



CRÉ CONFÉRENCE RÉGIONALE DES ÉLUS
SAGUENAY-LAC-SAINT-JEAN

**INVENTAIRE FORESTIER DANS DES PLANTATIONS
D'ÉPINETTE BLANCHE DANS LA RÉGION DU
SAGUENAY-LAC-SAINT-JEAN**

RÉSULTATS

Février 2016

Recherche et rédaction

Mélanie Bouchard, M. Sc., biologiste

En collaboration avec

Isabelle Delisle, M. Sc., biologiste
Aldé Gauthier, ing. forestier, CRÉ-02
Diane Larose, ing. forestier, MFFP-02
Daniel Villemure, ing. forestier, MFFP-02

Révision linguistique

Isabelle Delisle, M. Sc., biologiste

Comité de lecture

Sylvain Chouinard, ing. forestier, BFEC
Caroline Couture, ing. forestier, BFEC
Isabelle Delisle, M. Sc., biologiste
Marc Dubé, ing. forestier, CRÉ-02
Aldé Gauthier, ing. forestier, CRÉ-02
Diane Larose, ing. forestier, MFFP-02
Daniel Villemure, ing. forestier, MFFP-02

Résumé

Au cours de l'automne 2014, la Conférence régionale des élus et le Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs de la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean ont initié un projet d'inventaire forestier de 54 placettes-échantillons dans des plantations d'épinette blanche de plus de 15 ans dans la région. L'objectif de cet inventaire est de produire un bilan régional du rendement des plantations d'épinette blanche et de transmettre les données au bureau du forestier en chef afin de préciser les courbes de rendement attribuées à ces plantations en fonction du rendement réel mesuré. Les informations obtenues révèlent que la région 02 a 20 223 ha de son territoire public reboisés en épinette blanche et que 18 351 ha de ces plantations sont situés dans le domaine bioclimatique de la sapinière et 1 872 ha en pessière. Les IQS calculés à 25 ans des plantations échantillonnées sont comparables, pour un même type de végétation potentielle, aux IQS présentés par le BFEC dans le MDPF, où les valeurs d'IQS à 25 ans incluent un gain en hauteur de 5 % attribuable à l'amélioration génétique. Selon la valeur de la surface terrière marchande, les plantations ne sont pas, pour l'instant, admissibles à un traitement d'éclaircie commerciale. Les plantations échantillonnées ont une surface terrière moyenne marchande de 12,1 m²/ha et un volume moyen marchand de 38 m³/ha. La majorité des plantations sondées, soit 75 %, ont été traitées en EPC. La proportion de tiges reboisées éclaircies et non éclaircies est semblable, soit 48 % de tiges éclaircies et 52 % de tiges non éclaircies. Aussi, 71 % des plantations sondées dans la région ne montrent pas de signes d'infestation par la TBE et aucune n'est atteinte sévèrement. La densité totale moyenne est de 2624 tiges/ha, avec 1536 tiges reboisées/ha et 1088 tiges naturelles/ha. Les tiges reboisées marchandes ont un DHP moyen de 12,6 cm et une hauteur moyenne de 9,1 m, valeurs qui sont comparables à celles des tiges naturelles marchandes qui ont un DHP moyen de 13,2 cm et une hauteur moyenne de 9,8 m. La contribution du volume marchand des tiges naturelles au rendement des plantations d'épinette blanche est non négligeable. Effectivement, les tiges naturelles marchandes apportent un gain de 59 % au volume marchand des arbres reboisés. Dans la composition des essences naturelles, les essences résineuses dominent le peuplement en représentant 63 % des tiges naturelles. Le DHP des gaules est situé en grande majorité dans la classe de DHP 2 (58%) et de DHP 4 (26 %.). Les tiges naturelles marchandes sont réparties à 94 % dans les classes de DHP 10 à 18 et 6 % dans les classes de 20 à 32.

Table des matières

Résumé	iii
Liste des tableaux	v
Liste des figures	vi
1. Mise en contexte	1
1.1. Contexte	1
1.2. Objectifs du projet	1
1.3. Portrait des plantations d'épinette blanche	2
1.4. Portrait des superficies affectées par l'épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette dans la région 02	4
2. Réalisation de l'inventaire forestier	5
2.1. Sélection des plantations	5
2.2. Localisation de la placette échantillon et variables mesurées	8
2.3. Estimation du volume des arbres reboisés	9
2.4. Estimation du volume des arbres naturels	10
3. Résultats	11
3.1. Portrait général	11
3.2. Comparaison entre les tiges reboisées et les tiges naturelles	17
3.3. Informations générales sur les tiges naturelles	22
3.4. IQS des plantations d'épinette blanche	24
4. Conclusion	26
5. Références	28

Liste des tableaux

- Tableau 1.** Répartition des superficies reboisées en épinette blanche dans la région 02 selon le domaine bioclimatique et la végétation potentielle. _____ 3
- Tableau 2.** Répartition des superficies touchées en 2014 par l'épidémie de TBE au Saguenay-Lac-Saint-Jean selon l'unité d'aménagement et la classe de défoliation. _____ 5
- Tableau 3.** Répartition des plantations d'épinette blanche selon la végétation potentiel dans les différentes unités d'aménagement de la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean. _____ 8
- Tableau 4.** Statistiques descriptives des arbres reboisés selon la végétation potentielle et la classe d'âge dans les plantations d'épinette blanche. _____ 11
- Tableau 5.** Statistiques descriptives des arbres reboisés selon la valeur d'IQS à 25 ans dans les plantations d'épinette blanche. _____ 24

Liste des figures

Figure 1. Répartition des superficies reboisées en épinette blanche dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean selon le domaine bioclimatique. _____ 3

Figure 2. Localisation des placettes-échantillons de l'inventaire forestier dans les plantations d'épinette blanche dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean et répartition des foyers d'infestation de la tordeuse des bourgeons de l'épinette selon le niveau de défoliation. _____ 7

Figure 3. Surface terrière moyenne totale des plantations d'épinette blanche selon le groupe d'âge et le type de végétation potentielle. (RE2 n = 9; RS2 n = 11; MS2 n = 12; MS1 n = 20). Les barres indiquent l'erreur type. _____ 13

Figure 4. Volume moyen total des plantations d'épinette blanche selon le groupe d'âge et le type de végétation potentielle. (RE2 n = 9; RS2 n = 11; MS2 n = 12; MS1 n = 20). Les barres indiquent l'erreur type. _____ 13

Figure 5. Fréquence des plantations qui ont été traitées en éclaircie précommerciale selon le type de végétation potentielle. (RE2 n = 9; RS2 n = 11; MS2 n = 12; MS1 n = 20). _____ 14

Figure 6. Fréquence des tiges reboisées éclaircies et non éclaircies selon le type de végétation potentielle. (RE2 n = 9; RS2 n = 11; MS2 n = 12; MS1 n = 20). _____ 15

Figure 7. Plantations affectées par la TBE selon l'indice de défoliation et le type de végétation potentielle. Abréviations : 0 = nulle (0 %), 1 = présence (1-25 %), 2 = faible (26-50 %), 3 = moyenne (51-75 %) et 4 = sévère (76-100 %). (RE2 n = 9; RS2 n = 11; MS2 n = 12; MS1 n = 20). _____ 16

Figure 8. Densité moyenne des tiges reboisées totales, des tiges naturelles résineuses totales et des tiges naturelles feuillues totales selon le type de végétation potentielle. (RE2 n = 9; RS2 n = 11; MS2 n = 12; MS1 n = 20). Les barres indiquent l'erreur type. _____ 18

Figure 9. Densité moyenne marchande des tiges reboisées, des tiges naturelles résineuses et des tiges naturelles feuillues selon le type de végétation potentielle. (RE2 n = 9; RS2 n = 11; MS2 n = 12; MS1 n = 20). Les barres indiquent l'erreur type. _____ 18

Figure 10. DHP marchand moyen des tiges reboisées et des tiges naturelles selon le type de végétation potentielle. (RE2 n = 95; RS2 n = 113; MS2 n = 114; MS1 n = 562). Les barres indiquent l'erreur type. _____ 19

Figure 11. Hauteur marchande moyenne des tiges reboisées et des tiges naturelles selon le type de végétation potentielle. (RE2 n = 95; RS2 n = 113; MS2 n = 114; MS1 n = 562). Les barres indiquent l'erreur type. _____ 20

Figure 12. Volume marchand moyen des tiges reboisées et des tiges totales, soit reboisées et naturelles, selon le type de végétation potentielle. (RE2 n = 9; RS2 n = 11; MS2 n = 12; MS1 n = 20). Les barres indiquent l'erreur type. _____ 21

Figure 13. Composition en essence des arbres naturels résineux et feuillus dans les plantations d'épinette blanche selon le type de végétation potentielle. (RE2 n = 9; RS2 n = 11; MS2 n = 12; MS1 n = 20). Abréviations : EPN = épinette noire, PIG = pin gris, EPB = épinette blanche, SAB = sapin baumier, PET = peuplier faux-tremble, BOP = bouleau blanc, BOJ = bouleau jaune et ERR = érable rouge. _____ 22

Figure 14. Distribution des classes de DHP des gaules naturelles selon le type de végétation potentielle. (RE2 n = 144; RS2 n = 148; MS2 n = 278; MS1 n = 153). _____ 23

Figure 15. Distribution des classes de DHP des tiges naturelles marchandes selon le type de végétation potentielle. (RE2 n = 67; RS2 n = 82; MS2 n = 61; MS1 n = 199). _____ 23

Figure 16. Distribution des IQS des plantations d'épinette blanche selon les types de végétation potentielle. (RE2 n = 9; RS2 n = 11; MS2 n = 12; MS1 n = 20). _____ 25

1. Mise en contexte

1.1. Contexte

L'élaboration de la stratégie d'aménagement forestier est faite en interaction avec le calcul des possibilités forestières. En projetant les effets à long terme des éléments de la stratégie d'aménagement sur différents attributs forestiers, il est possible d'identifier les stratégies les plus efficaces pour répondre aux objectifs fixés. Par exemple, les résultats de l'étude portant sur le rendement anticipé des plantations d'épinette noire et de pin gris de la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean (ci-après région 02) (Krause *et al.* 2013) ont permis de préciser les rendements régionaux dans la détermination des possibilités forestières, en plus d'alimenter la Direction générale de la région 02 (ci-après DGR-02) du Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (ci-après MFFP) dans l'élaboration de sa stratégie d'aménagement. Présentement, la DGR-02 possède très peu de connaissances sur la productivité des plantations d'épinette blanche sur son territoire et aucune donnée régionale n'est utilisée pour déterminer leur rendement dans le calcul des possibilités forestières.

1.2. Objectifs du projet

Pour répondre aux manques de connaissances sur le rendement des plantations d'épinette blanche dans la région 02, la Conférence régionale des élus du Saguenay-Lac-Saint-Jean (ci-après CRÉ-02) et la DGR-02, ont initié un projet d'inventaire forestier dans les plantations d'épinette blanche âgées de 15 ans et plus. Ce projet a comme objectif principal de produire un bilan régional du rendement des plantations d'épinette blanche au sein des unités d'aménagement (ci-après UA) de la région 02. Puis, de transmettre les données au bureau du forestier en chef (ci-après BFEC) afin de préciser les courbes de rendement attribuées à ces plantations en fonction du rendement réel mesuré. Le projet a comme second objectif d'évaluer la contribution des arbres naturels au rendement des plantations. Ce bilan fournira des analyses, des constats et des recommandations pour la planification future des plantations d'épinette blanche.

1.3. *Portrait des plantations d'épinette blanche*

Un programme d'amélioration génétique pour l'épinette blanche a été instauré à la fin des années 1960 (Stiell, 1985). L'objectif était d'améliorer le rendement des arbres produits à partir de graines provenant de la régénération naturelle. Ainsi, l'approvisionnement en semences et en semis de qualité pouvait être assuré (Corriveau et Vallée, 1981). Suite à l'instauration de ce programme, un réseau de vergers à graines de première génération a été implanté au début des années 1980 à partir des semences améliorées. Actuellement, plus de 85 % du reboisement en épinette blanche est fait à partir de plants génétiquement améliorés. Depuis, deux autres générations de vergers plus performants ont vu le jour. Les gains de croissance obtenus jusqu'à maintenant confirment le potentiel des épinettes blanches améliorées génétiquement pour la sylviculture intensive (Rainville *et al.*, 2003).

Dans la région 02, l'épinette blanche est la 3^e essence la plus reboisée annuellement (MRN, 2013; Prégent, 2010). Selon les plans d'aménagement forestier intégré tactique de la région 02, pour la période 2013-2018, l'épinette blanche représente 4 % des plants reboisés annuellement sur le territoire forestier public. L'objectif, pour cette période, est d'augmenter ce taux de reboisement à 10,8 % annuellement (MRN, 2013).

Sur le territoire public de la région 02, 20 223 ha de forêt ont été reboisés en épinette blanche entre 1975 et 2012¹ (Voir Tableau 1 et Figure 1). La majorité de ses plantations, soit 91 %, est localisée dans le domaine bioclimatique de la sapinière, tandis que 9 % se situent en pessière (Voir Tableau 1). L'épinette blanche a été généralement plantée sur les types de végétation potentielle MS1 (24 %), MS2 (17 %), RS2 (35 %) et RE2 (19 %). Les autres types, MJ, MS6, RS3 et RE3, représentent un faible pourcentage (5 %) des superficies plantées (Voir Tableau 1).

¹ L'information présentée est extraite de la base de données des peuplements écoforestiers du MFFP de la région 02 (2015). Elle comprend les superficies reboisées en épinette blanche sur le territoire public seulement. Les superficies regarnies ne sont pas incluses.

Tableau 1. Superficies reboisées en épinette blanche dans la région 02 selon le domaine bioclimatique et le type de végétation potentielle.²

Végétation potentielle	Pessière (ha)	Sapinière (ha)	Total (ha)	%
RE1	21	39	59	0,3
RE2	699	3 169	3 868	19
RE3	13	101	114	0,6
RS2	1 002	6 007	7 009	35
RS3	1	27	28	0,1
MS1	0	4 883	4 883	24
MS2	101	3 352	3 453	17
MS6	0	75	75	0,4
MJ ³	0	649	649	3
Autres ⁴	36	49	85	0,4
Total	1 872 9%	18 351 91%	20 223	

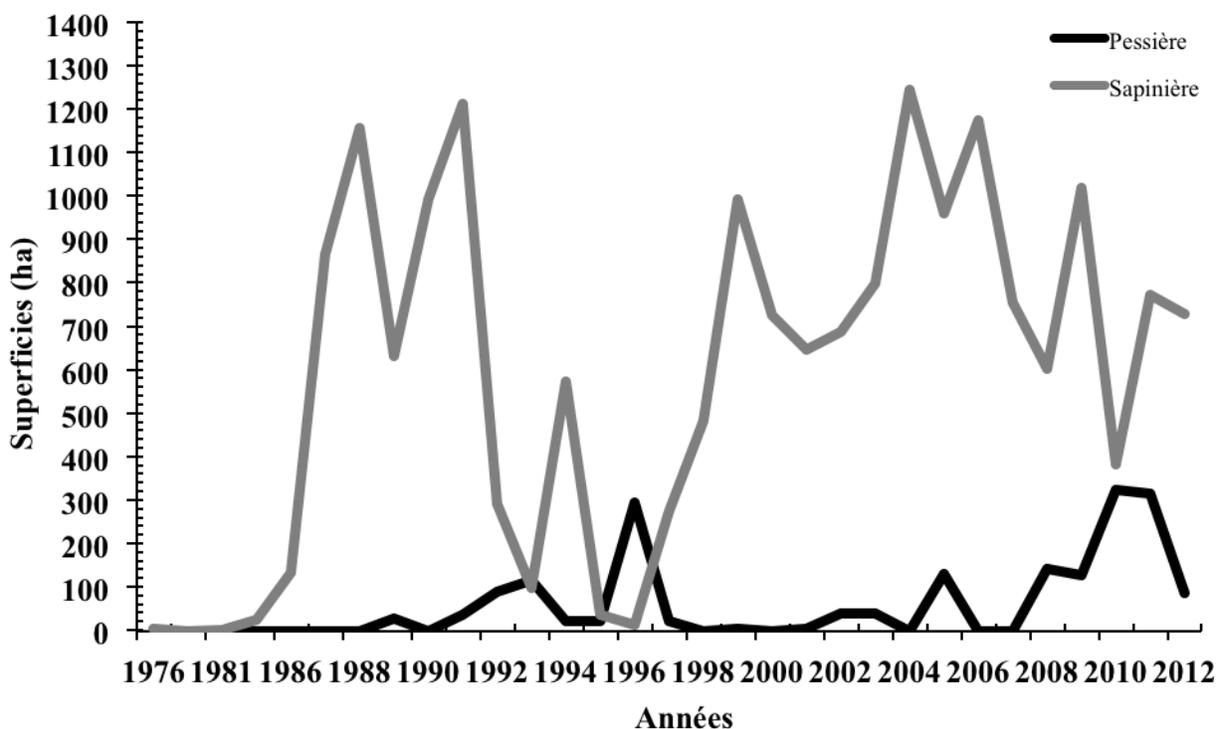


Figure 1. Répartition des superficies reboisées en épinette blanche dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean selon le domaine bioclimatique.¹

2. Les données comprennent les superficies reboisées en territoire public pour la période de 1975 à 2012 inclusivement.

3. Le regroupement de végétation potentielle MJ inclut les types MJ1 et MJ2

4. La catégorie « Autres » comprend les regroupements de végétation potentielle MA, TOB, LA et les indéterminés. Les superficies indéterminées représentent 45 hectares.

1.4. Portrait des superficies affectées par l'épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette dans la région 02

Les invasions cycliques de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (ci-après TBE) dans les forêts de conifères entraînent des pertes économiques importantes pour l'industrie forestière (SOPFIM, 2015 a). Le sapin baumier et l'épinette blanche sont les essences les plus vulnérables à la TBE en raison du synchronisme de débourrement de leurs bourgeons avec le développement des jeunes larves de tordeuse. (Blum et Maclean, 1984; Jardon *et al.*, 2003). Présentement, un nouvel épisode épidémique sévit au Québec et les principales régions affectées sont celles de la Côte-Nord, du Saguenay-Lac-Saint-Jean et de la Gaspésie (SOPFIM, 2015 b). Les superficies affectées par la TBE dans la région 02 ont augmenté de 30 % au cours des cinq dernières années, passant de 73 906 ha en 2009 à 643 103 ha en 2014. Ces superficies affectées sont majoritairement situées dans le secteur du Lac-Saint-Jean. Effectivement, 371 680 ha des superficies du secteur du Lac-Saint-Jean sont affectés, tandis que 47 308 ha le sont dans le secteur du Saguenay (Voir Tableau 2 et Figure 2). Les principaux foyers d'infestation sont localisés au sein des UA 02451 et 02751, où 68 % des superficies affectées y sont répertoriées (Voir Tableau 2 et Figure 2) (MFFP, 2014). Étant donné l'épidémie en cours, la présence de la TBE dans les plantations inventoriées a été évaluée en fonction de l'indice de défoliation général.

Tableau 2. Répartition des superficies affectées par l'épidémie de TBE en 2014 au Saguenay-Lac-Saint-Jean selon l'unité d'aménagement et la classe de défoliation⁵. Abréviations : Légère = perte de feuillage dans le 1/3 supérieur de la cime de quelques arbres, Modéré = perte de feuillage dans la moitié supérieure de la cime de la majorité des arbres, Grave = perte de feuillage sur toute la longueur de la cime de la majorité des arbres.

Secteur	UA	Classe de défoliation ⁶			Total	%
		Légère	Modéré	Grave		
Lac-St-Jean	02251	2414	0	0	2414	0,6
	02451	36 633	31 122	55 619	123 374	29,4
	02452	26 137	9 994	7 646	43 777	10,4
	02551	9 387	12 287	17 090	38 765	9,3
	02751	50 458	46 985	65 908	163 351	39,0
	Sous-total	125 029	100 388	146 263	371 681	88,7
Saguenay	02351	7 780	533	0	8 313	2
	02352	22 075	16 299	621	38 996	9,3
	Sous-total	29 855	16 832	621	47 309	11,3
Total général		154 884	117 220	146 884	418 990	100

2. Réalisation de l'inventaire forestier

Au cours de l'automne 2014, un projet d'inventaire forestier dans des plantations d'épinette blanche de la région 02 a été initié. L'inventaire forestier a été réalisé selon la norme technique d'inventaire forestier des plantations d'épinette blanche au Saguenay-Lac-Saint-Jean (MFFP-DGR02, 2014). Cette norme repose sur les principes d'échantillonnage de la norme d'inventaire forestier de placettes-échantillons temporaires simplifiées de la Direction des inventaires forestiers du MFFP.

2.1. Sélection des plantations

Les plantations sélectionnées sont réparties sur le territoire de la région 02 dans les domaines bioclimatiques de la sapinière à bouleau jaune et de la sapinière à bouleau blanc. Les plantations inventoriées ont été reboisées entre 1986 et le début des années 2000 en épinette

⁵ Les données retrouvées dans ce tableau excluent les territoires forestiers résiduels, les aires protégées et les terres privées.

⁶ Les classes de défoliation suivantes correspondent à la perte de feuillage annuelle dans la cime des arbres. Légère = la perte de feuillage dans le 1/3 supérieur de la cime de quelques arbres. Modérée = la perte de feuillage dans la moitié supérieure de la cime de la majorité des arbres. Grave = la perte de feuillage sur toute la longueur de la cime de la majorité des arbres.

blanche. Au total, 54 plantations d'épinette blanche âgées de 15 ans et plus ont été échantillonnées (Voir Figure 2). La sélection a été réalisée selon un échantillonnage aléatoire simple à partir de la base de données des peuplements écoforestiers du MFFP de la région 02. Seules les plantations accessibles ont été conservées au plan d'échantillonnage.

Les données ont été compilées selon le type de végétation potentielle de la sapinière à bouleau jaune (MS1), de la sapinière à bouleau blanc (MS2), de la sapinière à épinette noire (RS2) et de la pessière noire à mousses ou à éricacées (RE2). Deux placettes ont été exclues, l'une était localisée sur le type de végétation potentielle de la pessière noire à mousses ou à éricacées (RE2) et l'autre sur le type de la pessière noire à sphaigne (RE3). La placette localisée sur RE2 a été exclue en raison de sa très faible croissance et parce que le type de végétation potentielle cartographié (RE2) ne correspondait pas avec celui observé sur le terrain, qui était plutôt associé à une pessière noire à sphaigne (RE3). La deuxième placette, localisée sur RE3, a été exclue de l'analyse, puisque ce type de végétation potentielle n'est, en général, pas reboisé en épinette blanche. Effectivement, le type RE3 est considéré comme très peu productif et sa remise en production s'avère très difficile. Les plants reboisés dans les plantations sélectionnées proviennent tous de graines sans amélioration génétique issues d'arbres régénérés naturellement.

Inventaire 2014 dans les plantations d'épinette blanche / TBE

Saguenay-Lac-Saint-Jean

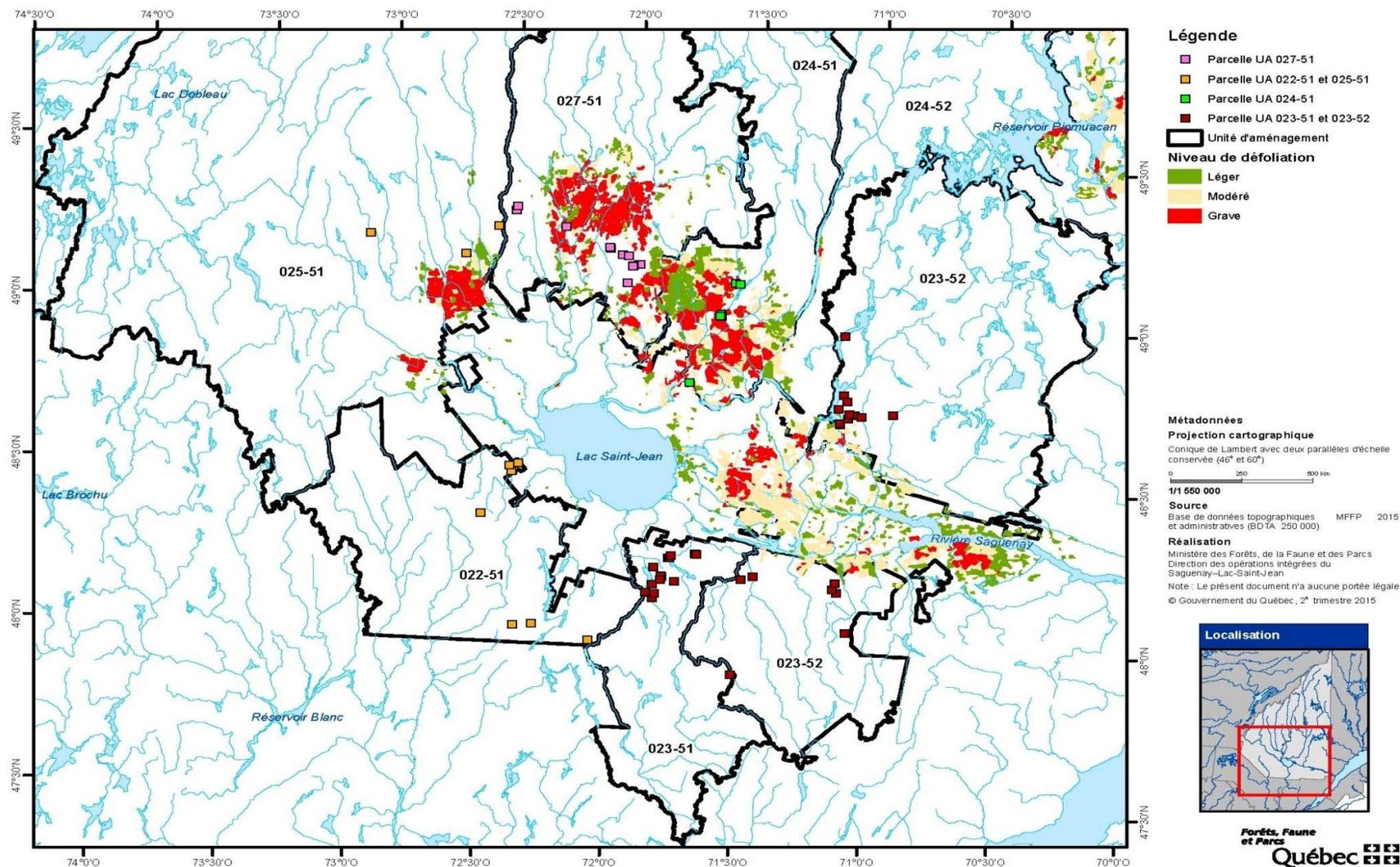


Figure 2. Localisation des placettes-échantillons de l'inventaire forestier dans les plantations d'épinette blanche dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean et répartition des foyers d'infestation de la tordeuse des bourgeons de l'épinette selon le niveau de défoliation.

Tableau 3. Répartition des plantations d'épinette blanche inventoriées selon la végétation potentielle et les unités d'aménagement.

<i>UA</i>	<i>MS1</i>	<i>MS2</i>	<i>RS2</i>	<i>RE2</i>	<i>RE3</i>	<i>Total</i>
02251	1	5	2	1		9
02351	9	1	1		<i>I</i> *	12
02352	10		2			12
02451		1	2	3		6
02551			1	2**		3
02751		5	3	4		12
Total	20	12	11	10	1	54

* *Placette exclue*

** *Une placette d'exclue*

2.2. Localisation de la placette-échantillon et variables mesurées

Une placette d'une superficie de 200 m² (10 m X 20 m) a été établie à l'intérieur de chaque plantation inventoriée. Elle était orientée perpendiculairement aux passages du scarificateur afin de couvrir le plus de sillons possible. La différenciation des arbres naturels et des arbres plantés était basée sur l'alignement et la position de l'arbre dans le sillon. En cas de doute, l'arbre était considéré comme étant un naturel. Tous les arbres reboisés et les arbres d'essence commerciale de dimension marchande retrouvés dans la placette ont été mesurés selon les paramètres suivants : le diamètre à hauteur de poitrine (ci-après DHP), la hauteur totale, la hauteur de la tige cassée (s'il y avait lieu), la notion de tige éclaircie et le code d'état. Toutes les gaules présentent dans une microplacette circulaire de 40 m² (3,57 m de rayon), située au centre de la placette principale, ont été mesurées. L'essence, le dénombrement et le DHP ont été notés. Les gaules dénombrées étaient des tiges naturelles non reboisées avec un DHP de 9 cm et moins. L'indice de défoliation général a été noté pour l'ensemble de chaque placette. Il a été mesuré selon la perte annuelle de feuillage dans la cime en fonction des classes de défoliation suivantes : nulle (0 %), présence (1 à 25 %), faible (26 à 50 %), moyenne (51 à 75 %) et sévère (76 à 100 %).

2.3. Estimation du volume des arbres reboisés

L'indice de qualité de station (ci-après IQS) ainsi que le volume des plantations inventoriées ont été estimés à partir des tables de rendement de Prégent *et al.* (2010) en utilisant un espacement initial de 2,236 m (densité de 2000 tiges/ha).

Formules utilisées pour le calcul du volume des arbres reboisés

Calcul de l'IQS

$$IQS = 34,6683(1 - (1 - (H_{do} / 34,6683)^{1/1,5077})^{A2/A1})^{1,5077}$$

Surface terrière totale de la placette

$$G_0 = 19,01721esp^{-0,43845}H_{do}^{0,405192}(1 - e^{-(0,200585 + 0,0312esp)age})^{11,64416}$$

Surface terrière marchande de la placette

$$G_9 = 0,976226G_0(1 - e^{-0,233098\hat{age}})^{33,67685}$$

Volume total de la placette

$$V_0 = 0,260401H_{do}^{1,095716}G_0^{1,0259}esp^{0,058733}$$

Volume marchand de la placette

$$V_9 = 0,948374V_0(1 - e^{-0,140461\hat{age}})^{5,585142}$$

Où :

A2 = Âge de la plantation au temps 2 à la période j (années)

A1 = Âge de la plantation au temps 1 à la période j (années)

Âge = Âge de la plantation au moment de l'échantillonnage + 1 (années)

H_{do} = Hauteur moyenne des 100 plus hautes tiges à l'hectare (m)

esp = Espacement initial entre les arbres (m)

G₀ = Surface terrière totale (m²/ha)

G₉ = Surface terrière marchande (m²/ha)

V₀ = Volume total (m³/ha)

V₉ = Volume marchand (m³/ha)

2.4. Estimation du volume des arbres naturels

Afin d'évaluer l'apport en volume des naturels dans les plantations, celui-ci a été additionné au volume des arbres reboisés. La méthode de calcul choisie provient des tarifs de cubage général retrouvé dans Perron (2003). Le choix de cette méthode repose sur les variables disponibles pour effectuer le calcul, c'est-à-dire le DHP et la hauteur. Cette méthode permet de calculer le volume marchand des tiges individuelles (dm^3). Par la suite, les valeurs obtenues ont été converties afin d'obtenir le volume marchand en hectare (m^3/ha).

Formules utilisées pour le calcul du volume des arbres naturels

Épinette noire

$$\text{VMB} = -16,8426 + 3,0880499D - 4,3988304H + 0,2454040H^2 + 0,0261688D^2H$$

Pin gris

$$\text{VMB} = -41,4626 + 8,3376703D - 0,314516D^2 - 4,3120804H + 0,128833H^2 + 0,0393611D^2H$$

Épinette blanche

$$\text{VMB} = -24,9889 + 4,9031200D - 0,2136600D^2 - 4,6912003H + 0,3314300DH + 0,03131000D^2H$$

Sapin baumier

$$\text{VMB} = 12,5379 - 0,07977D^2 - 7,7592402H + 0,73319DH + 0,018520D^2H$$

Mélèze laricin

$$\text{VMB} = -9,7692 + 0,0321661D^2H$$

Peuplier faux-tremble

$$\text{VMB} = -1,5881596H + 0,0358535D^2H$$

Bouleau à papier

$$\text{VMB} = 1,2173 - 2,7952299H + 0,1275970DH + 0,03278430D^2H$$

Bouleau jaune

$$\text{VMB} = 1,4011602D - 0,0509565D^2 - 1,6089497H - 0,109785DH + 0,03818590D^2H$$

Érable rouge

$$\text{VMB} = -1,1724901H - 0,03843DH + 0,03287D^2H$$

Où :

VMB = Volume marchand brut (dm^3)

D = Diamètre à hauteur de poitrine (cm)

H = Hauteur de l'arbre (m)

3. Résultats

3.1. Portrait général

Les IQS calculés à 25 ans des plantations échantillonnées sont similaires aux IQS⁷ présentés par le BFEC dans le manuel de détermination des possibilités forestières (ci-après, MDPF). Les plantations sondées montrent un IQS moyen de 11 m sur MS1, de 10 m sur MS2 et de 8 m sur RS2 et RE2 (Voir Tableau 4). Dans le MDPF, l'IQS moyen de l'épinette blanche pour le type de végétation potentielle MS1 est de 11m, pour le MS2 10m et pour le RS2 8m (Poulin 2013). Il n'y a pas de donnée disponible pour le type RE2. Les valeurs d'IQS à 25 ans présentés dans ce manuel incluent les gains en hauteur attribuables à l'amélioration génétique des plants issus des vergers à graines de première génération. Ces gains génétiques représentent un rendement en hauteur supérieur de 5 % comparativement aux plants provenant de graines d'arbres régénérés naturellement. Les plantations inventoriées, issues de graines sans amélioration génétique, ont donc un IQS comparable à celui estimé dans le MDPF pour les plantations issues des vergers de première génération. La densité totale moyenne (gaules et tiges marchandes) des plantations sondées est de 2624 tiges/ha ($500 \leq x \leq 5700$), soit une moyenne de 1536 tiges plantées/ha ($400 \leq x \leq 2750$) et de 1088 tiges naturelles/ha ($100 \leq x \leq 3800$) (Voir Tableau 4).

Tableau 4. Caractéristiques des plantations d'épinette blanche selon le type de végétation potentielle.

Végétation potentielle	N Placette	IQS ₂₅	Arbres reboisés* (Tiges/ha)	Arbres naturels* (Tiges/ha)	Arbres totaux* (Tiges/ha)
RE2	9	8	1344	1177	2517
RS2	11	8	1573	1045	2618
MS2	12	10	1358	1413	2771
MS1	20	11	1708	880	2588
Total	52	10	1536	1088	2624

* La densité des arbres reboisés, des arbres naturels et des arbres totaux inclut les gaules et les tiges marchandes

⁷ L'IQS moyen présenté est une compilation du BFEC des données de Guy Prigent (DRF, MFFP) et de la direction générale des pépinières et des stations piscicoles (DGSP MFFP).

La surface terrière est un indicateur du degré de compétition entre les tiges. Elle indique la nécessité d'intervenir ou non dans un peuplement (Prégent 1998). Effectivement, l'admissibilité d'un peuplement à un traitement d'éclaircie commerciale (ci-après, EC) est basée sur la surface terrière marchande. Dans le MDFP de 2013-2018, le BFEC suggère la prescription d'une EC pour les essences résineuses, lorsque la valeur de la surface terrière marchande est entre 25 et 32 m²/ha (Poulin 2013). Au moment de l'inventaire, les plantations d'épinette blanche avaient une surface terrière moyenne totale de 14,8 m²/ha et une surface terrière moyenne marchande de 12,1 m²/ha. Selon les critères de sélection décrits dans le MDFP, les plantations ne seraient pas admissibles, pour l'instant, à un traitement d'EC.

L'intensité de la compétition entre les arbres est plus élevée dans les plantations plus âgées. Effectivement, celles âgées de 25 ans et plus affichent une surface terrière moyenne totale de 23,4 m²/ha ($15,4 \leq x \leq 28,0$) comparativement à 19,1 m²/ha ($13,0 \leq x \leq 22,0$) pour celles âgées de 20 à 24 ans et à 5,8 m²/ha ($3,8 \leq x \leq 10,6$) pour les 15 à 19 ans (Voir Figure 3).

Les plantations d'épinette blanche inventoriées ont un volume moyen total de 48,6 m³/ha et un volume moyen marchand de 38,7 m³/ha (Voir Figure 4). Plus précisément, celles âgées de 25 ans et plus ont un volume moyen total de 82,7 m³/ha ($19,3 \leq x \leq 131,7$) comparativement à 71,5 m³/ha ($28,2 \leq x \leq 100,2$) pour celles âgées de 20 à 24 ans et à 11,3 m³/ha ($4,3 \leq x \leq 25,0$) pour les 15 à 19 ans (Voir Figure 4). Les plantations situées sur le type de végétation potentielle MS1 ont un volume total plus élevé que les trois autres types de végétation potentielle et ce, peu importe l'âge des plantations. Effectivement, les plantations âgées de 15 à 19 ans sur MS1 ont un volume moyen supérieur de 23 %, de 45 % et de 78 % à ceux des plantations sur MS2, RS2 et RE2 respectivement. Les plantations âgées de 20 à 24 ans sur le type MS1 ont un volume supérieur de 23 % à celle sur MS2 et de 179 % à celles sur RS2. Les plantations de plus de 25 ans sur MS1 ont volume moyen supérieur de 37 % à celles sur MS2, de 64 % à celles sur RS2 et de 4 % à celles sur RE2. (Voir Figure 4).

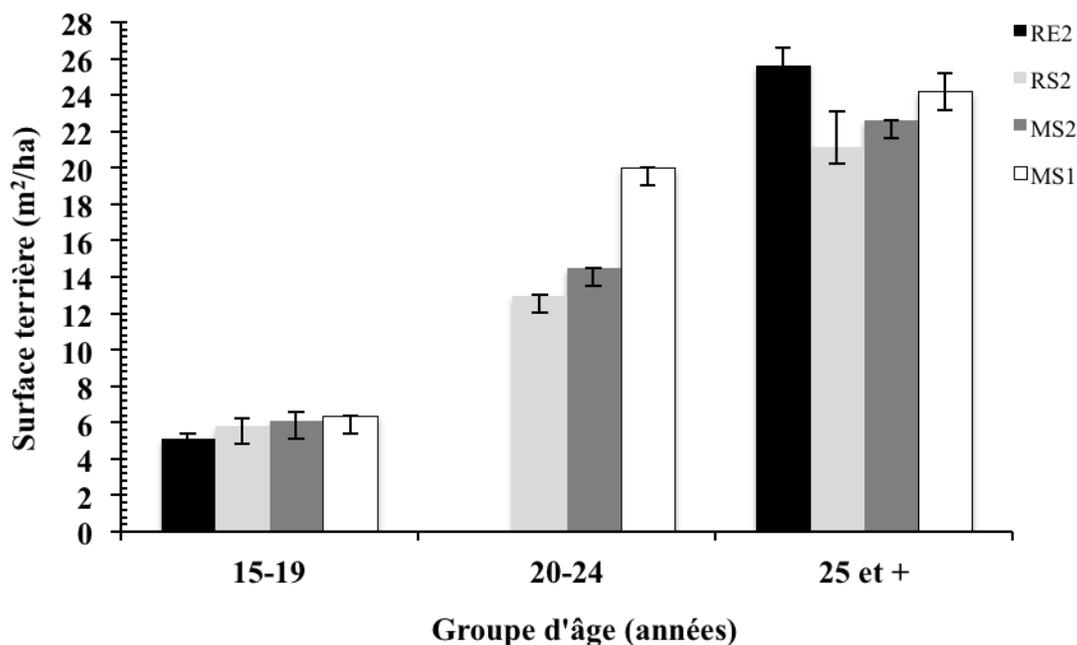


Figure 3. Surface terrière moyenne totale des plantations d'épinette blanche selon le groupe d'âge et le type de végétation potentielle. (RE2 n = 9; RS2 n = 11; MS2 n = 12; MS1 n = 20). Les barres indiquent l'erreur type.

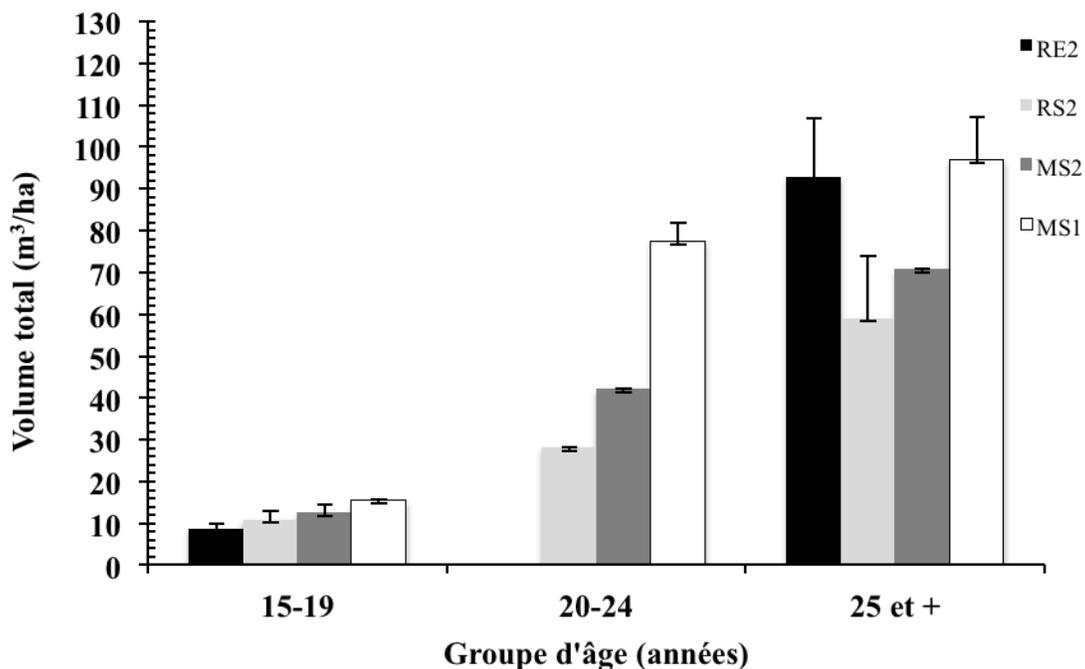


Figure 4. Volume moyen total des plantations d'épinette blanche selon le groupe d'âge et le type de végétation potentielle. (RE2 n = 9; RS2 n = 11; MS2 n = 12; MS1 n = 20). Les barres indiquent l'erreur type.

L'éclaircie précommerciale (ci-après EPC) est un traitement sylvicole qui a lieu lorsque le peuplement est au stade gaulis, c'est-à-dire lorsque les tiges ont un DHP de valeur non marchande, soit inférieur à neuf centimètres. Les objectifs de ce traitement sont de favoriser l'augmentation en diamètre des tiges résiduelles et de maintenir des attributs de structure et de composition nécessaires au maintien des processus écologiques (BDNF 2012). Plusieurs plantations sondées, soit 75 %, ont été traitées en EPC (Voir Figure 5). L'ensemble des plantations inventoriées sur le type de végétation potentielle MS1 a été traité en EPC. Tandis que 50 % des plantations sur le type MS2 ont été traitées, 55 % sur RS2 et 78 % sur RE2. (Voir Figure 5).

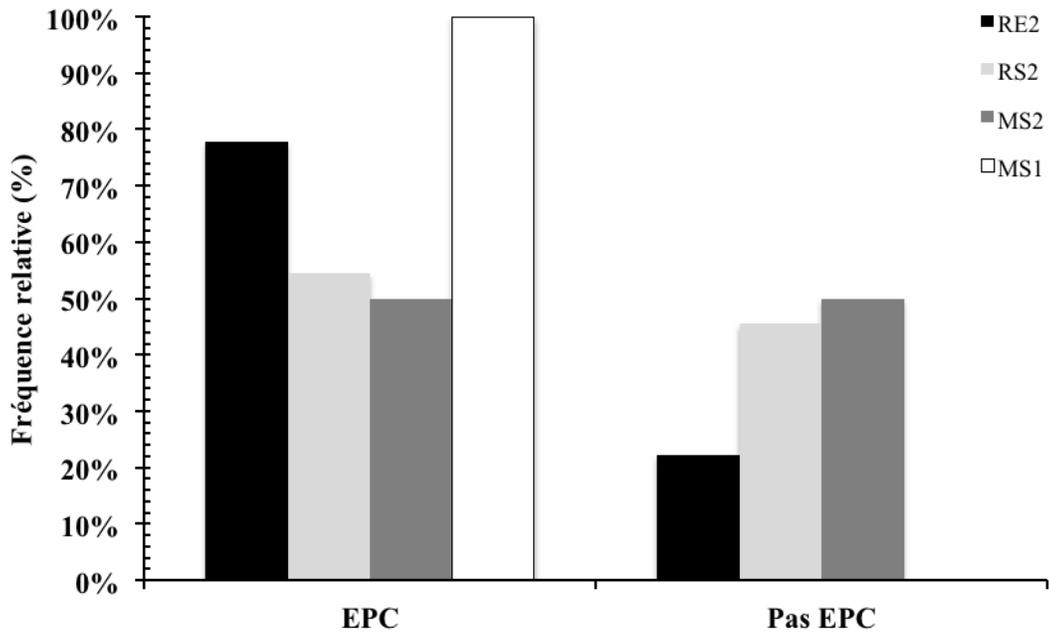


Figure 5. Fréquence des plantations qui ont été traitées en éclaircie précommerciale selon le type végétation potentielle. (RE2 n = 9; RS2 n = 11; MS2 n = 12; MS1 n = 20).

La notion de tige éclaircie a été déterminée pour chaque arbre reboisé à l'intérieur des placettes de l'inventaire. Une tige était considérée comme éclaircie lorsqu'elle répondait aux normes de l'EPC avant traitement en vigueur au moment de l'inventaire. En moyenne, les plantations ont une proportion similaire de tiges éclaircies et non éclaircies, soit 48 % de tiges éclaircies et 52 % de tiges non éclaircies (Voir Figure 6).

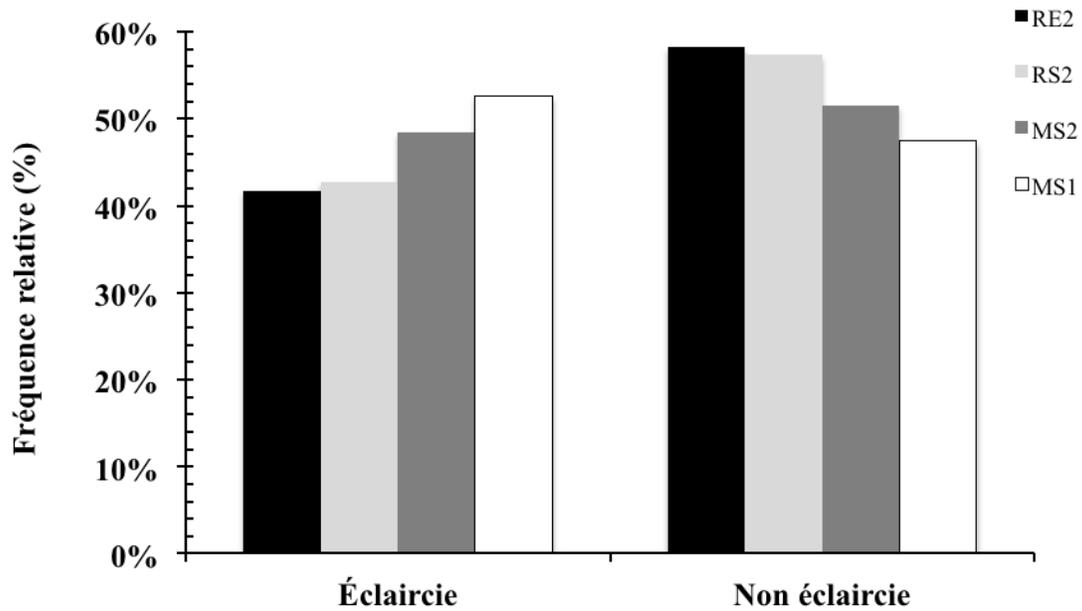


Figure 6. Fréquence des tiges reboisées éclaircies et non éclaircies selon le type végétation potentielle. (RE2 n = 9; RS2 n = 11; MS2 n = 12; MS1 n = 20).

Les résultats de l'indice de défoliation révèlent que 71 % des plantations sondées dans la région ne montrent pas de signe d'infestation par la TBE, tandis que 21 % sont composées d'arbres défoliés à moins de 25 % et 8 % sont composées d'arbres défoliés entre 25 % et 75 % (Voir Figure 7). Des signes de défoliations sévères n'ont été observés dans aucune des plantations (Voir Figure 7).

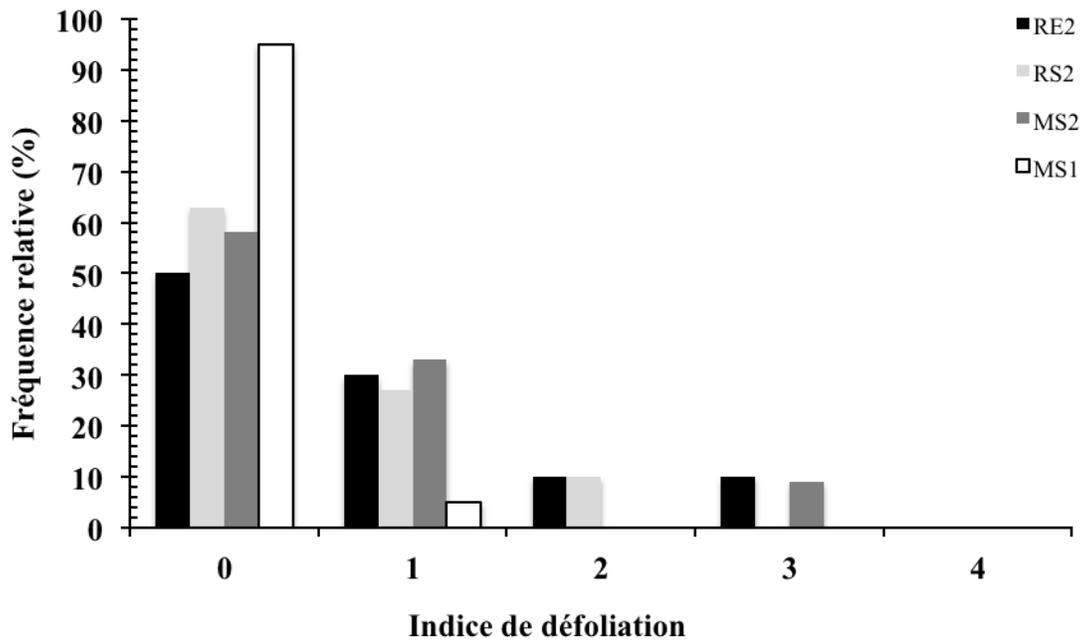


Figure 7. Plantations affectées par la TBE selon l'indice de défoliation et le type de végétation potentielle. Abréviations : 0 = nulle (0 %), 1 = présence (1-25 %), 2 = faible (26-50 %), 3 = moyenne (51-75 %) et 4 = sévère (76-100 %). (RE2 n = 9; RS2 n = 11; MS2 n = 12; MS1 n = 20).

3.2. Comparaison entre les tiges reboisées et les tiges naturelles

La figure 8 compare la densité des tiges reboisées (gaules et marchandes) à celle des tiges naturelles (gaules et marchandes). Dans les plantations inventoriées, la densité des tiges reboisées est supérieure à celle des tiges naturelles. Sur le type de végétation potentielle MS1, la densité est de 1708 tiges reboisées/ha et de 880 tiges naturelles/ha, sur RS2 elle est de 1573 tiges reboisées/ha et de 1045 tiges naturelles/ha et pour le type RE2 elle est de 1344 tiges reboisées/ha et 1172 tiges naturelles/ha (Voir Figure 8). Pour les plantations inventoriées sur le type de végétation potentielle MS2, les tiges naturelles sont en moyenne plus nombreuses que les tiges reboisées. Effectivement, la densité est de 1358 tiges reboisées/ha et 1413 tiges naturelles/ha. Peu importe le type de végétation potentielle, la densité des arbres naturels résineux est plus importante que celle des arbres naturels feuillus. En moyenne, il y a 690 tiges/ha d'essence naturelle résineuse et 398 tiges/ha d'essence naturelle feuillue (Voir Figure 8).

La densité des arbres reboisés marchands et celle des arbres naturels marchands sont présentées à la figure 9. Dans les plantations inventoriées, la densité des tiges reboisées marchandes est légèrement supérieure que celle des tiges naturelles marchandes. En moyenne, la densité totale des tiges marchandes est de 850 tiges/ha ($0 \leq x \leq 2000$), soit 457 tiges reboisées/ha ($0 \leq x \leq 1800$) et 393 tiges naturelles/ha ($0 \leq x \leq 1900$) (Voir Figure 9). Pour les plantations situées sur le type de végétation potentielle MS1 la densité des arbres reboisés est supérieure à celle des naturelles, soit 908 tiges reboisées/ha et 498 tiges naturelles/ha (Voir Figure 9). Pour les autres types de végétation potentielle, la tendance inverse est observée. Les plantations sur le type MS2 ont, en moyenne, une densité de 221 tiges reboisées/ha et de 254 tiges naturelles/ha, celles sur RS2 ont une densité de 141 tiges reboisées/ha et de 373 tiges naturelles/ha et celles sur RE2 en ont une de 156 tiges reboisées/ha et de 372 tiges naturelles/ha (Voir Figure 9). Pour tous les types de végétation potentielle, la densité marchande des arbres naturels résineux est supérieure à celle des arbres naturels feuillus. En moyenne, la densité marchande des tiges naturelles résineuses est de 337 tiges/ha et celle des tiges naturelles feuillues est de 57 tiges/ha (Voir Figure 9).

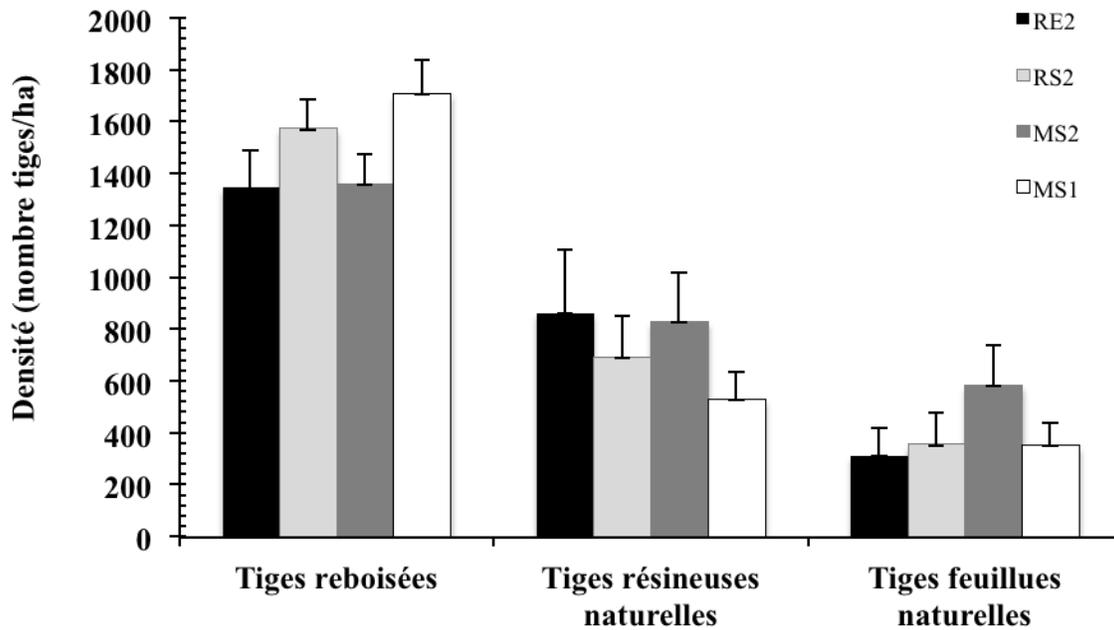


Figure 8. Densité moyenne des tiges reboisées totales, des tiges naturelles résineuses totales et des tiges naturelles feuillues totales selon le type de végétation potentielle. (RE2 n = 9; RS2 n = 11; MS2 n = 12; MS1 n = 20). Les barres indiquent l'erreur type.

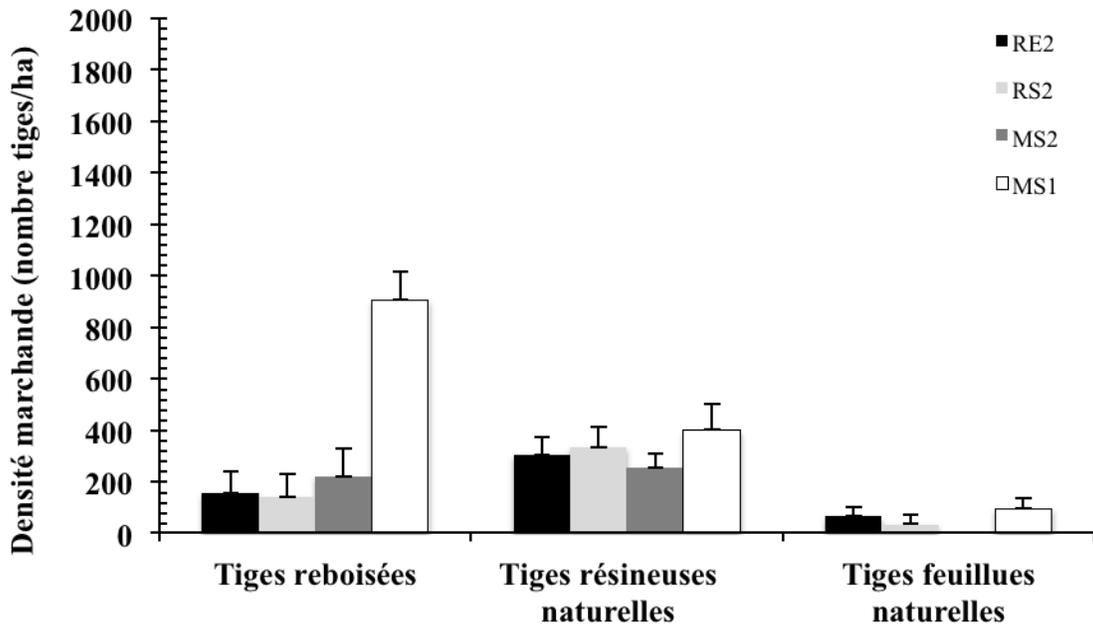


Figure 9. Densité moyenne marchande des tiges reboisées, des tiges naturelles résineuses et des tiges naturelles feuillues selon le type de végétation potentielle. (RE2 n = 9; RS2 n = 11; MS2 n = 12; MS1 n = 20). Les barres indiquent l'erreur type.

Au moment de l'inventaire, les tiges reboisées marchandes ont un DHP moyen similaire à celui des tiges naturelles marchandes. Effectivement, les tiges reboisées ont un DHP marchand de 12,6 cm ($9,0 \leq x \leq 22,8$) et les tiges naturelles marchandes de 13,3 cm ($9,1 \leq x \leq 31,70$) (Voir Figure 10). Le DHP marchand moyen est comparable entre les différents types de végétation potentielle. En effet, il est de 12,8 cm pour les tiges reboisées sur MS1, de 11,3 cm pour celles sur MS2, de 12,6 cm pour celles sur RS2 et de 11,4 cm pour celles sur RE2. La même tendance est observée pour le DHP marchand des arbres naturels, où les tiges naturelles sur MS1 ont un DHP marchand moyen de 14,1 cm, celles sur MS2 de 11,4 cm, celles sur RS2 de 13,1 cm et celles sur RE2 de 12,8 cm (Voir Figure 10).

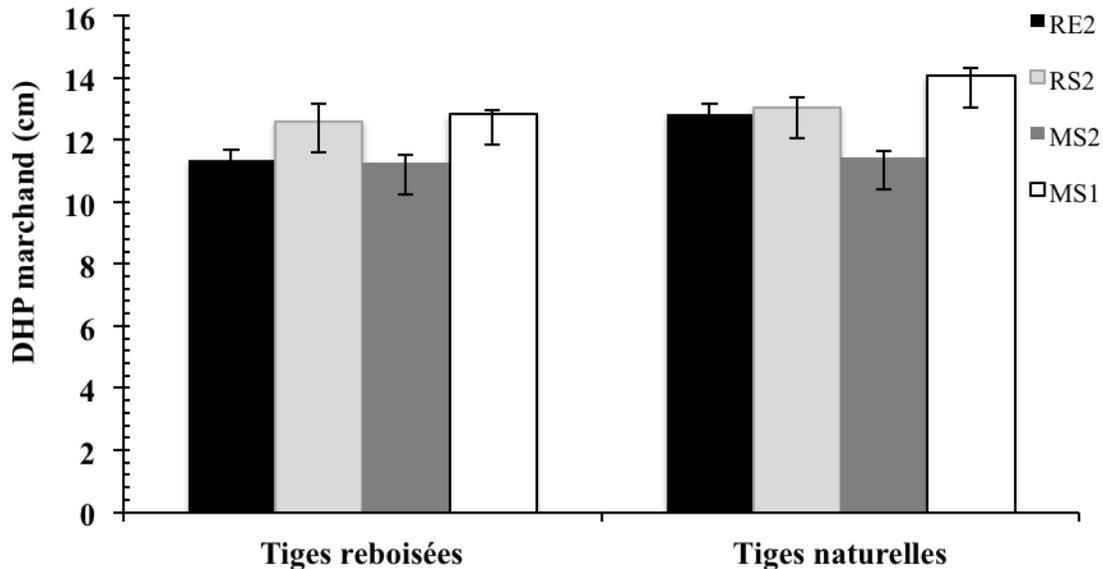


Figure 10. DHP marchand moyen des tiges reboisées et des tiges naturelles selon le type de végétation potentielle. (RE2 n = 95; RS2 n = 113; MS2 n = 114; MS1 n = 562). Les barres indiquent l'erreur type.

Au moment de l'inventaire, les tiges reboisées marchandes et les tiges naturelles marchandes ont une hauteur moyenne comparable. En effet, les tiges reboisées marchandes ont une hauteur moyenne de 9,1 m ($4,2 \leq x \leq 14,1$) et les tiges naturelles marchandes de 9,8 m ($5,2 \leq x \leq 19,6$) (Voir Figure 10). La hauteur moyenne des tiges reboisées pour les types de végétation potentielle MS1 et RS2 est inférieure aux tiges naturelles. En effet, elle est de 9,5 m pour les tiges reboisées et de 10,9 m pour les tiges naturelles sur MS1 et de 7,9 m pour les tiges reboisées et 9,4 m pour les tiges naturelles sur RS2. Tandis que la hauteur moyenne entre les deux types de tiges est similaire sur les types de végétation potentielle MS2 et RE2. Elle est de 7,5 m pour les tiges reboisées et 8,2 m pour les tiges naturelles sur MS2 et de 8,3 m pour les tiges reboisées et de 8,8 m pour les tiges naturelles sur RE2 (Voir Figure 10).

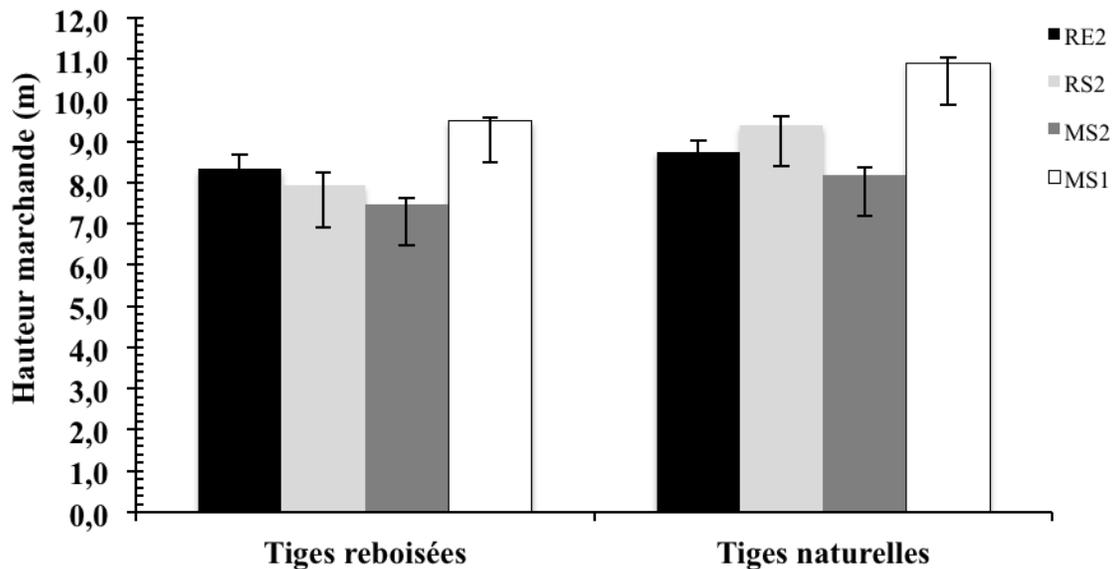


Figure 11. Hauteur marchande moyenne des tiges reboisées et des tiges naturelles selon le type de végétation potentielle. (RE2 n = 95; RS2 n = 113; MS2 n = 114; MS1 n = 562). Les barres indiquent l'erreur type.

Les résultats de la figure 12 démontrent l'apport non négligeable des naturels au volume marchand des plantations d'épinette blanche. Effectivement, le volume marchand des naturels apporte un gain de 59 % au volume marchand des arbres reboisés. Pour les plantations situées sur le type de végétation potentielle MS1, cela représente un gain de 55 %, pour celles sur MS2 un gain de 54 %, sur RS2 de 70% et sur RE2 de 60 %. Le volume marchand des plantations sur MS1 est plus élevé que celui des plantations sur les autres types de végétation potentielle (Voir Figure 12). Effectivement, les plantations sur MS1 ont un volume marchand total de 101,9 m³/ha, tandis que les plantations sur MS2 en ont un de 20,5 m³/ha, celles sur RS2 de 46,1 m³/ha et celles sur RE2 de 47,7 m³/ha (Voir Figure 12).

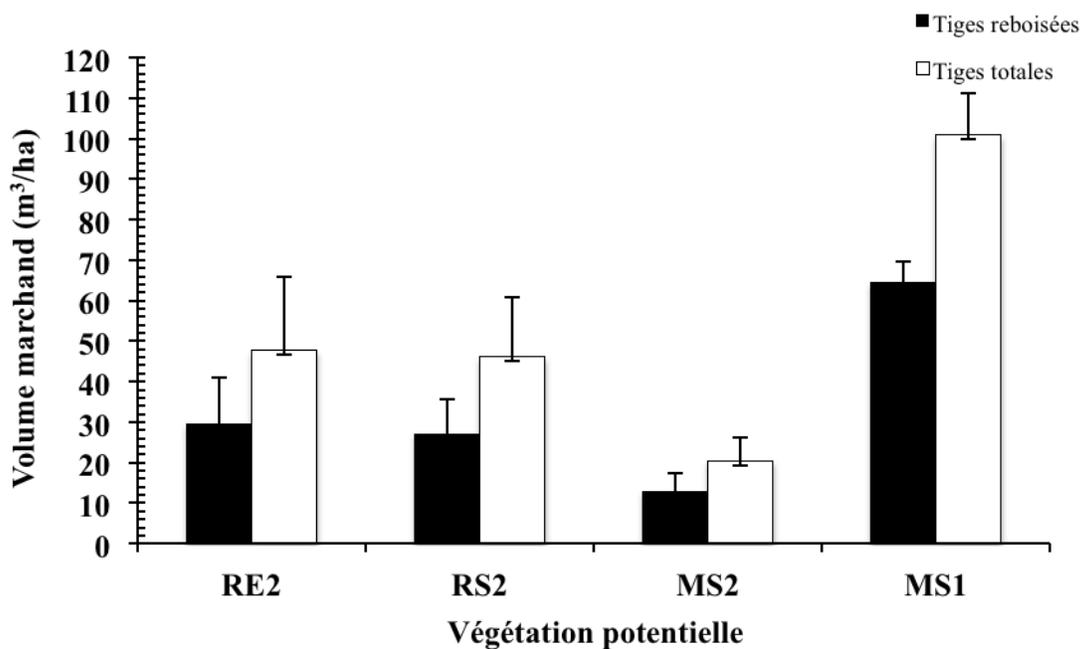


Figure 12. Volume marchand moyen des tiges reboisées et des tiges totales, soit reboisées et naturelles, selon le type de végétation potentielle. (RE2 n = 9; RS2 n = 11; MS2 n = 12; MS1 n = 20). Les barres indiquent l'erreur type.

3.3. Informations générales sur les tiges naturelles

La figure 13 montre la composition en essence des arbres naturels dans les plantations sondées (tiges marchandes et les gaules). Les essences résineuses dominent le peuplement en représentant 63 % des tiges naturelles (Voir Figure 13). Plus en détail, les tiges naturelles sont composées de 31 % de sapin baumier, de 16 % de pin gris, de 12 % d'épinette noire, de 5 % d'épinette blanche, de 22 % de bouleau blanc et de 13 % de peuplier faux-tremble. Le bouleau jaune et l'érable rouge représentent moins de 2 % des essences inventoriées (Voir Figure 13).

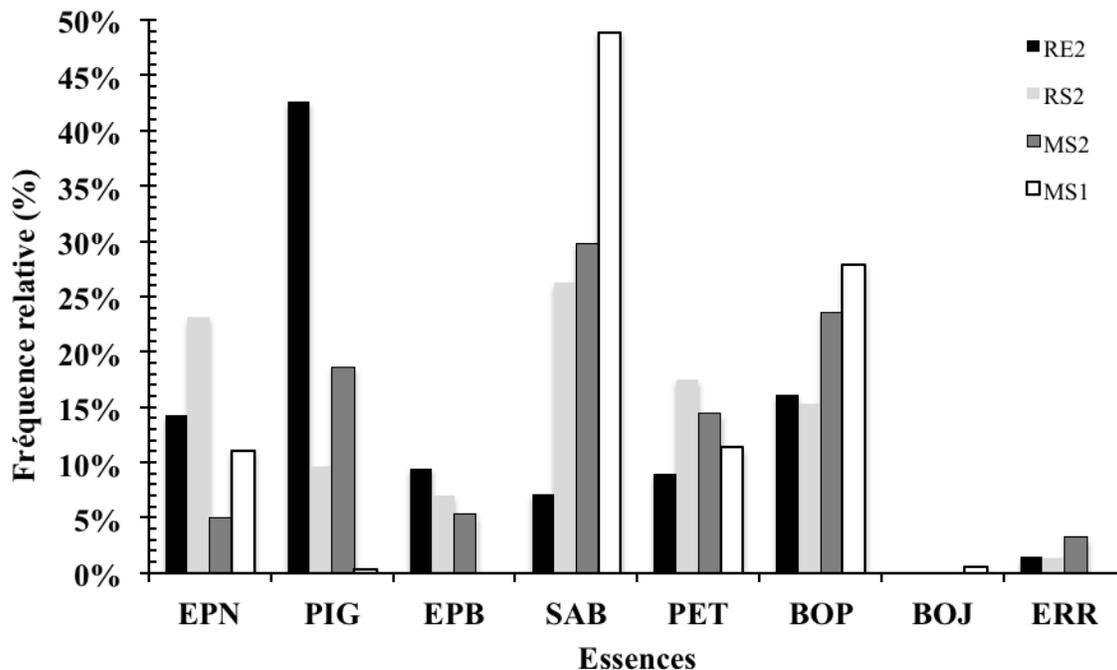


Figure 13. Composition en essence des arbres naturels résineux et feuillus dans les plantations d'épinette blanche selon le type de végétation potentielle. (RE2 n = 9; RS2 n = 11; MS2 n = 12; MS1 n = 20). Abréviations : EPN = épinette noire, PIG = pin gris, EPB = épinette blanche, SAB = sapin baumier, PET = peuplier faux-tremble, BOP = bouleau blanc, BOJ = bouleau jaune et ERR = érable rouge.

La grande majorité des gaules est située dans la classe de DHP 2 (58 %) et de DHP 4 (26 %) (Voir Figure 14). Les tiges marchandes sont réparties à 94 % dans les classes de DHP 10 à 18 et à 6 % dans les classes 20 à 32 (Voir Figure 15).

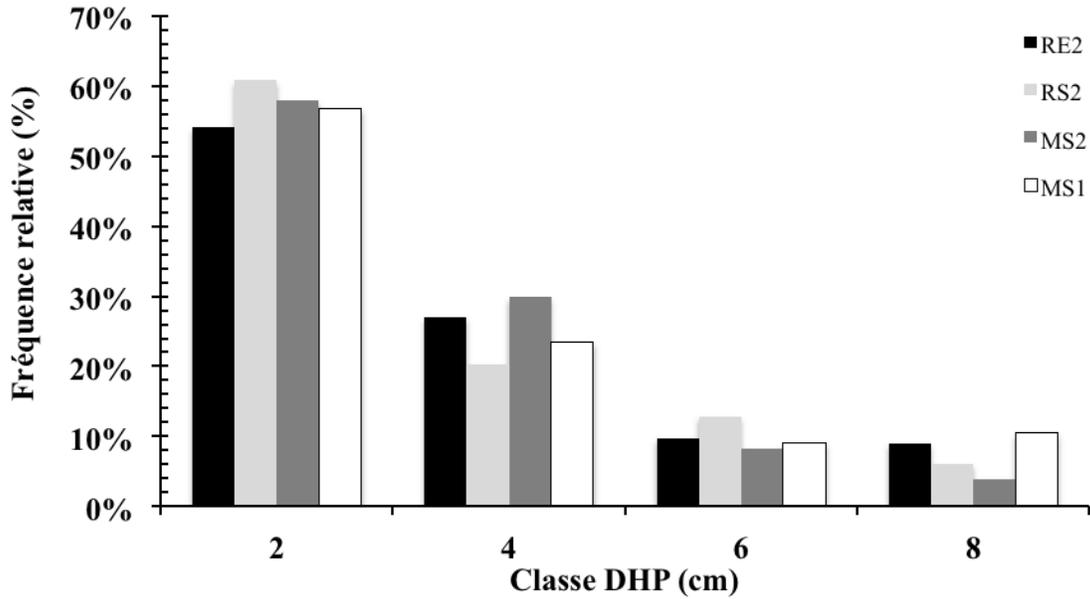


Figure 14. Distribution des classes de DHP des gaules naturelles selon le type de végétation potentielle. (RE2 n = 144; RS2 n = 148; MS2 n = 278; MS1 n = 153).

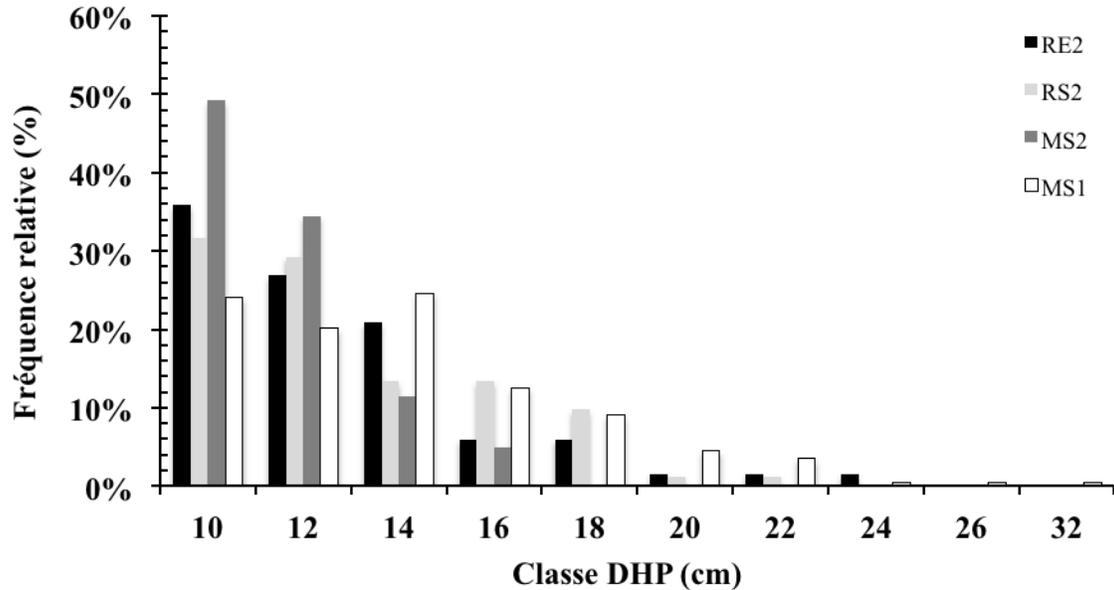


Figure 15. Distribution des classes de DHP des tiges naturelles marchandes selon le type de végétation potentielle. (RE2 n = 67; RS2 n = 82; MS2 n = 61; MS1 n = 199).

3.4. IQS des plantations d'épinette blanche

Le calcul de la productivité forestière est souvent traduit par l'IQS, qui se définit par la hauteur moyenne des arbres dominants d'un peuplement à un âge de référence, qui est de 25 ans pour les plantations d'épinette blanche. L'IQS reflète la fertilité d'un site et le potentiel de production d'un peuplement forestier (Bégin et Raulier, 1995). Son utilisation repose sur le principe que plus la hauteur à un âge donné est élevée, plus le site est productif (Skovsgaard et Vanclay, 2008).

Les plantations d'épinette blanche inventoriées présentent des IQS à 25 ans variant de 3 à 13 m (Voir Tableau 5). Environ 56 % des plantations possèdent un IQS supérieur à 10 m. Soit un IQS équivalent ou supérieur à celui indiqué dans le MDPF 2013-2018 (Poulin 2013). Également, 8 % des plantations sondées possèdent un IQS faible, soit entre 3 à 6 m (Voir Tableau 5).

Tableau 5. Caractéristiques des arbres reboisés selon la valeur de l'IQS à 25 ans dans les plantations d'épinette blanche.

IQS ₂₅	N placettes	Âge	DHP (cm)	Hauteur (m)	Surface terrière marchande (m ² /ha)	Volume marchand tiges reboisées (m ³ /ha)	Volume marchand total (m ³ /ha)
3	1	27	1,2	1,6	15,0	17,5	21,4
4	1	26	1,9	2,1	13,9	15,8	27,7
6	1	25	5,6	4,6	16,0	32,9	41,9
7	7	21	4,1	3,5	10,9	29,4	40,0
8	4	23	6,0	4,8	13,9	38,6	72,5
9	9	19	6,0	4,7	8,6	25,9	37,1
10	12	21	7,3	5,7	10,8	36,2	58,3
11	8	23	8,7	7,0	15,2	55,8	99,1
12	6	22	8,3	7,0	13,8	53,3	73,6
13	3	21	7,7	6,4	12,8	51,2	90,7
Total	52	21	6,6	5,4	12,1	38,7	61,5

La distribution des valeurs d'IQS à 25 ans chez l'épinette blanche est illustrée à la figure 19. Les plantations sur le type de végétation potentielle MS1 se retrouvent davantage dans les classes supérieures d'IQS que les plantations sur les autres types. En effet, 85 % des plantations sur MS1 ont des IQS entre 10 et 13 m. En comparaison avec les autres types, soit MS2, RS2 et RE2, qui en ont, respectivement, 50 %, 27 % et 33 % (Voir Figure 16).

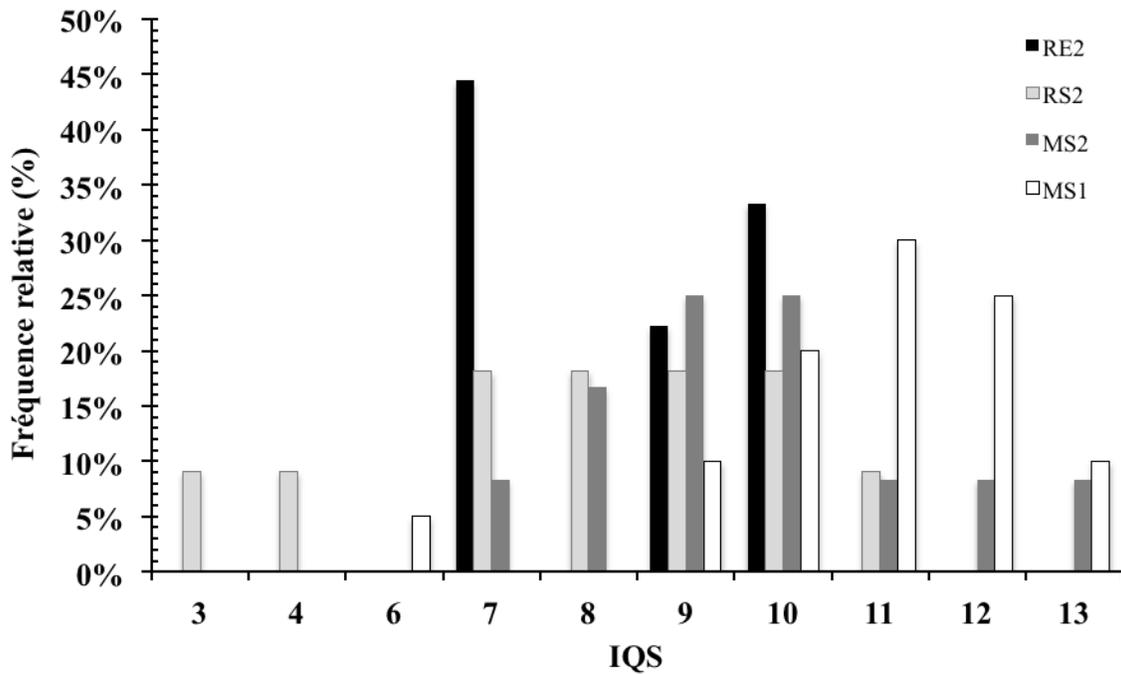


Figure 16. Distribution des IQS des plantations d'épinette blanche selon les types de végétation potentielle. (RE2 n = 9; RS2 n = 11; MS2 n = 12; MS1 n = 20).

4. Conclusion

L'objectif premier de l'inventaire forestier dans les plantations d'épinette blanche de la région 02 est l'acquisition de données régionales pour produire un bilan du rendement des plantations. Ce bilan servira à améliorer les connaissances sur la productivité des plantations et à transmettre les données au BFEC afin de préciser les courbes de rendements attribuées aux plantations d'épinette blanche, afin qu'elles correspondent aux rendements régionaux. De plus, l'inventaire a comme second objectif de connaître l'apport en volume des arbres naturels au sein des plantations.

Les IQS calculés à 25 ans des plantations échantillonnées sont comparables, pour un même type de végétation potentielle, aux IQS présentés par le BFEC dans le MDPF, où les valeurs d'IQS à 25 ans incluent des gains en hauteur de 5 % attribuables à l'amélioration génétique. Les plantations sondées montrent un IQS moyen de 11 m sur MS1, de 10 m sur MS2 et de 8 m sur RS2 et RE2. En raison de leur jeune âge, les plantations inventoriées ont une surface terrière marchande de 14,8 m²/ha, ce qui ne les qualifie pas, pour le moment, à un traitement d'EC. Leur volume moyen total est de 49,5 m³/ha et leur volume moyen marchand est de 38,7 m³/ha. La grande majorité des plantations sondées, soit 75 %, a été traitée en EPC et a une proportion de tiges éclaircies et non éclaircies semblable, soit 48 % de tiges éclaircies et 52 % de tiges non éclaircies. Aussi, les résultats de l'inventaire révèlent que 72 % des plantations sondées dans la région ne montrent pas de signes d'infestation par la TBE et qu'aucune n'est atteinte sévèrement.

Les résultats montrent que les plantations ont une densité totale moyenne de 2624 tiges/ha, dont 1536 tiges reboisées/ha et 1088 tiges naturelles/ha. En général, les plantations inventoriées sur les types de végétation potentielle MS1, RS2 et RE2 ont une plus forte proportion de tiges reboisées que de tiges naturelles. Tandis que celles sur le type MS2 ont davantage de tiges naturelles que de tiges reboisées. Les tiges reboisées

marchandes ont un DHP moyen et une hauteur moyenne comparables à ceux des tiges naturelles marchandes. Effectivement, les tiges reboisées ont un DHP marchand de 12,6 cm et une hauteur marchande de 9,1 m et les tiges naturelles ont un DHP marchand de 13,2 cm et une hauteur marchande de 9,8 m. Les résultats portant sur le volume marchand démontrent un apport non négligeable des arbres naturels au volume marchand des plantations d'épinette blanche. Effectivement, les arbres naturels des plantations inventoriées contribuent à 59 % au volume marchand total des ces plantations.

Les informations générales sur les tiges naturelles dressent le portrait de la composition en essence et de la croissance en diamètre. Les essences résineuses dominent le peuplement en représentant 63 % des tiges naturelles. Le sapin baumier (31 %), le pin gris (16 %) et l'épinette noire (12 %) sont les principales essences naturelles présentes dans les plantations inventoriées. Les gaules naturelles ont, majoritairement, un DHP de classe 2 (58 %) et de classe 4 (26 %). Les tiges naturelles marchandes sont réparties à 94 % dans les classes de DHP 10 à 18 et à 6 % dans les classes 20 à 32.

L'IQS à 25 ans des plantations d'épinette blanche varie de 3 à 13 m. Plus de la moitié des plantations, soit 56 %, possèdent un IQS supérieur à 10 m, tandis que 6 % en ont un situé entre 3 à 6 m.

En somme, les connaissances acquises permettront l'utilisation de données régionales dans le calcul des possibilités forestières, de proposer des traitements sylvicoles mieux adaptés aux capacités intrinsèques de croissance des sites et de préciser les hypothèses de rendement formulées dans le cadre de la planification des futures plantations d'épinette blanche de la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean.

5. Références

BDNF. 2012. Terminologie de la sylviculture au Canada. Base de données nationales sur les forêts. Gouvernement du Canada. Disponible : http://nfdp.ccfm.org/terms/terms_f.php

Begin, J. et Raulier, F. 1995. Comparison of different approaches, models and sample sizes for the establishment of local height-diameter relations. *Canadian Journal of Forest Research* 25 (8): 1303-1312.

Blum, B. M. et MacLean, D. A. 1984. Silviculture, forest management, and the spruce budworm. Managing the spruce budworm in eastern North America. Édité par DM Schmitt, DG Grimbale, et JL Searcy. US Department of Agriculture Agriculture Handbook 620: 83-102.

Bolghari, H. A. et Bertrand, V. 1984. Tables préliminaires de production des principales essences résineuses plantées dans la partie centrale du sud du Québec. Mémoire de recherche forestière n° 79. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Service de la Recherche, 415 p.

Corriveau, A. G. et Vallée, G. 1981. Forest genetics and tree improvement are on the way in Quebec. *The Forestry Chronicle* 57(4) : 165-168.

Jardon, Y., Morin, H. et Dutilleul, P. 2003. Périodicité et synchronisme des épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette au Québec. *Canadian Journal of Forest Research*, 33(10) : 1947-1961.

Krause, C., Plourde, P.-Y., Girard, J.-P., Walsh, D., Lord, D. et Rossi, S. 2013. Rendement anticipé des plantations d'épinette noire et de pin gris dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean. Université du Québec à Chicoutimi, Chicoutimi, 58 p.

MFFP. 2014. Aires infestées par la tordeuse des bourgeons de l'épinette au Québec en 2014. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la protection des forêts, Service de la gestion des ravageurs forestiers, Québec, 23p.

MRN. 2013. Plan d'aménagement forestier intégré tactique. Gouvernement du Québec, Direction des opérations intégrées 02.

Perron, J.-Y. 2003. Tarif de cubage général Volume marchand brut. Direction des inventaires forestiers. Sainte-Foy, Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et de Parcs. 60p.

Poulin, J. 2013a. Plantation. Fascicule 3.1. *Dans* Bureau du forestier en chef. Manuel de détermination des possibilités forestières 2013-2018. Gouvernement du Québec, Roberval, Qc, pp. 77-81.

Poulin, J. 2013b. Éclaircie commerciale. Fascicule 3.5. *Dans* Bureau du forestier en chef. Manuel de détermination des possibilités forestières 2013-2018. Gouvernement du Québec, Roberval, Qc, pp. 95-98.

Prégent, G, Bertrand, V. et Charette, L. 1996. Tables préliminaires de rendement pour les plantations d'épinette noire au Québec. Mémoire de recherche forestière n° 118. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs. Direction de la recherche forestière, 88 p.

Prégent, G. 1998. L'éclaircie des plantations. Gouvernement du Québec, Ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Mémoire no 133.

Prégent, G., Picher, G. et Auger, I. 2010. Tarif de cubage, tables de rendement et modèles de croissance pour les plantations d'épinette blanche au Québec. Gouvernement du Québec, Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche forestière, 94p.

Rainville, A., Desponts, M., Beaudoin, R., Périnet, P., Mottet, M-J. et Perron, M. 2003. L'amélioration des arbres au Québec : un outil de performance industrielle et environnementale. Note de recherche forestière n°12. Gouvernement du Québec, Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière, 8p.

Rheault, H. 2013. Détermination des possibilités forestières. Fascicule 1.2. *Dans* Bureau du forestier en chef. Manuel de détermination des possibilités forestières 2013-2018. Gouvernement du Québec, Roberval, Qc, pp. 17-18.

Skovsgaard, J. P. et Vanclay, J. K. (2008). Forest site productivity: a review of the evolution of dendrometric concepts for even-aged stands. *Forestry* 81(REUKEMA): 13-31.

SOPFIM. 2015 a. Ravageurs forestiers. La tordeuse des bourgeons de l'épinette. Consulté le 23 juin 2015, <http://www.sopfim.qc.ca/ravageurs-forestiers.html>

SOPFIM. 2015 b. Épidémies en cours. Consulté le 23 juin 2015, <https://www.mffp.gouv.qc.ca/forets/fimaq/insectes/fimaq-insectes-insectes-tordeuse.jsp>

Stiell, W. M. 1976. White spruce: artificial regeneration in Canada (No. 85). Canadian Forestry Service, Department of the Environment. 276p.