètre au collet, accroissements annuels moyens en hauteur (AAMH) et en diamètre au collet (AAMDHC) et rapport hauteur/diamètre au collet (H/DHC) pour les frênes d'Amérique des systèmes de deuxième génération.

	T2	TF2	TI2
Hauteur (cm)	139 ± 11		
Diamètre au collet (cm)	2,6 ± 0,2		
AAMH (cm/an)	25,8 ± 3,3		
AAMDHC (mm/an)	4,8 ± 0,7		
H/DHC	56 ± 4		

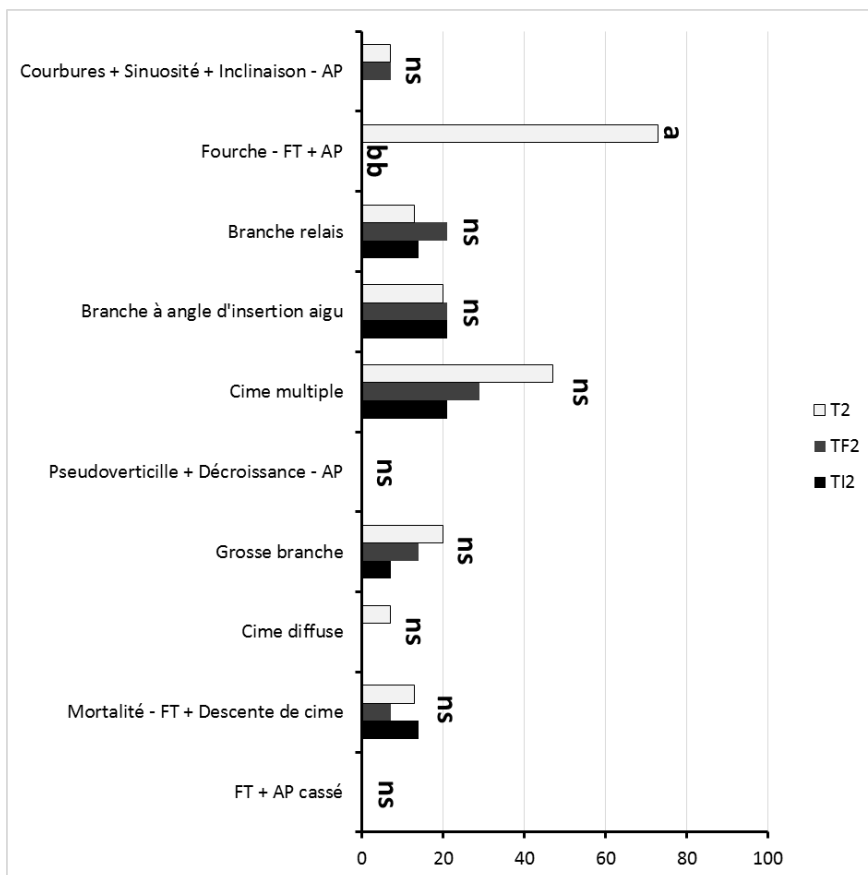
L'effectif total par scénario varie de 14 à 15 individus.

Figure FRA-3 : Répartition des individus en classes de qualité pour chaque scénario (fréquence des entretiens) pour les frênes d'Amérique des systèmes de deuxième génération.



Les lettres indiquent la présence (a, b) ou l'absence (ns) d'une différence statistiquement significative entre les scénarios pour la fréquence relative d'une même classe de qualité (lecture horizontale). Elles sont précédées de la valeur de la fréquence relative. L'effectif total par scénario varie de 14 à 15 individus. La fréquence relative de la classe de qualité 0 est respectivement de 0, 0 et 7 % pour T2, TF2 et T12.

Figure FRA-4 : Pourcentages des arbres présentant les défauts de l'axe principal selon le scénario (fréquence des entretiens) pour les frênes d'Amérique des systèmes de deuxième génération.



Les lettres a et b situées à l'extrémité des histogrammes indiquent la présence d'une différence statistiquement significative entre les scénarios pour la fréquence relative d'un même défaut, tandis que les lettres ns indiquent une absence d'association entre la présence d'un défaut et les scénarios (fréquence des entretiens). FT : flèche terminale; AP : axe principal. L'effectif total par scénario varie de 14 à 15 individus.

Analyse des résultats

Le tableau FRA-5 propose une évaluation synthétique de chacun des scénarios sur la base du portrait établi.

Tableau FRA-5 : Évaluation des résultats obtenus par scénario pour le frêne d'Amérique

	T2	TF2	T12	Critères d'évaluation
Survie	Très bon			<ul style="list-style-type: none"> – Inquiétant : $S < 85\%$ – Acceptable : $85\% \leq S < 95\%$ – Très bon : $S \geq 95\%$
AAMH	Inquiétant			Croissance attendue (arbre établi) : <ul style="list-style-type: none"> – 30 à 60 cm/an (Lupien, 2008) – 75 cm/an (Cogliastro*, 2014) – 50 à 90 cm/an (Rivest*, 2014)
AAMDHC	Acceptable			Croissance attendue (arbre établi) : <ul style="list-style-type: none"> – 5 mm/an et + (Lupien, 2008)
Classes de qualité	Acceptable	Très bon	Très bon	<ul style="list-style-type: none"> – Inquiétant : $O > 30\%$ – Acceptable : $0 \leq 30\%$ – Très bon : $0 \leq 30\%$ et $(2+3) \geq 50\%$
Fréquence des défauts	Très bon			Pourcentage des arbres présentant des problèmes de courbures, de sinuosité ou d'inclinaison (CSI): <ul style="list-style-type: none"> – Inquiétant : $CSI > 60\%$ – Acceptable : $30\% < CSI \leq 60\%$ – Très bon : $CSI \leq 30\%$

* Communication personnelle.

Plusieurs faits saillants méritent d'être soulignés :

- La croissance en hauteur des arbres est inférieure aux croissances attendues pour des arbres établis dans de bonnes conditions au Québec (FRA-2).
- Les arbres présentent peu de problèmes de rectitude (courbures, sinuosité et inclinaison; FRA-4).
- Les entretiens permettent de réduire efficacement la présence des fourches, quelque soit leur fréquence (FRA-4).
- Le scénario TF2 est celui qui présente le plus d'arbres ayant un bon potentiel (classes de qualité 2 et 3), avec un pourcentage remarquable d'arbres ayant obtenu la meilleure classe de qualité (FRA-3).

Bilan sur le frêne d'Amérique

Selon les résultats obtenus dans cette étude, le frêne d'Amérique présente un potentiel modéré pour la production de bois de qualité en système agrosylvicole dans la région du Rocher-Percé. Ce potentiel devrait toutefois être confirmé par un prochain suivi avant d'entreprendre des plantations à plus grande échelle, notamment en ce qui concerne la croissance. Par ailleurs, la présence de l'agrile du frêne sur le territoire québécois représente une menace. La plantation du frêne d'Amérique devrait donc être faite avec prudence.

Pour cette essence, un scénario sylvicole avec une fréquence d'intervention modérée (TF2) semble donner les meilleurs résultats.

Orme d'Amérique



Portrait de la performance des ormes d'Amérique plantés dans les systèmes de première génération

Cette section présente les données recueillies sur les ormes d'Amérique des systèmes de première génération. Les pourcentages de survie et les fréquences de broutage et de rongement sont présentés au Tableau ORA-1. La hauteur, le diamètre au collet, les accroissements annuels en hauteur (AAMH) et en diamètre au collet (AAMDHC) ainsi que le ratio hauteur/diamètre au collet (H/DHC) sont présentés au Tableau ORA-2. La répartition en classes de qualité est présentée à la figure ORA-3. Le pourcentage des arbres présentant chaque type de défaut est illustré à la figure ORA-4. Les résultats sont présentés selon les codes établis dans la section *Présentation et interprétation des résultats*.

Tableau ORA-1 : Pourcentage de survie et fréquences des arbres affectés par le broutage et par le rongement pour les ormes d'Amérique des systèmes de première génération.

	T1	F1	TF1
Pourcentage de survie (%)	97		
Fréquence des arbres affectés par le broutage (%)	59		
Fréquence des arbres affectés par le rongement (%)	0		

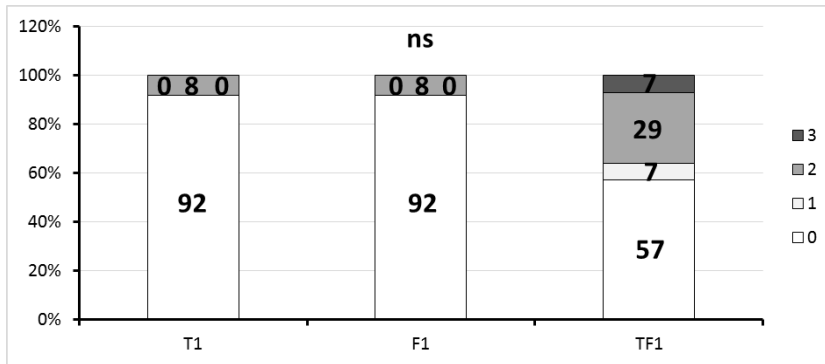
L'effectif total par scénario varie de 13 à 14 individus pour le pourcentage de survie et de 12 à 14 individus pour les fréquences du broutage et du rongement.

Tableau ORA-2 : Hauteur, diamètre au collet, accroissements annuels moyens en hauteur (AAMH) et en diamètre au collet (AAMDHC) et rapport hauteur/diamètre au collet (H/DHC) pour les ormes d'Amérique des systèmes de première génération.

	T1	F1	TF1
Hauteur (cm)	198 ± 32		
Diamètre au collet (cm)	4,2 ± 0,7		
AAMH (cm/an)	25,5 ± 6,7		
AAMDHC (mm/an)	6,5 ± 1,3		
H/DHC	47 ± 4		

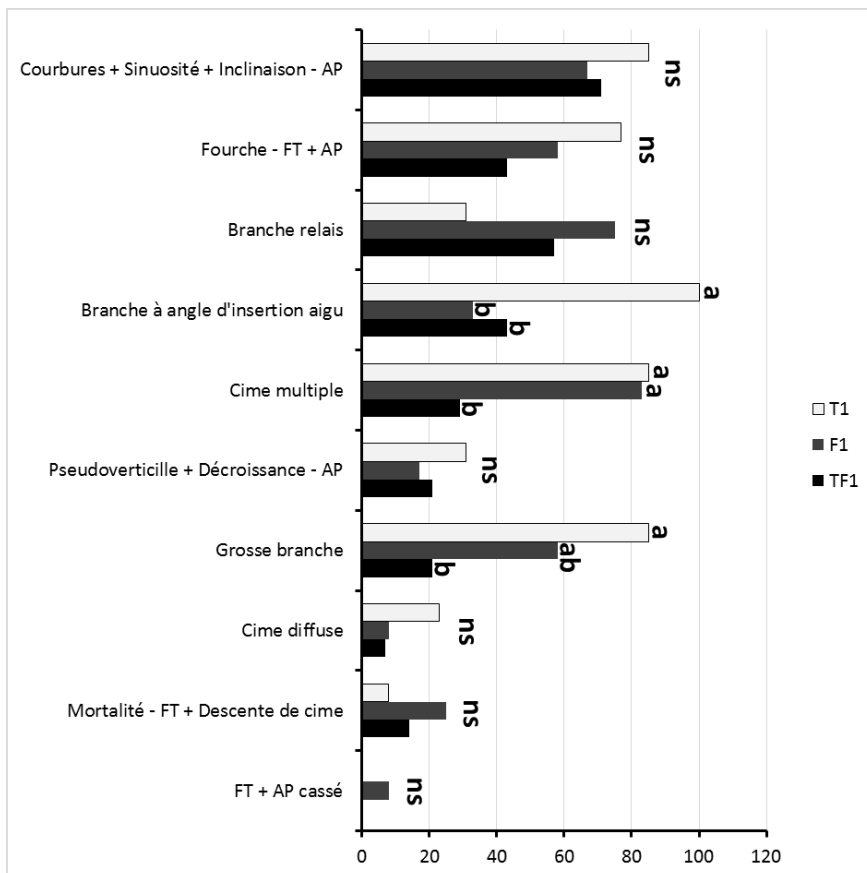
L'effectif total par scénario varie de 12 à 14 individus.

Figure ORA-3 : Répartition des individus en classes de qualité pour chaque scénario (fréquence de la taille de formation) pour les ormes d'Amérique des systèmes de première génération.



Les lettres ns indiquent l'absence d'une association statistiquement significative entre la répartition des individus en classes de qualité et les scénarios (fréquence de la taille de formation). Les valeurs de fréquence relative sont indiquées. L'effectif total par scénario varie de 12 à 14 individus. La fréquence relative de la classe de qualité 1 est respectivement de 0, 0 et 7 % pour T1, F1 et TF1; la fréquence relative de la classe de qualité 2 est respectivement de 8, 8 et 29 % pour T1, F1 et TF1; la fréquence relative de la classe de qualité 3 est respectivement de 0, 0 et 7 % pour T1, F1 et TF1.

Figure ORA-4: Pourcentages des arbres présentant les défauts de l'axe principal selon le scénario (fréquence de la taille de formation) pour les ormes d'Amérique des systèmes de première génération.



Les lettres a et b situées à l'extrémité des histogrammes indiquent la présence d'une différence statistiquement significative entre les scénarios pour la fréquence relative d'un même défaut, tandis que les lettres ns indiquent une absence d'association entre la présence d'un défaut et la fréquence de la taille de formation. FT : flèche terminale; AP : axe principal. L'effectif total par scénario varie de 12 à 14 individus.

Analyse des résultats

Le tableau ORA-5 propose une évaluation synthétique de chacun des scénarios sur la base du portrait établi.

Tableau ORA-5 : Évaluation des résultats obtenus par scénario pour l'orme d'Amérique

	T1	F1	TF1	Critères d'évaluation
Survie	Très bon			<ul style="list-style-type: none"> – Inquiétant : $S < 85\%$ – Acceptable : $85\% \leq S < 95\%$ – Très bon : $S \geq 95\%$
AAMH	Inquiétant			Croissance attendue (arbre établi) : <ul style="list-style-type: none"> – 50 cm/an et + (Lupien, 2008) – 60 à 130 cm/an (Rivest*, 2014)
AAMDHC	Très bon			Croissance attendue (arbre établi) : <ul style="list-style-type: none"> – 4 mm/an et + (Lupien, 2008)
Classes de qualité	Inquiétant			<ul style="list-style-type: none"> – Inquiétant : $0 > 30\%$ – Acceptable : $0 \leq 30\%$ – Très bon : $0 \leq 30\%$ et $(2+3) \geq 50\%$
Fréquence des défauts	Inquiétant			Pourcentage des arbres présentant des problèmes de courbures, de sinuosité ou d'inclinaison (CSI): <ul style="list-style-type: none"> – Inquiétant : $CSI > 60\%$ – Acceptable : $30\% < CSI \leq 60\%$ – Très bon : $CSI \leq 30\%$

* Communication personnelle.

Plusieurs faits saillants méritent d'être soulignés :

- Le pourcentage des arbres associés à la classe de qualité 0 est très important ($\geq 50\%$; ORA-3).
- Les défauts sont nombreux et fréquents (ORA-4).
- L'augmentation de la fréquence de la taille semble bénéfique. Elle est toutefois insuffisante pour atteindre un résultat intéressant.
- La survie et la croissance en diamètre sont remarquables (ORA-1 et ORA-2).
- Bien que la comparaison entre les sites ne soit pas un objectif de cette étude, il est intéressant de constater que la croissance des arbres semble varier considérablement entre les deux systèmes où l'orme a été planté.

Bilan sur l'orme d'Amérique

Selon les résultats obtenus dans cette étude, l'orme d'Amérique ne présente pas le potentiel nécessaire pour la production de bois de qualité en système agrosylvicole dans la région du Rocher-Percé. Sa plantation n'est pas recommandée. La maladie hollandaise de l'orme n'a pas été constatée, mais demeure une préoccupation. Le suivi des arbres déjà plantés devrait être poursuivi.

Pin blanc



Portrait de la performance des pins blancs plantés dans les systèmes de première génération

Cette section présente les données recueillies sur les pins blancs des systèmes de première génération. Les pourcentages de survie et les fréquences de broutage et de rongement sont présentés au Tableau PIB-1. La hauteur, le diamètre au collet, les accroissements annuels en hauteur (AAMH) et en diamètre au collet (AAMDHC) ainsi que le ratio hauteur/diamètre au collet (H/DHC) sont présentés au Tableau PIB-2. La répartition en classes de qualité est présentée à la figure PIB-3. Le pourcentage des arbres présentant chaque type de défaut est illustré à la figure PIB-4. Les résultats sont présentés selon les codes établis dans la section *Présentation et interprétation des résultats*.

Tableau PIB-1 : Pourcentage de survie et fréquences des arbres affectés par le broutage, par le rongement et par la rouille vésiculeuse pour les pins blancs des systèmes de première génération.

	T1	F1	TF1
Pourcentage de survie (%)	92		
Fréquence des arbres affectés par le broutage (%)	0		
Fréquence des arbres affectés par le rongement (%)	0		
Fréquence de la rouille (%)	31		

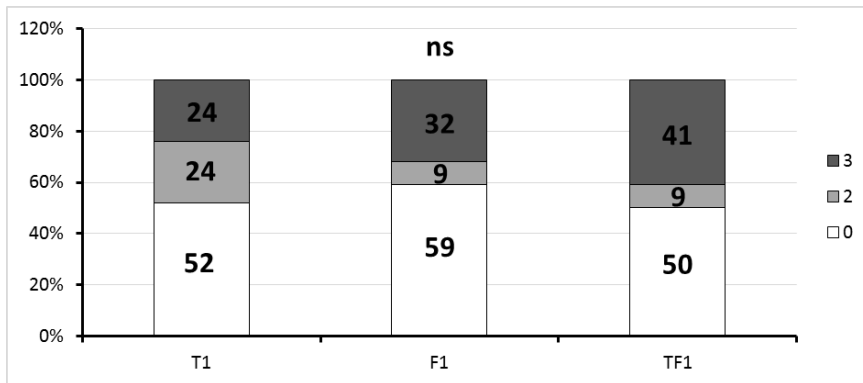
L'effectif total par scénario varie de 35 à 36 individus pour le pourcentage de survie et de 30 à 35 individus pour les fréquences du broutage, du rongement et de la rouille vésiculeuse.

Tableau PIB-2 : Hauteur, diamètre au collet, accroissements annuels moyens en hauteur (AAMH) et en diamètre au collet (AAMDHC) et rapport hauteur/diamètre au collet (H/DHC) pour les pins blancs des systèmes de première génération.

	T1	F1	TF1
Hauteur (cm)	169 ± 9		
Diamètre au collet (cm)	5,9 ± 0,3		
AAMH (cm/an)	24,9 ± 1,6		
AAMDHC (mm/an)	9,7 ± 0,6		
H/DHC	29 ± 1		

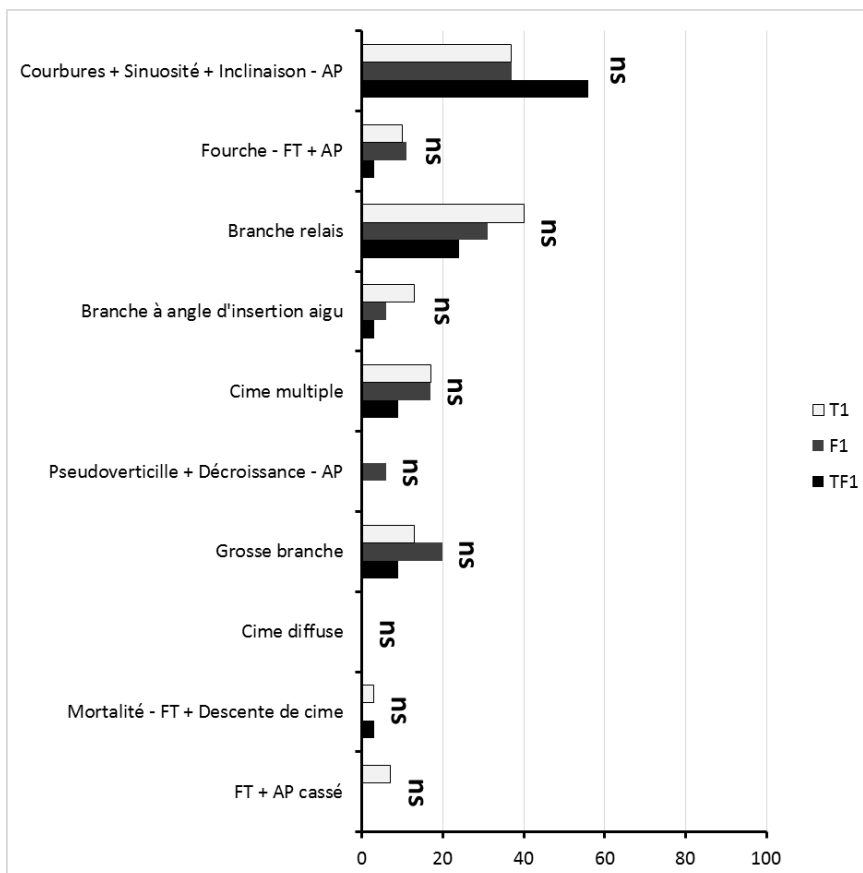
L'effectif total par scénario varie de 30 à 35 individus.

Figure PIB-3 : Répartition des individus en classes de qualité pour chaque scénario (fréquence de la taille de formation) pour les pins blancs des systèmes de première génération.



Les lettres ns indiquent l'absence d'une association statistiquement significative entre la répartition des individus en classes de qualité et les scénarios (fréquence de la taille de formation). Les valeurs de fréquence relative sont indiquées. L'effectif total par scénario varie de 29 à 34 individus.

Figure PIB-4: Pourcentages des arbres présentant les défauts de l'axe principal selon le scénario (fréquence de la taille de formation) pour les pins blancs des systèmes de première génération.



Les lettres ns indiquent une absence d'association entre la présence d'un défaut et la fréquence de la taille de formation. FT : flèche terminale; AP : axe principal. L'effectif total par scénario varie de 30 à 35 individus.

Portrait de la performance des pins blancs plantés dans les systèmes de deuxième génération

Cette section présente les données recueillies sur les pins blancs des systèmes de deuxième génération. Les pourcentages de survie et les fréquences de broutage et de rongement sont présentés au Tableau PIB-5. La hauteur, le diamètre au collet, les accroissements annuels en hauteur (AAMH) et en diamètre au collet (AAMDHC) ainsi que le ratio hauteur/diamètre au collet (H/DHC) sont présentés au Tableau PIB-6. La répartition en classes de qualité est présentée à la figure PIB-7. Le pourcentage des arbres présentant chaque type de défaut est illustré à la figure PIB-8. Les résultats sont présentés selon les codes établis dans la section *Présentation et interprétation des résultats*.

Tableau PIB-5 : Pourcentage de survie et fréquences des arbres affectés par le broutage, par le rongement et par la rouille vésiculeuse pour les pins blancs des systèmes de deuxième génération.

	T2	TF2	TI2
Pourcentage de survie (%)	82		
Fréquence des arbres affectés par le broutage (%)	0		
Fréquence des arbres affectés par le rongement (%)	0		
Fréquence de la rouille (%)	10		

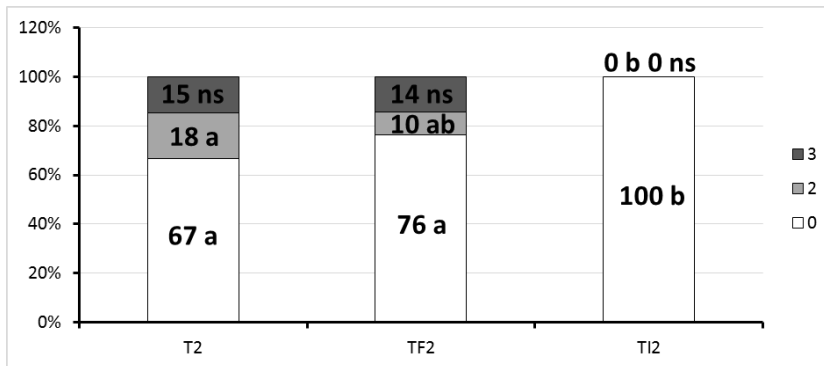
L'effectif total par scénario varie de 27 à 30 individus pour le pourcentage de survie et varie de 21 à 27 individus pour les fréquences de broutage, de rongement et de la rouille vésiculeuse.

Tableau PIB-6 : Hauteur, diamètre au collet, accroissements annuels moyens en hauteur (AAMH) et en diamètre au collet (AAMDHC) et rapport hauteur/diamètre au collet (H/DHC) pour les pins blancs des systèmes de deuxième génération.

	T2	TF2	TI2
Hauteur (cm)	97 ± 9		
Diamètre au collet (cm)	2,6 ± 0,3		
AAMH (cm/an)	18,7 ± 2,5		
AAMDHC (mm/an)	4,6 ± 0,7		
H/DHC	40 ± 2		

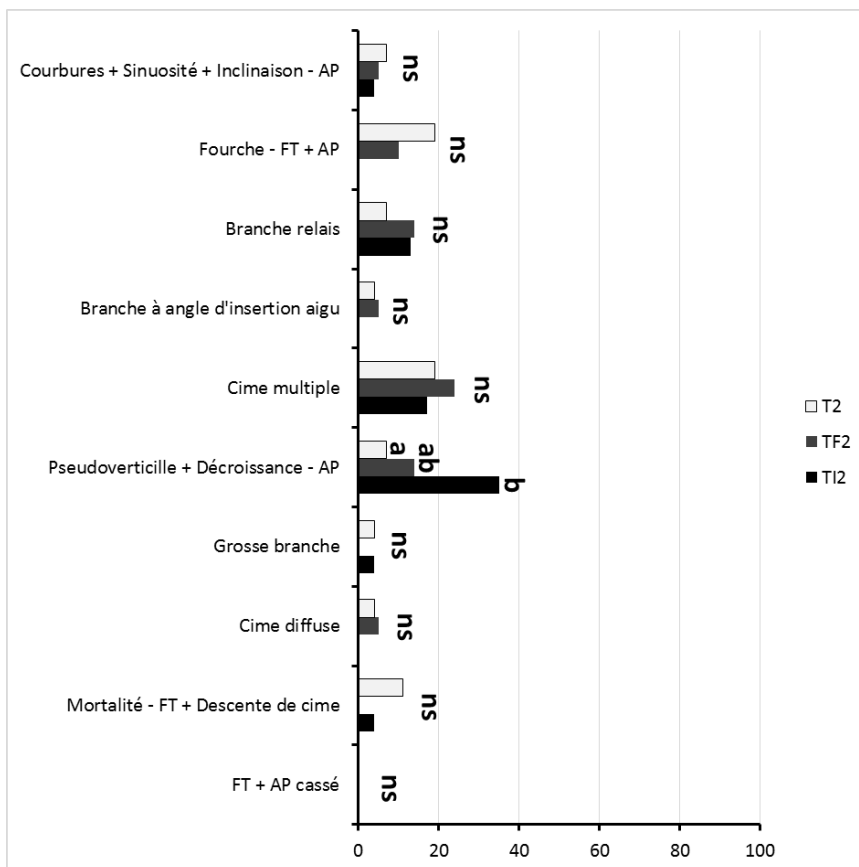
L'effectif total par scénario varie de 21 à 27 individus.

Figure PIB-7 : Répartition des individus en classes de qualité pour chaque scénario (fréquence des entretiens) pour les pins blancs des systèmes de deuxième génération.



Les lettres indiquent la présence (a, b) ou l'absence (ns) d'une différence statistiquement significative entre les scénarios pour la fréquence relative d'une même classe de qualité (lecture horizontale). Elles sont précédées de la valeur de la fréquence relative. La fréquence relative de la classe de qualité 2 de TI2 est comparable à celle de TF2 et est statistiquement inférieure à celle de T2, tandis que la fréquence relative de la classe de qualité 3 est comparable à celles de T2 et TF2.

Figure PIB-8 : Pourcentages des arbres présentant les défauts de l'axe principal selon le scénario (fréquence des entretiens) pour les pins blancs des systèmes de deuxième génération.



Les lettres a et b situées à l'extrémité des histogrammes indiquent la présence d'une différence statistiquement significative entre les scénarios pour la fréquence relative d'un même défaut, tandis que les lettres ns indiquent une absence d'association entre la présence d'un défaut et les scénarios (fréquence des entretiens). FT : flèche terminale; AP : axe principal. L'effectif total par scénario varie de 21 à 27 individus.

Analyse des résultats

Le tableau PIB-9 propose une évaluation synthétique de chacun des scénarios sur la base du portrait établi.

Tableau PIB-9 : Évaluation des résultats obtenus par scénario pour le pin blanc

	T1	F1	TF1	T2	TF2	T12	Critères d'évaluation
Survie	Bon			Inquiétant			– Inquiétant : $S < 85\%$ – Acceptable : $85\% \leq S < 95\%$ – Très bon : $S \geq 95\%$
Rouille	Inquiétant			Acceptable			– Inquiétant : $R \geq 30\%$ – Acceptable : $15\% \leq R < 30\%$ – Très bon : $R < 15\%$
AAMH	Inquiétant			Inquiétant			Croissance attendue (arbre établi) : – 30 à 45 cm/an (Lupien, 2008) – 55 cm/an (Cogliastro*, 2014) – 30 à 80 cm/an (Rivest*, 2014)
AAMDHC	Très bon			Acceptable			Croissance attendue (arbre établi) : – 5 mm/an et + (Lupien, 2008)
Classes de qualité	Inquiétant			Inquiétant			– Inquiétant : $0 > 30\%$ – Acceptable : $0 \leq 30\%$ – Très bon : $0 \leq 30\%$ et $(2+3) \geq 50\%$
Fréquence des défauts	Acceptable			Très bon			Pourcentage des arbres présentant des problèmes de courbures, de sinuosité ou d'inclinaison (CSI): – Inquiétant : $CSI > 60\%$ – Acceptable : $30\% < CSI \leq 60\%$ – Très bon : $CSI \leq 30\%$

* Communication personnelle.

Plusieurs faits saillants méritent d'être soulignés :

- Le pourcentage d'arbres associés à la classe de qualité 0 est très important ($\geq 50\%$) pour les deux générations de systèmes (PIB-3 et PIB-7). Il est important de souligner que la rouille a été prise en compte dans cette évaluation et qu'un arbre affecté a reçu la classe de qualité 0 de façon systématique.
- La fréquence de la rouille vésiculeuse du pin blanc est marquée pour les arbres des systèmes de première génération (PIB-1).
- La croissance est faible pour les arbres des systèmes de deuxième génération (PIB-6).

Bilan sur le pin blanc

Selon les résultats obtenus dans cette étude, le pin blanc ne présente pas le potentiel nécessaire pour la production de bois de qualité en système agrosylvicole dans la région du Rocher-Percé. La présence de la rouille est un problème majeur. La plantation de cette essence n'est pas recommandée. Le suivi des arbres présentant une bonne croissance et qui ne sont pas affectés par la rouille est souhaitable.

Pin rouge



Portrait de la performance des pins rouges plantés dans les systèmes de deuxième génération

Cette section présente les données recueillies sur les pins rouges des systèmes de deuxième génération. Les pourcentages de survie et les fréquences de broutage et de rongement sont présentés au Tableau PIB-1. La hauteur, le diamètre au collet, les accroissements annuels en hauteur (AAMH) et en diamètre au collet (AAMDHC) ainsi que le ratio hauteur/diamètre au collet (H/DHC) sont présentés au Tableau PIB-2. La répartition en classes de qualité est présentée à la figure PIB-3. Le pourcentage des arbres présentant chaque type de défaut est illustré à la figure PIB-4. Les résultats sont présentés selon les codes établis dans la section *Présentation et interprétation des résultats*.

Tableau PIR-1: Pourcentage de survie et fréquences des arbres affectés par le broutage et par le rongement pour les pins rouges des systèmes de deuxième génération.

	T2	TF2	TI2
Pourcentage de survie (%)	80		
Fréquence des arbres affectés par le broutage (%)	0		
Fréquence des arbres affectés par le rongement (%)	0		

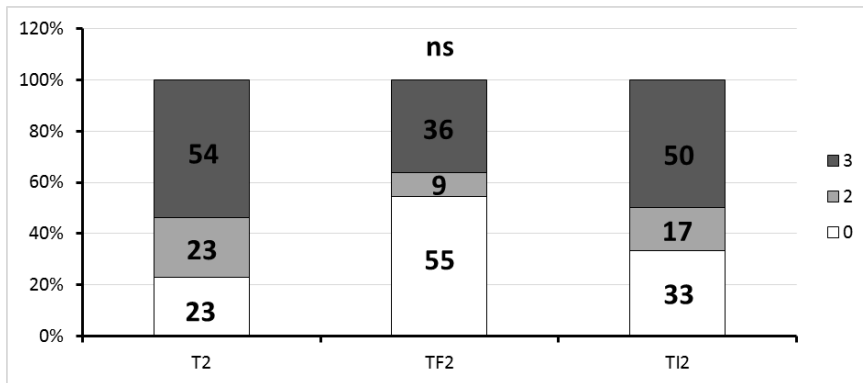
L'effectif total par scénario est de 15 individus pour le pourcentage de survie et varie de 11 à 13 individus pour les fréquences de broutage et de rongement.

Tableau PIR-2 : Hauteur, diamètre au collet, accroissements annuels moyens en hauteur (AAMH) et en diamètre au collet (AAMDHC) et rapport hauteur/diamètre au collet (H/DHC) pour les pins rouges des systèmes de deuxième génération.

	T2	TF2	TI2
Hauteur (cm)	116 ± 12		
Diamètre au collet (cm)	3,2 ± 0,4		
AAMH (cm/an)	25,2 ± 3,6		
AAMDHC (mm/an)	6,8 ± 1,3		
H/DHC	39 ± 3		

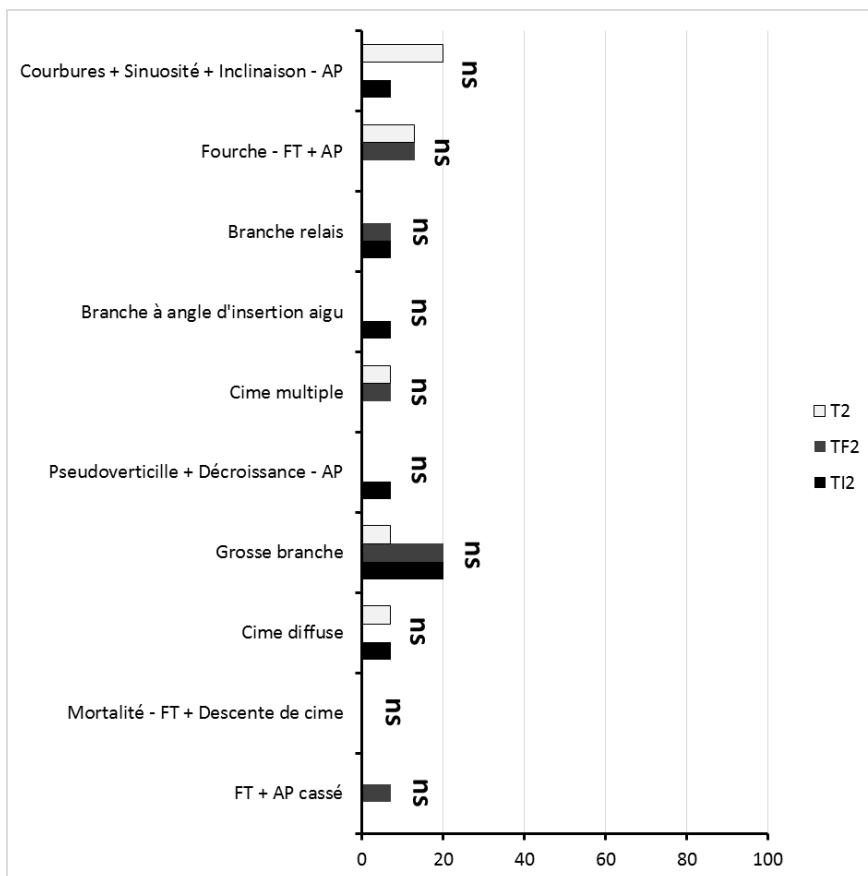
L'effectif total par scénario varie de 11 à 13 individus.

Figure PIR-3 : Répartition des individus en classes de qualité pour chaque scénario (fréquence des entretiens) pour les pins rouges des systèmes de deuxième génération.



Les lettres ns indiquent l'absence d'une association statistiquement significative entre la répartition des individus en classes de qualité et les scénarios (fréquence des entretiens). Les valeurs de fréquence relative sont indiquées. L'effectif total par scénario varie de 11 à 13 individus.

Figure PIR-4 : Pourcentages des arbres présentant les défauts de l'axe principal selon le scénario (fréquence des entretiens) pour les pins rouges des systèmes de deuxième génération.



Les lettres ns indiquent une absence d'association entre la présence d'un défaut et les scénarios (fréquence des entretiens). FT : flèche terminale; AP : axe principal. L'effectif total par scénario est de 15 individus.

Analyse des résultats

Le tableau PIR-5 propose une évaluation synthétique de chacun des scénarios sur la base du portrait établi.

Tableau PIR-5 : Évaluation des résultats obtenus par scénario pour le pin rouge

	T2	TF2	T12	Critères d'évaluation
Survie	Inquiétant			– Inquiétant : $S < 85\%$ – Acceptable : $85\% \leq S < 95\%$ – Très bon : $S \geq 95\%$
AAMH	Inquiétant / Acceptable *			Croissance attendue (arbre établi) : – 30 à 50 cm/an et + (Lupien, 2008) – 30 à 80 cm/an (Rivest**, 2014)
AAMDHC	Acceptable			Croissance attendue (arbre établi) : – 6 mm/an et + (Lupien, 2008)
Classes de qualité	Très bon	Inquiétant	Inquiétant / Très bon *	– Inquiétant : $0 > 30\%$ – Acceptable : $0 \leq 30\%$ – Très bon : $0 \leq 30\%$ et $(2+3) \geq 50\%$
Fréquence des défauts	Très bon			Pourcentage des arbres présentant des problèmes de courbures, de sinuosité ou d'inclinaison (CSI): – Inquiétant : $CSI > 60\%$ – Acceptable : $30\% < CSI \leq 60\%$ – Très bon : $CSI \leq 30\%$

*Afin de ne pas influencer de façon trop radicale l'interprétation des résultats, deux codes ont parfois été utilisés, lorsque les résultats étaient très proches des valeurs-seuils; ** Communication personnelle.

Plusieurs faits saillants méritent d'être soulignés :

- Le taux de survie se situe en deçà des attentes (PIR-1).
- La croissance des pins rouges est légèrement inférieure aux croissances attendues dans de bonnes conditions au Québec (PIR-2).
- Le pourcentage important des arbres associés à la classe de qualité 0 pour le scénario TF2 (PIR-3) est particulièrement inquiétant
- Les arbres présentent généralement peu de défauts (PIR-4).
- La fréquence des entretiens n'influence pas la croissance (PIR-2). Le scénario sans entretien (T2) est celui qui présente le plus grand pourcentage d'arbres à bon potentiel, bien que les analyses statistiques ne révèlent pas d'association statistiquement significative entre la répartition des individus en classes de qualité et les scénarios (PIR-3).
- Sur le terrain, la perte du bourgeon terminal ou la casse de la flèche terminale ont été observées à plusieurs reprises.

Bilan sur le pin rouge

Selon les résultats obtenus dans cette étude, le pin rouge présente un faible potentiel pour la production de bois de qualité en système agrosylvicole dans la région du Rocher-Percé. Sa plantation à plus grande échelle n'est pas recommandée. Les facteurs influençant la survie et la croissance de l'essence devraient être mieux cernés.

Pour cette essence, un scénario sylvicole sans intervention (T2) semble donner les meilleurs résultats durant les premières années suivant l'implantation.

Mélèze hybride



Portrait de la performance des mélèzes hybrides plantés dans les systèmes de deuxième génération

Cette section présente les données recueillies sur les mélèzes hybrides des systèmes de deuxième génération. Les pourcentages de survie et les fréquences de broutage et de rongement sont présentés au Tableau MEH-1. La hauteur, le diamètre au collet, les accroissements annuels en hauteur (AAMH) et en diamètre au collet (AAMDHC) ainsi que le ratio hauteur/diamètre au collet (H/DHC) sont présentés au Tableau MEH-2. La répartition en classes de qualité est présentée à la figure MEH-3. Le pourcentage des arbres présentant chaque type de défaut est illustré à la figure MEH-4. Les résultats sont présentés selon les codes établis dans la section *Présentation et interprétation des résultats*.

Tableau MEH-1: Pourcentage de survie et fréquences des arbres affectés par le broutage et par le rongement pour les mélèzes hybrides des systèmes de deuxième génération.

	T2	TF2	TI2
Pourcentage de survie (%)	91		
Fréquence des arbres affectés par le broutage (%)	0		
Fréquence des arbres affectés par le rongement (%)	0		

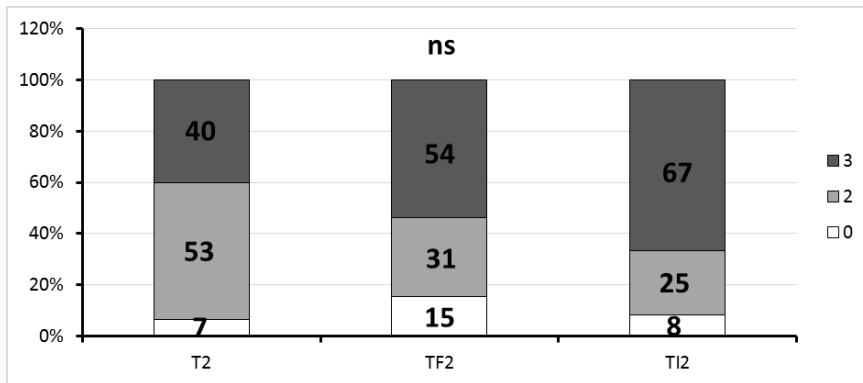
L'effectif total par scénario varie de 14 à 15 individus pour le pourcentage de survie et de 12 à 15 individus pour les fréquences de broutage et de rongement.

Tableau MEH-2 : Hauteur, diamètre au collet, accroissements annuels moyens en hauteur (AAMH) et en diamètre au collet (AAMDHC) et rapport hauteur/diamètre au collet (H/DHC) pour les mélèzes hybrides des systèmes de deuxième génération.

	T2	TF2	TI2
Hauteur (cm)	186 ± 24		
Diamètre au collet (cm)	3,6 ± 0,5		
AAMH (cm/an)	44,6 ± 7,3		
AAMDHC (mm/an)	9 ± 1,6		
H/DHC	55 ± 5		

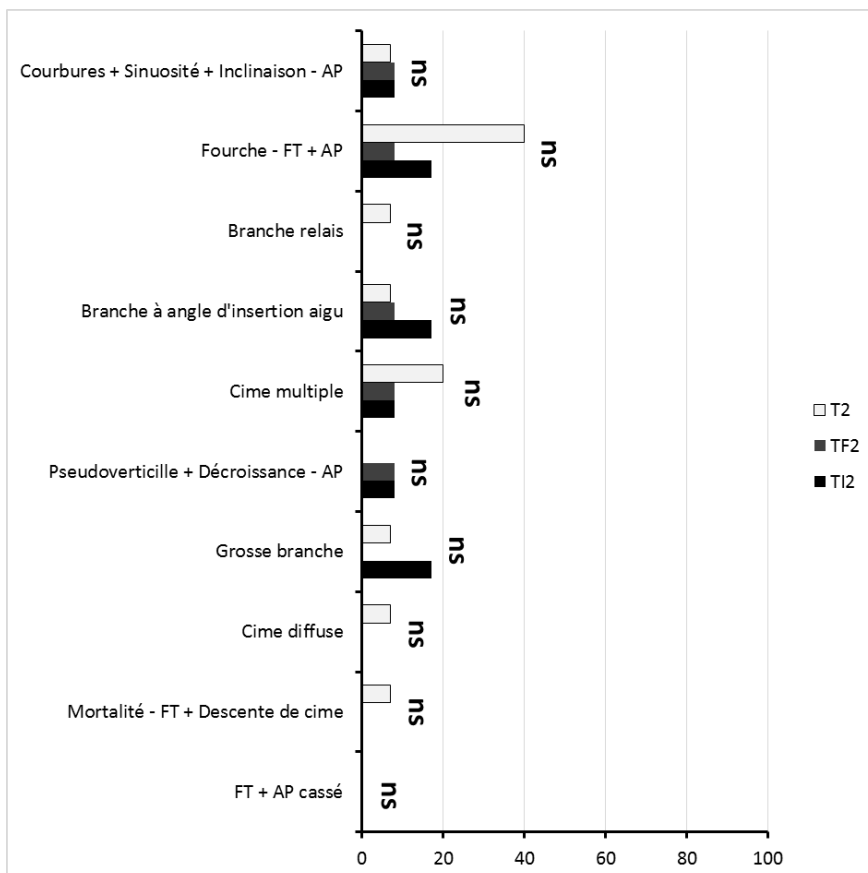
L'effectif total par scénario varie de 12 à 15 individus.

Figure MEH-3 : Répartition des individus en classes de qualité pour chaque scénario (fréquence des entretiens) pour les mélèzes hybrides des systèmes de deuxième génération.



Les lettres ns indiquent l'absence d'une association statistiquement significative entre la répartition des individus en classes de qualité – expert et les scénarios (fréquence des entretiens). Les valeurs de fréquence relative sont indiquées. L'effectif total par scénario varie de 12 à 15 individus.

Figure MEH-4 : Pourcentages des arbres présentant les défauts de l'axe principal selon le scénario (fréquence des entretiens) pour les mélèzes hybrides des systèmes de deuxième génération.



Les lettres ns indiquent une absence d'association entre la présence d'un défaut et les scénarios (fréquence des entretiens). FT : flèche terminale; AP : axe principal. L'effectif total par scénario varie de 12 à 15 individus.

Analyse des résultats

Le tableau MEH-5 propose une évaluation synthétique de chacun des scénarios sur la base du portrait établi.

Tableau MEH-5 : Évaluation des résultats obtenus par scénario pour le mélèze hybride

	T2	TF2	T12	Critères d'évaluation
Survie	Acceptable			– Inquiétant : $S < 85\%$ – Acceptable : $85\% \leq S < 95\%$ – Très bon : $S \geq 95\%$
AAMH	Inquiétant / Acceptable *			Croissance attendue (arbre établi) : – 90 cm/an (Cogliastro**, 2014) – 50 à 130 cm/an (Rivest**, 2014)
Classes de qualité	Très bon			– Inquiétant : $0 > 30\%$ – Acceptable : $0 \leq 30\%$ – Très bon : $0 \leq 30\%$ et $(2+3) \geq 50\%$
Fréquence des défauts	Très bon			Pourcentage des arbres présentant des problèmes de courbures, de sinuosité ou d'inclinaison (CSI): – Inquiétant : $CSI > 60\%$ – Acceptable : $30\% < CSI \leq 60\%$ – Très bon : $CSI \leq 30\%$

* Afin de ne pas influencer de façon trop radicale l'interprétation des résultats, deux codes ont parfois été utilisés lorsque les résultats étaient très proches des valeurs-seuils; ** Communication personnelle.

Plusieurs faits saillants méritent d'être soulignés :

- La croissance des mélèzes hybrides est inférieure aux croissances attendues dans de bonnes conditions au Québec (MEH-2).
- Le pourcentage d'arbres présentant un bon potentiel (classes de qualité 2 et 3) est élevé pour les trois scénarios (MEH-3). Toutefois, l'augmentation de la fréquence des entretiens semble s'accompagner d'un pourcentage plus important d'arbres accédant à la classe de qualité 3, bien qu'il n'y ait pas d'association statistiquement significative entre la répartition des individus en classes de qualité et les scénarios. Parallèlement, les fourches de l'axe principal pour les individus ne bénéficiant d'aucun entretien (scénario T2) semblent plus fréquentes (MEH-4).

Bilan sur le mélèze hybride

Selon les résultats obtenus dans cette étude, le mélèze hybride présente un potentiel modéré pour la production de bois de qualité en système agrosylvicole dans la région du Rocher-Percé. Ce potentiel devrait toutefois être confirmé par un prochain suivi avant d'entreprendre des plantations à plus grande échelle. La croissance de l'essence devra notamment être validée.

Pour cette essence, un scénario sylvicole avec une fréquence d'entretien élevée (T12) semble donner les meilleurs résultats en permettant l'élimination des fourches susceptibles de nuire à la formation d'une bille de qualité.

Annexe I – Définitions des défauts notés lors des suivis

Les défauts suivants ont été relevés lors du suivi réalisé après cinq ou six saisons de croissance. Certains de ces défauts peuvent être corrigés par une taille de formation, alors que d'autres semblent être définitifs.

- ⇒ **Flèche terminale cassée** : lorsqu'une flèche terminale est brisée ou endommagée et ne pourra pas constituer l'axe principal de l'arbre.
- ⇒ **Flèche terminale morte** : lorsqu'une flèche terminale est morte ou que le bourgeon terminal est mort.
- ⇒ **Fourche**: (doit comprendre tous les critères) :
 1. Grosse branche;
 2. Qui divise l'axe principal en deux;
 3. Qui compromet sa rectitude.Cette fourche peut avoir deux axes équivalents (égale avec la cime) ou un axe dominant l'autre (dépasse la cime)
- ⇒ **Fourche de la flèche terminale** : lorsqu'une flèche terminale se divise en deux axes secondaires.
- ⇒ **Fourche de l'axe principal** : lorsque l'axe principal se divise en deux axes secondaires.
- ⇒ **Cime multiple** : plus de deux branches primaires constituent la cime de l'arbre. Elles se retrouvent à la cime au même niveau (dans un intervalle de 10 % de la hauteur de la branche la plus haute).
- ⇒ **Cime diffuse** : cime multiple sans dominance apicale marquée. Même si une branche peut se redresser, la rectitude de l'axe principal est compromise.
- ⇒ **Descente de cime** : développement de gourmands sur l'axe principal, alors que la cime se dessèche. (évalué à partir du stade gaulis).
- ⇒ **Branche plongeante (angle d'insertion aigu)** : branche à angle d'insertion fermé (< 30°). Cette situation donnera un nœud plongeant et éventuellement une inclusion d'écorce, avec un risque élevé de casse. Cette branche peut ou non être une grosse branche.
- ⇒ **Grosse branche** : branche dont le diamètre est équivalent ou supérieur à 50 % à celui de l'axe principal à son point d'insertion.
- ⇒ **Pseudo-verticille** : plus de trois branches primaires très rapprochées sur un intervalle de 10 cm et moins sur l'axe principal.

- ⇒ **Branche-relais** : branche qui prend le relais d'un bourgeon terminal avorté, d'une flèche terminale ou d'un axe principal cassé ou en perte de vigueur. Également appelé baïonnette.

- ⇒ **Moignon ou branche cassée** :
 - Moignon :
Branche sans feuillage et sans vie sur toute sa longueur jusqu'au point d'insertion. Cette branche semble morte, lorsqu'elle est grattée avec l'ongle. Le moignon a la même définition que la branche morte, mais est plus court que celle-ci, tout en dépassant du bourrelet cicatriciel. Règle générale : on indique ce défaut, lorsqu'on juge qu'il devrait être retiré lors d'une taille de formation ou d'un élagage.

 - Branche cassée :
Cette branche peut être cassée en partie ou en totalité et peut avoir blessé l'axe principal à son point d'insertion. Elle est considérée comme branche cassée, si elle est toujours présente sur l'axe principal, même si elle est pendante. Sinon, cela devient une blessure de l'axe principal. Elle peut être morte ou vivante.

- ⇒ **Sinuosité** : axe principal présentant plusieurs courbes (deux ou plus) qui se suivent à l'intérieur d'une même bille, certaines peuvent se corriger avec la croissance en diamètre, formant du bois de réaction ou de compression. Ce défaut ne considère pas la courbure basale.

- ⇒ **Inclinaison** :
 - Arbres de moins de 1,1 cm de dhp = penché de la base à la cime avec un angle d'environ 20°.
 - Arbres de plus de 1,1 cm de dhp = penché de la base à la cime avec un angle d'environ 10°.

- ⇒ **Courbure basale, courbure à grand rayon, courbure supérieure** : déviation de l'axe principal par rapport à l'axe vertical. Cette courbure peut se situer à différents niveaux : courbure à grand rayon (affecte le tronc de l'arbre entre le pied et la cime), courbure basale (affecte la base (pied) de l'arbre) ou courbure supérieure (affecte la cime de l'arbre).

- ⇒ **Décroissance** : diminution de 50 % et plus du diamètre de l'axe principal, depuis le bas vers le haut, fréquemment rencontrée après l'insertion de grosses branches.

- ⇒ **Axe principal cassé** : bris dans le tiers inférieur de l'arbre.

- ⇒ **Éraflure/blessure à l'axe principal** : perforation plus ou moins grande de l'écorce jusqu'à l'aubier sur la portion comprise dans le tiers inférieur de l'axe principal. Ex. : blessure causée par la machinerie, branche qui en tombant va arracher l'écorce à son point d'insertion, etc.

Bibliographie

- Alain, D., Brochu, M.-A., Desnoyer, S., Dumais, M., Landry, G. et Vaillancourt, P. 2013. Classification des tiges feuillues : normes techniques. Québec, Ministère des Ressources naturelles du Québec, Secteur des forêts, Direction des inventaires forestiers. 98 p.
- Anel, B. 2009. De la multifonctionnalité de l'agriculture à l'agroforesterie : le projet de mise en valeur de l'espace rural de la MRC du Rocher-Percé (février 2005 - août 2009). Réalisations et réflexions. Centre local de développement (CLD) du Rocher Percé. 83 p.
- Balandier, P. 1997. A method to evaluate needs and efficiency of formative pruning of fast-growing broad-leaved trees and results of an annual pruning. *Can. J. For. Res.* 27(6): 809-816.
- Balleux, P. et Lambert J.-Y. 2002. Taille de formation et d'élagage : manuel pratique. Ministère de la Région wallonne, Direction générale des Ressources naturelles et de l'Environnement, Division de la Nature et des Forêts. 67 p.
- Balleux, P. et Van Lerberghe, P. 2006. Guide technique pour des travaux forestiers de qualité. Ministère de la Région wallonne, Direction générale des Ressources naturelles et de l'Environnement, Division de la Nature et des Forêts. Fiche technique n°17. 375 p.
- Belli, K.L., Land, S.B. et Duzan, H.W. 1997. A tree quality scoring system for immature loblolly pine. *South. J. Appl. For.* 21(1):24-27.
- Berger, J.-P. et Blouin, J. 2004. Guide de reconnaissance des types écologiques des régions écologiques 4g – Côte de la baie des Chaleur et 4h – Côte gaspésienne. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Forêt Québec, Direction des inventaires forestiers, Division de la classification écologique et productivité des stations. 182 p.
- Cogliastro, A., Gagnon, D. et Bouchard, A. 1997. Experimental determination of soil characteristics optimal for the growth of ten hardwoods planted on abandoned farmland. *Forest Ecol. Manag.* 96(1-2): 49-63.
- Dupraz, C. et Liagre, F. 2008. Agroforesterie. Des arbres et des cultures. Éditions France agricole. 413 p.
- Grace-Martin, K. When the Hessian Matrix goes Wacky [Internet]. [date inconnue]. Brooktondale (NY): The Analysis Factor; [page Web consultée en juin 2014]. Disponible de : <http://www.theanalysisfactor.com/wacky-hessian-matrix/>
- Hébert, J., Herman, M. et Jourez, B. 2002. Sylviculture et qualité du bois de l'épicéa en Région wallonne. asbl Forêt Wallonne. 157 p.
- Hubert, M. et Courraud, R. 2002. Élagage et taille de formation des arbres forestiers. 3e édition. Institut pour le Développement Forestier. 282 p.
- Lupien, P. 2008. Conduites sylvicoles dans les zones feuillues et mixtes du Québec. Guide d'accompagnement. Fonds d'information de recherche et de développement de la forêt privée mauricienne (FIRDFPM). Syndicat des producteurs de bois de la Mauricie. Trois-Rivières. 364 p.

Macdonald, E., Mochan, S. et Connolly, T. 2009. Validation of a stem straightness scoring system for Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.). *Forestry*, 82(4): 419-429.

Malenfant, A. et collaborateurs. 2006. Suivi des plantations feuillues de la Gaspésie, de 1980 à aujourd'hui. Fédération des groupements forestiers de la Gaspésie, New Richmond. 103 p.

SAVOIR | FAIRE SAVOIR



Consortium en foresterie
Gaspésie—Les-Îles

37, rue Chrétien, bureau Z-3, C. P. 5 Gaspé (Québec) G4X 1E1 Tél.: 418.368-5166 ou 1 866.361.5166 Téléc.: 418.368.0511

mieuxconnaitrelaforet.ca

