

$$P'(t) = \frac{r}{k} P(t)(b - P(t))$$
$$V_{AE,ik} = \beta_1 d h p_{ik}^{\beta_2} H_{ik}^{\beta_3} + \varepsilon_{2,ik}$$



0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

# Éclaircie commerciale de la pinède à pin rouge et de la pinède à pin blanc de la forêt d'expérimentation du Ruisseau-de-l'Indien en Outaouais : résultats de 10 ans

par Christian Godbout

MÉMOIRE DE RECHERCHE FORESTIÈRE N° 177

DIRECTION DE LA RECHERCHE FORESTIÈRE



# **Éclaircie commerciale de la pinède à pin rouge et de la pinède à pin blanc de la forêt d'expérimentation du Ruisseau-de-l'Indien en Outaouais : résultats de 10 ans**

par Christian Godbout, ing.f., M. Sc., *Ph. D.*

**MÉMOIRE DE RECHERCHE FORESTIÈRE N° 177**

**DIRECTION DE LA RECHERCHE FORESTIÈRE**

# Mandat de la DRF

La Direction de la recherche forestière a pour mandat de participer activement à l'orientation de la recherche et à l'amélioration de la pratique forestière au Québec, dans un contexte d'aménagement forestier durable, en réalisant des travaux de recherche scientifique appliquée. Elle acquiert de nouvelles connaissances, du savoir-faire et du matériel biologique et contribue à leur diffusion ou leur intégration au domaine de la pratique. Elle subventionne aussi des recherches en milieu universitaire, le plus souvent dans des créneaux complémentaires à ses propres travaux.

## Les mémoires de recherche forestière de la DRF

Depuis 1970, chacun des Mémoires de recherche forestière de la DRF est révisé par au moins trois pairs indépendants. Cette publication est produite et diffusée à même les budgets de recherche et de développement, comme autant d'étapes essentielles à la réalisation d'un projet ou d'une expérience. Ce document à tirage limité est également disponible dans notre site Internet en format pdf.

Vous pouvez adresser vos demandes à :

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs  
Direction de la recherche forestière  
2700, rue Einstein, Québec (Québec)  
Canada, G1P 3W8  
Courriel : [recherche.forestiere@mffp.gouv.qc.ca](mailto:recherche.forestiere@mffp.gouv.qc.ca)  
Internet : [www.mffp.gouv.qc.ca/forets/connaissances/recherche](http://www.mffp.gouv.qc.ca/forets/connaissances/recherche)

© Gouvernement du Québec

On peut citer ce texte en indiquant la référence. Citation recommandée :

Godbout, C. 2016. *Éclaircie commerciale de la pinède à pin rouge et de la pinède à pin blanc de la forêt d'expérimentation du Ruisseau-de-l'Indien en Outaouais : résultats de 10 ans*. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière. Mémoire de recherche forestière n° 177. 102 p.

Toutes les publications produites par la Direction de la recherche forestière, du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, sont protégées par les dispositions de la Loi sur le droit d'auteur, les lois, les politiques et les règlements du Canada, ainsi que par des accords internationaux. Il est interdit de reproduire, même partiellement, ces publications sans l'obtention préalable d'une permission écrite.

ISSN : 1183-3912  
ISBN : 978-2-550-75913-3  
ISBN (PDF) : 978-2-550-75914-0  
G.F.D.C. 242--015 (714)  
L.C. SD 396.5

## Notes biographiques



**Christian Godbout** est ingénieur forestier, diplômé de l'Université Laval en 1980. Le même établissement lui décerne le diplôme de maître ès sciences (écologie et pédologie forestières) en 1983, puis celui de *Philosophiae doctor* (sciences forestières) en 1990. Ses études supérieures ont porté sur les symbioses racinaires chez les arbres. De 1990 à 1992, il est assistant de recherche à l'Institut de recherche en biologie végétale de l'Université de Montréal. En 1992, il a été recruté à la Direction de la recherche forestière dans l'équipe de Jean-Louis Brown, pour étudier la variabilité des sols en rapport avec les chablis ainsi que la composition et la structure de forêts feuillues anciennes. Il concentre maintenant ses travaux sur la sylviculture du pin rouge, du pin blanc et du bouleau à papier.



Aperçu de la pinède à pin blanc dans la forêt d'expérimentation du Ruisseau-de-l'Indien en 1992, 5 ans après la coupe d'éclaircie commerciale. Photo : Jean-Louis Brown

# Résumé

Des éclaircies commerciales ont été pratiquées en Outaouais dans une forêt formée d'une pinède à pin rouge (*Pinus resinosa* Aiton, PIR) et d'une pinède à pin blanc (*Pinus strobus* L., PIB) sur des dépôts de surface constitués de sables fins et moyens. Cette forêt est issue d'une coupe à diamètre limite effectuée dans les années 1940, dans laquelle les pins avaient été dégagés du couvert de pin gris (*Pinus banksiana* Lamb.) et de peupliers (*Populus* sp.). Le couvert initial de la pinède à pin rouge était formé en majorité de PIR âgés de 50 à 80 ans, alors que celui de la pinède à pin blanc comprenait des PIB en majorité âgés de 90 à 110 ans. La structure diamétrale de ces pinèdes était irrégulière, avec un nombre de tiges décroissant avec l'augmentation du diamètre. Douze parcelles de 1,0 ha et 3 parcelles de 0,5 ha ont été mesurées avant la coupe, immédiatement après la coupe et 10 ans après la coupe. Avant la coupe, les surfaces terrières (ST) des parcelles variaient de 31 à 39 m<sup>2</sup>/ha, avec 31 à 85 % de PIR et de PIB. Un volume marchand brut de 100 à 200 m<sup>3</sup>/ha a été prélevé lors de l'éclaircie, et les ST variaient de 13 à 24 m<sup>2</sup>/ha après la coupe. Dans la pinède à pin blanc, 4 parcelles témoins non éclaircies (ST variant de 35 à 39 m<sup>2</sup>/ha) ont aussi été établies.

## Pinède à pin rouge

L'âge et le diamètre à hauteur de poitrine (DHP) du PIR étaient peu corrélés dans la pinède à pin rouge. Par exemple, les PIR de 80 ans avaient un DHP de 25 à 45 cm. Selon la ST résiduelle, la croissance moyenne en diamètre des PIR a augmenté jusqu'à la classe de DHP de 19–24 ou de 24–29 cm, puis s'est stabilisée jusqu'à la classe de 34–39 cm. Elle tendait aussi à diminuer avec l'augmentation de la ST totale après la coupe. En moyenne, les PIR dont le DHP initial était de 30 cm ont eu un accroissement de 5,8 cm sur 10 ans dans les parcelles éclaircies à une ST moyenne de 18,4 m<sup>2</sup>/ha après la coupe, et de 4,7 cm dans celles avec une ST moyenne de 23,5 m<sup>2</sup>/ha après la coupe.

Pour l'ensemble des tiges de DHP > 9,0 cm, la production nette sur 10 ans a varié de 5,2 à 6,0 m<sup>2</sup>/ha dans les parcelles. Le recrutement en PIR a été pratiquement nul, et la mortalité du PIR a été faible (0 à 0,3 m<sup>2</sup>/ha). Chez les PIR, les tiges les plus productives, par m<sup>2</sup> de ST de PIR, étaient celles de DHP < 25 cm. Ainsi, la ST occupée par ces tiges a influencé la production en PIR de cette pinède à structure irrégulière.

Pour toutes les espèces, 10 ans après la coupe, la production nette des tiges de dimension de bois d'œuvre (DHP > 23,0 cm) a été plus forte (de 6,3 à 7,3 m<sup>2</sup>/ha selon les parcelles) que celle des tiges de DHP > 9,0 cm. Le volume des PIR de dimension de bois d'œuvre a atteint ou dépassé celui d'avant la coupe dans 4 des 5 parcelles. Les simulations montrent que pour les deux intensités d'éclaircie, la production nette en PIR de dimension de bois d'œuvre, 10 ans après la coupe, est sensiblement la même (5,5 m<sup>2</sup>/ha), lorsqu'elle est estimée avec 80 % de la surface terrière après la coupe en PIR et un rapport de 0,8 de la ST des PIR de DHP > 23,0 cm sur celle des PIR de DHP > 9,0 cm.

## Pinède à pin blanc

L'âge et le DHP du PIB étaient très peu corrélés dans la pinède à pin blanc. Par exemple, des PIB de 100 ans et plus avaient un DHP de 15 à 68 cm. Près de 20 % des PIB de DHP < 30 cm étaient cariés, mais aucun PIB de DHP > 45 cm ne montrait de carie. Chez les peupliers, 60 à 100 % des tiges présentaient de la carie dans les classes de DHP de 19–24 à 54–59 cm.

La croissance moyenne en diamètre du PIB diminuait avec la ST totale après la coupe. Après 10 ans, pour un DHP de 30 cm, l'accroissement atteignait en moyenne 5,6 cm dans les parcelles éclaircies avec une ST moyenne de 19,1 m<sup>2</sup>/ha après la coupe, 4,4 cm dans celles avec une ST moyenne de 23,1 m<sup>2</sup>/ha après la coupe, et 3,3 cm dans les parcelles témoins (ST moyenne de 37,4 m<sup>2</sup>/ha). La croissance moyenne en diamètre des PIB augmentait avec le DHP. Par exemple, 10 ans après la coupe, dans les parcelles avec une ST de 23,1 m<sup>2</sup>/ha, elle atteignait 1,3 cm pour les tiges de la classe de DHP de 14–19 cm et 5,0 cm pour celle de 39–44 cm.

Le PIB a montré de meilleurs accroissements en diamètre que le peuplier à grandes dents (*Populus grandidentata* Michx.). Sa croissance n'a pas été influencée par la proportion de peupliers, même si elle semble l'avoir été dans le passé. Chez les petites tiges, le hêtre à grandes feuilles (*Fagus grandifolia* Ehrh.) et le chêne rouge (*Quercus rubra* L.) montrent les plus fortes croissances en diamètre, alors que le PIB affiche une croissance parmi les plus faibles.

Une production nette de 1,8 à 5,2 m<sup>2</sup>/ha a été observée, 10 ans après la coupe, pour l'ensemble des tiges de DHP > 9,0 cm dans la pinède à pin

blanc. Le recrutement en PIB a été minime, et la mortalité du PIB a généralement varié de 0,2 à 0,5 m<sup>2</sup>/ha dans les parcelles éclaircies et de 0,8 à 1,0 m<sup>2</sup>/ha dans les parcelles témoins. La production des PIB par m<sup>2</sup> de ST de PIB a augmenté avec le DHP jusqu'à la classe de DHP de 29–34 cm, pour ensuite tendre à diminuer ou à se stabiliser.

Dix ans après la coupe, le volume en PIB de dimension de bois d'œuvre a atteint ou dépassé celui d'avant la coupe dans 5 des 7 parcelles. La production nette en bois d'œuvre a varié de 2,2 à 5,6 m<sup>2</sup>/ha selon les parcelles. Les simulations montrent que la production nette en PIB de dimension de bois d'œuvre, 10 ans après la coupe, est légèrement plus forte pour une ST de 19 m<sup>2</sup>/ha que pour une ST de 37,5 m<sup>2</sup>/ha, dont la production

nette est elle-même plus grande que pour une ST de 23 m<sup>2</sup>/ha. Ces productions nettes sont estimées respectivement à 5,2, 5,0 et 4,4 m<sup>2</sup>/ha, avec 80 % de la surface terrière après la coupe en PIB et un rapport de 0,8 de la ST des PIB de DHP > 23,0 cm sur celui des PIB de DHP > 9,0 cm.

À des DHP de plus de 35 cm, le PIB croît davantage en diamètre que le PIR. De plus, la production en PIR, par m<sup>2</sup> de ST de PIR, diminue fortement avec l'augmentation du DHP, contrairement à celle des PIB. Pour la production de bois d'œuvre, il est donc recommandé de ne pas le laisser le PIR atteindre de trop gros diamètres, afin de ne pas réduire le rendement. En revanche, il est conseillé de laisser croître le PIB à de gros diamètres pour augmenter la production de bois de qualité supérieure.

Mots-clés : accroissement, carie, mortalité, *Pinus strobus*, *Pinus resinosa*, pin blanc, pin rouge, rendement

## Abstract

In Quebec's Outaouais region, commercial thinning operations were carried out in a forest composed of red pine (*Pinus resinosa* Aiton) and white pine (*Pinus strobus* L.) stands. Surficial deposits consisted of fine and medium sands. In the 1940s, a diameter limit cutting had released red and white pines from the larger jack pines (*Pinus banksiana* Lamb.) and poplars (*Populus* sp.) that composed the canopy. The canopy of the red pine stand was mostly composed of 50- to 80-year-old red pines, and that of the white pine stand was mostly composed of 90- to 110-year-old white pines. These stands had an irregular diameter structure, with decreasing numbers of stems as diameter increased. Twelve 1.0-ha experimental plots and three 0.5-ha plots were measured before, immediately after, and 10 years after thinning. Prior to harvesting, plot basal area (BA) ranged from 31 to 39 m<sup>2</sup>/ha, of which red or white pines accounted for 31% to 85%. The thinning removed a gross merchantable volume of 100 to 200 m<sup>3</sup>/ha per plot and left a residual BA of 13 to 24 m<sup>2</sup>/ha per plot. In the white pine forest, 4 unthinned plots were also established as controls (BA range: 35–39 m<sup>2</sup>/ha).

### Red pine stand

In the red pine stand, the age and diameter at breast height (DBH) of red pine trees were not correlated. For example, the DBH of 80-year-old red pines ranged from 25 to 45 cm. Depending on residual BA, red pine mean diameter growth increased up to the 19–24 or 24–29-cm DBH class, then remained stable up to the 34–39-cm DBH class. It also tended to decrease as total residual BA increased. On average, for red pines with an initial DBH of 30 cm, 10-year diameter increment was 5.8 cm in plots thinned to an average residual BA of 18.4 m<sup>2</sup>/ha, and 4.7 cm in those thinned to an average residual BA of 23.5 m<sup>2</sup>/ha.

Ten years after thinning, overall net production of merchantable stems (DBH > 9.0 cm) ranged from 5.2 to 6.0 m<sup>2</sup>/ha per plot in the red pine stand. Red pine recruitment was almost nil, and red pine mortality was very low (0 to 0.3 m<sup>2</sup>/ha). The most productive red pine stems per unit of red pine BA were those with a DBH < 25 cm. Thus, the BA of this fraction had a strong influence on global red pine productivity in this irregular pine stand.

After 10 years, the net production of lumber-sized stems (DBH > 23.0 cm) for all species was greater than that of merchantable stems, and ranged from 6.3 to 7.3 m<sup>2</sup>/ha depending on plots. In 4 of the 5 plots, the volume of lumber-sized red pines had reached or surpassed levels observed before thinning. Simulations show that for both thinning intensities, net production of lumber-sized red pines, 10 years after thinning, was essentially the same (5.5 m<sup>2</sup>/ha), when estimated with 80% of residual BA as red pine and with a ratio of lumber-sized/merchantable red pines of 0.8.

### White pine stand

In the white pine stand, the age and DBH of white pine trees were not correlated. For example, the DBH of white pines aged 100 years or more ranged from 15 to 68 cm. Decay was observed in almost 20% of white pines with a DBH < 30 cm, but in none of those with a DBH > 45 cm. Among poplars, 60% to 100% of trees in the 19–24 to 54–59-cm DBH classes showed the presence of decay.

Mean diameter increment of white pines decreased as total residual BA increased. White pines with an initial DBH of 30 cm had an average 10-year diameter increment of 5.6 cm in plots thinned to a mean residual BA of 19.1 m<sup>2</sup>/ha, of 4.4 cm in plots thinned to a mean residual BA of 23.1 m<sup>2</sup>/ha, and of 3.3 cm in the unthinned control plots (mean BA: 37.4 m<sup>2</sup>/ha). Mean diameter increment of white pines increased with DBH. For example, in plots thinned to an average residual BA of 23.0 m<sup>2</sup>/ha, the 10-year diameter increment was 1.3 cm for stems in the 14–19 cm DBH class, but reached 5.0 cm for those in the 39–44 cm class.

White pines had larger diameter growth increments than large-toothed aspens (*Populus grandidentata* Michx.). Their growth was not influenced by the proportion of poplars, unlike what appears in the past. In the smaller DBH classes, diameter increments of American beeches (*Fagus grandifolia* Ehrh.) and red oaks (*Quercus rubra* L.) were the largest, while those of white pines were among the smallest.

Ten years after thinning, overall net production of merchantable stems in the white pine stand ranged from 1.8 to 5.2 m<sup>2</sup>/ha per plot. White pine recruitment was minimal. Its mortality rate varied from

0.2 to 0.5 m<sup>2</sup>/ha in thinned plots, and from 0.8 to 1.0 m<sup>2</sup>/ha in control plots. White pine production per unit of white pine BA increased with DBH up to the 29–34 cm class, after which it tended to decrease or remain stable.

After 10 years, the volume of lumber-sized white pines reached or surpassed those observed before thinning in 5 of the 7 plots. Total net production of lumber-sized white pines ranged from 2.2 to 5.6 m<sup>2</sup>/ha among plots. Simulations show that the net production of lumber-sized white pines after 10 years was slightly greater with a BA of 19 m<sup>2</sup>/ha than with a BA of 37.5 m<sup>2</sup>/ha, which in turn was greater than with a BA of 23 m<sup>2</sup>/ha. Values are 5.2, 5.0 and

4.4 m<sup>2</sup>/ha, respectively, when estimated with 80% of residual BA as white pine and with a ratio of lumber-sized/merchantable white pines of 0.8.

In DBH classes larger than 35 cm, white pines had greater diameter growth than red pines. In addition, red pine production per unit of red pine BA strongly decreased as DBH increases, which was not the case for white pine. For lumber production, we therefore recommend harvesting red pines before they reach exceedingly large diameters, in order to avoid a decrease in yield. By contrast, we recommend letting white pines reach large diameters, in order to increase the production of high-quality lumber.

*Keywords* : decay, growth increment, mortality, Pinus strobus, Pinus resinosa, red pine, white pine, yield

# Remerciements

Je désire remercier M. Jean-Louis Brown, ingénieur forestier, pour la création de la forêt d'expérimentation du Ruisseau-de-l'Indien ainsi que la conception et l'établissement du dispositif expérimental en 1987. Mes remerciements s'adressent également à M. Daniel Lebel, technicien forestier, pour son dévouement et son implication personnelle à mener à bien les travaux de terrain et la saisie de données, ainsi que pour les nombreuses heures passées sur le terrain dans des conditions souvent inconfortables. Je remercie tous les techniciens et étudiants qui ont participé à l'établissement et à la cueillette des données du dispositif. Mes remerciements s'adressent également à Mme Marie-Claude Lambert pour les analyses statistiques contenues dans ce document et pour lesquelles je lui suis entièrement redevable, ainsi que pour ses commentaires empreints de rigueur au sujet de la portée des résultats de notre étude. Je remercie aussi le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre

les Changements climatiques du Québec de nous avoir permis d'établir deux parcelles témoins dans la Réserve écologique du Ruisseau-de-l'Indien, d'y circuler pour accéder à ces parcelles et de les remesurer périodiquement. Je tiens à remercier les deux réviseurs anonymes ainsi que M. Marcel Prévost, qui a agi à titre d'éditeur associé, pour leur dévouement et leur patience à relire ce volumineux document et pour leurs commentaires et suggestions qui ont contribué à l'améliorer. Enfin, mes remerciements s'adressent à l'équipe de transfert de connaissances, en particulier Mme Maripierre Jalbert et Mme Nathalie Langlois pour le graphisme et la mise en page, ainsi que Mme Denise Tousignant pour l'édition du document. Les travaux dont les résultats sont présentés dans ce document ont été réalisés et financés par la Direction de la recherche forestière dans le cadre des projets successifs n<sup>os</sup> R82411 (début : 1984; titulaire initial : Jean-Louis Brown), 0904 140S, 11231 0019 et enfin, l'actuel projet n<sup>o</sup> 142332019.



# Table des matières

<b>Résumé</b> .....	v
<b>Abstract</b> .....	vii
<b>Remerciements</b> .....	ix
<b>Liste des tableaux</b> .....	xiii
<b>Liste des figures</b> .....	xv
<b>Liste des annexes</b> .....	xxi
<b>Liste des abréviations utilisées dans cet ouvrage</b> .....	xxiii
<b>Liste des noms d'espèces d'arbres mentionnées dans cet ouvrage</b> .....	xxv
<b>Introduction</b> .....	1
<b>Chapitre premier – Matériel et méthodes</b> .....	3
1.1. Site d'étude .....	3
1.2. Parcelles .....	3
1.2.1. Pinède à pin rouge .....	4
1.2.2. Pinède à pin blanc .....	4
1.3. Mesures .....	5
1.4. Calculs .....	5
1.4.1. Valeurs déjà publiées .....	5
1.4.2. Tiges résiduelles .....	5
1.4.3. Volume marchand brut .....	5
1.4.4. Indice de qualité de station .....	6
1.4.5. Hauteur dominante et couvert dominant .....	6
1.4.6. Structure d'âge des pinèdes et présence de carie .....	6
1.4.7. Production .....	6
1.5. Analyses statistiques .....	7
1.5.1. Regroupements de surface terrière .....	7
1.5.2. Mortalité et croissance après 10 ans .....	7
1.6. Simulation de la production nette .....	8
1.6.1. Pinède à pin rouge .....	8
1.6.2. Pinède à pin blanc .....	8
<b>Chapitre deux – Résultats</b> .....	9
2.1. Pinède à pin rouge .....	9
2.1.1. Avant la coupe .....	9
2.1.2. Après la coupe .....	11
2.1.3. Dix ans après la coupe .....	12
2.1.3.1. Généralités .....	12
2.1.3.2. Patron de structure diamétrale .....	12
2.1.3.3. Croissance en diamètre .....	15

2.1.3.4.	Recrutement .....	16
2.1.3.5.	Mortalité .....	17
2.1.4.	Production .....	20
2.1.4.1.	Toutes les espèces .....	20
2.1.4.2.	Pin rouge .....	20
2.1.4.3.	Pin blanc .....	23
2.1.4.4.	Pin rouge et pin blanc .....	24
2.1.4.5.	Autres espèces .....	24
2.1.4.6.	Toutes les espèces (DHP > 23,0 cm) .....	24
2.1.4.7.	Pin rouge (DHP > 23,0 cm) .....	26
2.1.4.8.	Simulation de la production nette du pin rouge .....	26
2.1.4.8.1.	Pin rouge de dimension marchande (9+) .....	26
2.1.4.8.2.	Pin rouge de dimension de bois d'œuvre (23+) .....	26
2.2.	Pinède à pin blanc .....	30
2.2.1.	Avant la coupe .....	30
2.2.2.	Après la coupe .....	31
2.2.3.	Dix ans après la coupe .....	34
2.2.3.1.	Généralités .....	35
2.2.3.2.	Patron de structure diamétrale .....	38
2.2.3.3.	Croissance en diamètre .....	38
2.2.3.4.	Recrutement .....	40
2.2.3.5.	Mortalité .....	40
2.2.4.	Production .....	42
2.2.4.1.	Toutes les espèces .....	42
2.2.4.2.	Pin blanc .....	42
2.2.4.3.	Autres résineux .....	47
2.2.4.4.	Feuillus .....	48
2.2.4.5.	Toutes les espèces (DHP > 23,0 cm) .....	50
2.2.4.6.	Pin blanc (DHP > 23,0 cm) .....	50
2.2.4.7.	Simulation de la production nette du pin blanc .....	54
2.2.4.7.1.	Pin blanc de dimension marchande (9+) .....	54
2.2.4.7.2.	Pin blanc de dimension de bois d'œuvre (23+) .....	55
2.3.	Comparaisons entre la pinède à pin rouge et la pinède à pin blanc .....	57
2.3.1.	Croissance en diamètre .....	57
2.3.2.	Production .....	57
2.3.3.	Simulation de la production nette du pin rouge et du pin blanc .....	61
<b>Chapitre trois – Discussion</b>	.....	<b>65</b>
<b>Conclusion et recommandations</b>	.....	<b>73</b>
<b>Références bibliographiques</b>	.....	<b>75</b>
<b>Annexes</b>	.....	<b>79</b>

# Liste des tableaux

<b>Tableau 1.</b> Recrutement observé 10 ans après la coupe, par espèce ou groupe d'espèces et par regroupement de surface terrière (ST), dans chacune des parcelles de la pinède à pin rouge ..	15
<b>Tableau 2.</b> Surface terrière (ST) avant la coupe (AVC), après la coupe (APC) et 10 ans après la coupe, bilan de production 10 ans après la coupe, proportion de la ST après la coupe et taux de production par accroissement des survivants, par espèce ou groupe d'espèces, dans chacune des parcelles de la pinède à pin rouge .....	18
<b>Tableau 3.</b> Surface terrière (ST) avant la coupe (AVC), après la coupe (APC) et 10 ans après la coupe, bilan de production 10 ans après la coupe, proportion de la ST après la coupe et taux de production par accroissement des survivants, par espèce ou groupe d'espèces de DHP de plus de 23,0 cm (23+), dans chacune des parcelles de la pinède à pin rouge .....	25
<b>Tableau 4.</b> Recrutement observé 10 ans après la coupe, par espèce ou groupe d'espèces et par regroupement de surface terrière (ST), dans chacune des parcelles de la pinède à pin blanc ..	41
<b>Tableau 5.</b> Surface terrière (ST) avant la coupe (AVC), après la coupe (APC) et 10 ans après la coupe, bilan de production 10 ans après la coupe, proportion de la ST en PIB et PIR après la coupe et taux de production par accroissement des survivants, pour l'ensemble des espèces, dans chacune des parcelles de la pinède à pin blanc .....	46
<b>Tableau 6.</b> Surface terrière (ST) avant la coupe (AVC), après la coupe (APC) et 10 ans après la coupe, bilan de production 10 ans après la coupe, proportion de la ST après la coupe et taux de production par accroissement des survivants, pour le PIB, dans chacune des parcelles de la pinède à pin blanc .....	46
<b>Tableau 7.</b> Surface terrière (ST) moyenne avant la coupe (AVC), après la coupe (APC) et 10 ans après la coupe, bilan de production moyen 10 ans après la coupe, taux moyen de production par accroissement des survivants et taux moyen de mortalité, par espèce ou groupe d'espèces, dans les 7 parcelles éclaircies et les 4 parcelles témoins de la pinède à pin blanc .....	51
<b>Tableau 8.</b> Surface terrière (ST) avant la coupe (AVC), après la coupe (APC) et 10 ans après la coupe, bilan de production 10 ans après la coupe, proportion de la ST après la coupe et taux de production par accroissement des survivants, pour l'ensemble des espèces de DHP de plus de 23,0 cm (23+), dans chacune des parcelles de la pinède à pin blanc .....	52
<b>Tableau 9.</b> Surface terrière (ST) avant la coupe (AVC), après la coupe (APC) et 10 ans après la coupe, bilan de production 10 ans après la coupe, proportion de la ST après la coupe et taux de production par accroissement des survivants, pour le PIB de DHP de plus de 23,0 cm (PIB <sub>23+</sub> ), dans chacune des parcelles de la pinède à pin blanc .....	52
<b>Tableau 10.</b> Comparaison de la production nette (PROD <sub>nette</sub> ), 10 ans après la coupe, entre les parcelles éclaircies de la pinède à pin rouge et celles de la pinède à pin blanc, pour les tiges de DHP de plus de 9,0 cm (9+) et 23,0 cm (23+) de l'ensemble des espèces et des pins seulement, par regroupement de surface terrière (ST) après la coupe (APC) .....	58



## Liste des figures

<b>Figure 1.</b>	Carte de l'emplacement de la forêt d'expérimentation du Ruisseau-de-l'Indien .....	3
<b>Figure 2.</b>	Répartition des parcelles et des dépôts de surface dans la forêt d'expérimentation du Ruisseau-de-l'Indien .....	4
<b>Figure 3.</b>	Surface terrière par espèce ou groupe d'espèces dans chacune des parcelles de la pinède à pin rouge, avant la coupe (a) et après la coupe (b) .....	9
<b>Figure 4.</b>	Structure diamétrale avant et après la coupe, pour toutes les espèces ainsi que pour le pin rouge (PIR), dans chacune des parcelles de la pinède à pin rouge .....	10
<b>Figure 5.</b>	Relation entre l'âge mesuré à 1,3 m du sol et le DHP du pin rouge avant la coupe, dans les parcelles de la pinède à pin rouge .....	11
<b>Figure 6.</b>	Composition du couvert dominant (100 plus grosses tiges à l'hectare) après la coupe, pour chacune des parcelles de la pinède à pin rouge .....	11
<b>Figure 7.</b>	Volume marchand brut (VMB) du pin rouge avant la coupe, après la coupe et 10 ans après la coupe, pour chacune des parcelles de la pinède à pin rouge .....	13
<b>Figure 8.</b>	Structure diamétrale du pin rouge après la coupe et 10 ans après la coupe, et mortalité du pin rouge par classe de DHP 10 ans après la coupe, pour chacune des parcelles de la pinède à pin rouge .....	14
<b>Figure 9.</b>	Fréquence cumulative de l'accroissement en diamètre du pin rouge par classe de DHP et par regroupement de ST pour la pinède à pin rouge .....	16
<b>Figure 10.</b>	Croissance du pin rouge en 10 ans, par classe de DHP et par regroupement de ST, pour la pinède à pin rouge .....	17
<b>Figure 11.</b>	Comparaison de l'accroissement en diamètre du pin blanc (PIB) et du pin rouge (PIR) en 10 ans, par classe de DHP et par regroupement de ST, dans la pinède à pin rouge .....	17
<b>Figure 12.</b>	Nombre de tiges mortes et survivantes 10 ans après la coupe, par classe de DHP, pour l'ensemble des parcelles 01, 02, 03 et 04 de la pinède à pin rouge .....	19
<b>Figure 13.</b>	Surface terrière des tiges mortes et survivantes par espèce, 10 ans après la coupe, pour l'ensemble des parcelles 01, 02, 03 et 04 de la pinède à pin rouge .....	19
<b>Figure 14.</b>	Nombre de tiges mortes et survivantes de pin gris (PIG), de sapin baumier (SAB), d'érable rouge (ERR) et de bouleau à papier (BOP) 10 ans après la coupe, par classe de DHP, pour l'ensemble des parcelles 01, 02, 03 et 04 de la pinède à pin rouge .....	20
<b>Figure 15.</b>	Nombre de tiges mortes et survivantes de peuplier faux-tremble (PET) et de peuplier à grandes dents (PEG) 10 ans après la coupe, par classe de DHP, pour l'ensemble des parcelles 01, 02, 03 et 04 de la pinède à pin rouge .....	21
<b>Figure 16.</b>	Nombre de tiges mortes et survivantes de pin blanc (PIB) et de pin rouge (PIR) 10 ans après la coupe, par classe de DHP, pour l'ensemble des parcelles 01, 02, 03 et 04 de la pinède à pin rouge .....	21

<b>Figure 17.</b> Production nette (a), production par accroissement des survivants (b), recrutement (c) et mortalité (d) de l'ensemble des espèces 10 ans après la coupe, en fonction de la surface terrière totale après la coupe, pour chacune des parcelles de la pinède à pin rouge .....	22
<b>Figure 18.</b> Production nette (a), production par accroissement des survivants (b), recrutement (c) et mortalité (d) du pin rouge (PIR) 10 ans après la coupe, en fonction de sa surface terrière après la coupe, pour chacune des parcelles de la pinède à pin rouge .....	23
<b>Figure 19.</b> Taux de production par accroissement des survivants des pins rouges, par classe de DHP, pour les 3 regroupements de ST de la pinède à pin rouge .....	24
<b>Figure 20.</b> Production nette (a), production par accroissement des survivants (b), recrutement (c) et mortalité (d) de l'ensemble des espèces de DHP de plus de 23,0 cm, 10 ans après la coupe, en fonction de leur surface terrière après la coupe, pour chacune des parcelles de la pinède à pin rouge .....	27
<b>Figure 21.</b> Production nette (a), production par accroissement des survivants (b), recrutement (c) et mortalité (d) des pins rouges de DHP de plus de 23,0 cm (PIR <sub>23+</sub> ), 10 ans après la coupe, en fonction de leur surface terrière après la coupe, pour chacune des parcelles de la pinède à pin rouge .....	28
<b>Figure 22.</b> Proportion des PIR de chacune des classes de DHP après la coupe qui ont franchi le seuil de DHP de 23,0 cm après 10 ans, pour les 3 regroupements de ST .....	29
<b>Figure 23.</b> Simulation de la production nette en pin rouge (PIR) pour les regroupements de ST <sub>APC</sub> moyenne et de ST <sub>APC</sub> basse (a) selon la proportion de la ST <sub>APC</sub> totale en PIR et (b) selon la ST <sub>APC</sub> en PIR .....	29
<b>Figure 24.</b> Simulation de la production nette en pin rouge de DHP de plus de 23,0 cm (PIR <sub>23+</sub> ) pour les regroupements de ST <sub>APC</sub> moyenne et de ST <sub>APC</sub> basse, (a) selon la proportion de la ST <sub>APC</sub> en PIR pour différents rapports ST PIR <sub>23+</sub> /PIR <sub>9+</sub> , et (b) selon la ST <sub>APC</sub> en PIR <sub>23+</sub> pour un rapport ST PIR <sub>23+</sub> /PIR <sub>9+</sub> de 0,8 .....	29
<b>Figure 25.</b> Surface terrière par espèce ou groupe d'espèces dans chacune des parcelles de la pinède à pin blanc, avant la coupe (a) et après la coupe (b) .....	30
<b>Figure 26.</b> Structure diamétrale avant et après la coupe, pour toutes les espèces ainsi que pour le pin blanc (PIB), dans chacune des parcelles de la pinède à pin blanc .....	32
<b>Figure 27.</b> Structure d'âge du pin blanc pour les 4 parcelles témoins (07T, 11T, 13T et 14T; âge mesuré à 1,3 m du sol; n = 280). .....	33
<b>Figure 29.</b> Présence de carie à 1,3 m du sol chez le pin blanc (PIB), dans les 4 parcelles témoins (07T, 11T, 13T et 14T), selon la classe de DHP .....	33
<b>Figure 30.</b> Présence de carie à 1,3 m du sol chez le peuplier à grandes dents (PEG), dans les 4 parcelles témoins (07T, 11T, 13T et 14T), selon la classe de DHP .....	33
<b>Figure 28.</b> Relation entre l'âge mesuré à 1,3 m du sol et le DHP du pin blanc avant la coupe, dans les parcelles de la pinède à pin blanc .....	33
<b>Figure 31.</b> Effet de la proportion de la surface terrière (ST) en peupliers sur le DHP du pin blanc (PIB) dans les parcelles de la pinède à pin blanc : a) effet de la proportion de la surface terrière en peupliers sur le DHP moyen quadratique (DHPq) du pin blanc; b) structure diamétrale du pin blanc .....	34
<b>Figure 32.</b> Composition du couvert dominant (100 plus grosses tiges à l'hectare) après la coupe, pour chacune des parcelles de la pinède à pin blanc .....	35

<b>Figure 33.</b> Volume marchand brut (VMB) du pin blanc avant la coupe, après la coupe et 10 ans après la coupe, pour chacune des parcelles de la pinède à pin blanc .....	36
<b>Figure 34.</b> Structure diamétrale du pin blanc après la coupe et 10 ans après la coupe, et mortalité du pin blanc par classe de DHP 10 ans après la coupe, pour chacune des parcelles de la pinède à pin blanc .....	37
<b>Figure 35.</b> Fréquence cumulative de l'accroissement en diamètre du pin blanc par classe de DHP et par regroupement de ST pour la pinède à pin blanc .....	38
<b>Figure 36.</b> Croissance du pin blanc en 10 ans, par classe de DHP et par regroupement de ST pour la pinède à pin blanc. a) Accroissement en diamètre; b) accroissement en surface terrière .....	39
<b>Figure 37.</b> Accroissement en diamètre du pin blanc par classe de DHP, sur une période de 10 ans, dans les 4 parcelles témoins de la pinède à pin blanc pour lesquelles la proportion en surface terrière en peupliers suit un gradient : 07T = 1 %; 11T = 14 %; 13T = 37 % et 14T = 55 % .....	39
<b>Figure 38.</b> Comparaison de l'accroissement en diamètre du pin blanc (PIB) et du peuplier à grandes dents (PEG) en 10 ans, par classe de DHP, dans la parcelle témoin 13T de la pinède à pin blanc .....	40
<b>Figure 39.</b> Croissance moyenne en diamètre, sur une période de 10 ans, de plusieurs espèces appartenant à la classe de DHP de 9–14 cm, en fonction des 3 regroupements de ST, dans la pinède à pin blanc .....	40
<b>Figure 40.</b> Taux moyen de mortalité (toutes les espèces, sur la base du nombre de tiges) 10 ans après la coupe (a) et nombre total de tiges (toutes les espèces) après la coupe (b), par classe de DHP, dans les 7 parcelles éclaircies (superficie totale : 6,5 ha) et les 4 parcelles témoins (3,5 ha) de la pinède à pin blanc .....	41
<b>Figure 41.</b> Taux moyen de mortalité par espèce (basé sur la surface terrière) 10 ans après la coupe (a), et surface terrière par espèce après la coupe (b), pour l'ensemble des 7 parcelles éclaircies (6,5 ha) et l'ensemble des 4 parcelles témoins (3,5 ha) de la pinède à pin blanc .....	43
<b>Figure 42.</b> Nombre de tiges mortes et survivantes 10 ans après la coupe, par classe de DHP, pour le sapin baumier (SAB) et le pin rouge (PIR), dans les 7 parcelles éclaircies (6,5 ha) et les 4 parcelles témoins (3,5 ha) de la pinède à pin blanc, ainsi que pour l'épinette blanche (EPB) dans les 11 parcelles de la pinède à pin blanc (10 ha) .....	44
<b>Figure 43.</b> Nombre de tiges mortes et survivantes de pin blanc (PIB) 10 ans après la coupe, par classe de DHP, dans les 7 parcelles éclaircies (6,5 ha) et les 4 parcelles témoins (3,5 ha) de la pinède à pin blanc .....	45
<b>Figure 44.</b> Nombre de tiges mortes et survivantes de peuplier à grandes dents (PEG) 10 ans après la coupe, par classe de DHP, dans les 7 parcelles éclaircies (6,5 ha) et les 4 parcelles témoins (3,5 ha) de la pinède à pin blanc .....	45
<b>Figure 45.</b> Nombre de tiges mortes et survivantes 10 ans après la coupe, par classe de DHP, pour le bouleau à papier (BOP) dans les 7 parcelles éclaircies (6,5 ha) et les 4 parcelles témoins (3,5 ha) de la pinède à pin blanc, ainsi que pour l'érable rouge (ERR), le chêne rouge (CHR) et le hêtre à grandes feuilles (HEG) dans les 11 parcelles (10 ha) de la pinède à pin blanc .....	47
<b>Figure 46.</b> Production nette (a), production par accroissement des survivants (b), recrutement (c) et mortalité (d) de l'ensemble des espèces 10 ans après la coupe, en fonction de la surface terrière totale après la coupe, pour chacune des parcelles de la pinède à pin blanc .....	48

<b>Figure 47.</b> Production nette (a), production par accroissement des survivants (b), recrutement (c) et mortalité (d) du pin blanc (PIB) 10 ans après la coupe, en fonction de sa surface terrière après la coupe, pour chacune des parcelles de la pinède à pin blanc .....	49
<b>Figure 48.</b> Taux de production par accroissement des survivants des pins blancs par classe de DHP, pour les 3 regroupements de ST de la pinède à pin blanc .....	50
<b>Figure 49.</b> Production nette (a), production par accroissement des survivants (b), recrutement (c) et mortalité (d) de l'ensemble des espèces de DHP de plus de 23,0 cm, 10 ans après la coupe, en fonction de leur surface terrière après la coupe, pour chacune des parcelles de la pinède à pin blanc .....	53
<b>Figure 50.</b> Production nette (a), production par accroissement des survivants (b), recrutement (c) et mortalité (d) des pins blancs de DHP de plus de 23,0 cm (PIB <sub>23+</sub> ), 10 ans après la coupe, en fonction de leur surface terrière après la coupe, pour chacune des parcelles de la pinède à pin blanc .....	54
<b>Figure 51.</b> Proportion des PIB de chacune des classes de DHP après la coupe qui ont franchi le seuil de DHP de 23,0 cm après 10 ans, pour les 3 regroupements de ST .....	55
<b>Figure 52.</b> Simulation de la production nette en pin blanc (PIB) pour les 3 regroupements de ST, (a) selon la proportion de la ST <sub>APC</sub> totale en pin blanc et (b) selon la ST <sub>APC</sub> en pin blanc .....	55
<b>Figure 53.</b> Simulation de la production nette en pin blanc de DHP de plus de 23,0 cm (PIB <sub>23+</sub> ) pour les 3 regroupements de ST, (a) selon la proportion de la ST <sub>APC</sub> totale en pin blanc associée à un rapport ST PIB <sub>23+</sub> /PIB <sub>9+</sub> de 0,8; (b) selon le rapport ST PIB <sub>23+</sub> /PIB <sub>9+</sub> associé à une proportion de 80 % de la ST <sub>APC</sub> totale en pin blanc; (c) selon la ST <sub>APC</sub> en PIB <sub>23+</sub> associée à un rapport ST PIB <sub>23+</sub> /PIB <sub>9+</sub> de 0,8 .....	56
<b>Figure 54.</b> Comparaison de l'accroissement en diamètre des pins rouges (PIR) de la pinède à pin rouge et de celui des pins blancs (PIB) de la pinède à pin blanc, pour les regroupements de ST <sub>APC</sub> basse (a) et ST <sub>APC</sub> moyenne (b) des parcelles éclaircies .....	57
<b>Figure 55.</b> Production nette (a), production par accroissement des survivants (b), recrutement (c) et mortalité (d) de l'ensemble des espèces, 10 ans après la coupe, en fonction de la surface terrière totale après la coupe, dans chacune des parcelles des regroupements de ST <sub>APC</sub> basse et de ST <sub>APC</sub> moyenne de la pinède à pin rouge et de la pinède à pin blanc .....	59
<b>Figure 56.</b> Production nette (a), production par accroissement des survivants (b), recrutement (c) et mortalité (d) de l'ensemble des espèces de DHP de plus de 23,0 cm, 10 ans après la coupe, en fonction de leur surface terrière après la coupe, dans chacune des parcelles des regroupements de ST <sub>APC</sub> basse et de ST <sub>APC</sub> moyenne de la pinède à pin rouge et de la pinède à pin blanc .....	60
<b>Figure 57.</b> Proportion des PIR de la pinède à pin rouge et des PIB de la pinède à pin blanc de chacune des classes de DHP après la coupe qui ont franchi le seuil de DHP de 23,0 cm après 10 ans, pour les regroupements de ST <sub>APC</sub> basse (a) et de ST <sub>APC</sub> moyenne (b) .....	61
<b>Figure 58.</b> Production nette (a), production par accroissement des survivants (b), recrutement (c) et mortalité (d) des pins rouges (PIR) de la pinède à pin rouge et des pins blancs (PIB) de la pinède à pin blanc, 10 ans après la coupe, dans chacune des parcelles des regroupements de ST <sub>APC</sub> basse et de ST <sub>APC</sub> moyenne .....	62
<b>Figure 59.</b> Production nette (a), production par accroissement des survivants (b), recrutement (c) et mortalité (d) des pins rouges de DHP de plus de 23,0 cm (PIR <sub>23+</sub> ) de la pinède à pin rouge et des pins blancs de DHP de plus de 23,0 cm (PIB <sub>23+</sub> ) de la pinède à pin blanc, 10 ans après la coupe, dans chacune des parcelles des regroupements de ST <sub>APC</sub> basse et de ST <sub>APC</sub> moyenne .....	63

<b>Figure 60.</b> Taux de production par accroissement des survivants des pins rouges (PIR) de la pinède à pin rouge et des pins blancs (PIB) de la pinède à pin blanc par classe de DHP, pour les regroupements de $ST_{APC}$ basse et de $ST_{APC}$ moyenne .....	64
<b>Figure 61.</b> Comparaison de la simulation de la production nette en pin rouge (PIR) de la pinède à pin rouge avec celle en pin blanc (PIB) de la pinède à pin blanc, pour les regroupements de $ST_{APC}$ basse et de $ST_{APC}$ moyenne .....	64
<b>Figure 62.</b> Positionnement des parcelles de la pinède à pin blanc sur un diagramme de densité regroupant les seuils de Leak et Lamson (1999) (lignes noires, pleines et tiretées) et ceux de Smith et Woods (1997) .....	69
<b>Figure 63.</b> Positionnement des parcelles de la pinède à pin rouge sur un diagramme de densité adapté de Smith et Woods (1997) .....	70



# Liste des annexes

<b>Annexe 1.</b> Surface terrière par espèce avant la coupe (AVC), après la coupe (APC) et 10 ans après la coupe, par regroupement de surface terrière (ST), dans chacune des parcelles de la pinède à pin rouge .....	79
<b>Annexe 2.</b> Nombre de tiges par espèce avant la coupe (AVC), après la coupe (APC) et 10 ans après la coupe, par regroupement de surface terrière (ST), dans chacune des parcelles de la pinède à pin rouge .....	81
<b>Annexe 3.</b> Caractéristiques des parcelles de la pinède à pin rouge avant la coupe (AVC), après la coupe (APC) et 10 ans après la coupe, par regroupement de surface terrière (ST), pour différentes espèces et groupes d'espèces .....	82
<b>Annexe 4.</b> Surface terrière par espèce avant la coupe (AVC), après la coupe (APC) et 10 ans après la coupe, par regroupement de surface terrière (ST), pour les parcelles de la pinède à pin blanc .....	88
<b>Annexe 5.</b> Nombre de tiges par espèce avant la coupe (AVC), après la coupe (APC) et 10 ans après la coupe, par regroupement de surface terrière (ST), dans chacune des parcelles de la pinède à pin blanc .....	90
<b>Annexe 6.</b> Caractéristiques des parcelles de la pinède à pin blanc avant la coupe (AVC), après la coupe (APC) et 10 ans après la coupe, par regroupement de surface terrière (ST), pour différentes espèces et groupes d'espèces .....	92
<b>Annexe 7.</b> Résultats des analyses statistiques sur les données 10 ans après la coupe .....	98



## Liste des abréviations utilisées dans cet ouvrage

9+	Tiges de DHP > 9,0 cm (dimension marchande)
23+	Tiges de DHP > 23,0 cm (dimension de bois d'œuvre)
DHP	Diamètre à hauteur de poitrine mesuré à 1,3 m du sol
DHP <sub>q</sub>	DHP moyen quadratique des tiges de DHP > 9,0 cm
DHP <sub>q</sub> 23+	DHP moyen quadratique des tiges de DHP > 23,0 cm
H	Hauteur totale
MORT	Composante de la production correspondant à la mortalité des tiges de DHP > 9,0 cm
MORT 23+	Composante de la production correspondant à la mortalité des tiges de DHP > 23,0 cm
PIB	Pin blanc ( <i>Pinus strobus</i> L.)
PIB <sub>9+</sub>	Pins blancs de DHP > 9,0 cm
PIB <sub>23+</sub>	Pins blancs de DHP > 23,0 cm
PIR	Pin rouge ( <i>Pinus resinosa</i> Aiton)
PIR <sub>9+</sub>	Pins rouges de DHP > 9,0 cm
PIR <sub>23+</sub>	Pins rouges de DHP > 23,0 cm
PROD <sub>brute</sub>	Production brute des tiges de DHP > 9,0 cm
PROD <sub>brute</sub> 23+	Production brute des tiges de DHP > 23,0 cm
PROD <sub>nette</sub>	Production nette des tiges de DHP > 9,0 cm
PROD <sub>nette</sub> 23+	Production nette des tiges de DHP > 23,0 cm
REC	Composante de la production correspondant au recrutement de nouvelles tiges de DHP > 9,0 cm
REC 23+	Composante de la production correspondant au recrutement de nouvelles tiges de DHP > 23,0 cm
ST	Surface terrière
ST 23+	Surface terrière des tiges de DHP > 23,0 cm
ST <sub>APC</sub>	Surface terrière immédiatement après la coupe des tiges de DHP > 9,0 cm
ST <sub>APC</sub> 23+	Surface terrière immédiatement après la coupe des tiges de DHP > 23,0 cm
SURV	Production par l'accroissement des survivants des tiges de DHP > 9,0 cm
SURV 23+	Production par l'accroissement des survivants des tiges de DHP > 23,0 cm
VMB	Volume marchand brut des tiges de DHP > 9,0 cm



## Liste des noms d'espèces d'arbres mentionnées dans cet ouvrage

Bouleau à papier (BOP) . . . . .	<i>Betula papyrifera</i> Marsh.
Bouleau jaune (BOJ) . . . . .	<i>Betula alleghaniensis</i> Britt.
Chêne rouge (CHR) . . . . .	<i>Quercus rubra</i> L.
Épinette blanche (EPB) . . . . .	<i>Picea glauca</i> (Moench) Voss
Érable à sucre (ERS) . . . . .	<i>Acer saccharum</i> Marsh.
Érable rouge (ERR) . . . . .	<i>Acer rubrum</i> L.
Frêne d'Amérique (FRA) . . . . .	<i>Fraxinus americana</i> L.
Frêne noir (FRN) . . . . .	<i>Fraxinus nigra</i> Marsh.
Hêtre à grandes feuilles (HEG) . . . . .	<i>Fagus grandifolia</i> Ehrh.
Orme d'Amérique (ORA) . . . . .	<i>Ulmus americana</i> L.
Ostryer de Virginie (OSV) . . . . .	<i>Ostrya virginiana</i> (Mill.) K. Koch.
Peuplier à grandes dents (PEG) . . . . .	<i>Populus grandidentata</i> Michx.
Peuplier faux-tremble (PET) . . . . .	<i>Populus tremuloides</i> Michx.
Pin blanc (PIB) . . . . .	<i>Pinus strobus</i> L.
Pin gris (PIG) . . . . .	<i>Pinus banksiana</i> Lamb.
Pin rouge (PIR) . . . . .	<i>Pinus resinosa</i> Aiton
Sapin baumier (SAB) . . . . .	<i>Abies balsamea</i> (L.) Mill.
Tilleul d'Amérique (TIL) . . . . .	<i>Tilia americana</i> L.



# Introduction

Avant la mise en application du régime forestier de 1986, la coupe à diamètre limite était la coupe la plus pratiquée au Québec dans les pinèdes à pin blanc. Elle a été graduellement délaissée au profit de la coupe d'éclaircie commerciale et de la coupe de jardinage (Brown 1994a). En 1987, afin de mieux cerner l'influence de la densité après la coupe sur le rendement des pinèdes, une série de coupes d'éclaircie ont été réalisées conjointement par le ministère des Ressources naturelles du Québec, le ministère de l'Environnement et de la Faune du

Québec et la compagnie Stone Consolidated inc. dans une forêt de pins rouges (*Pinus resinosa* Aiton, PIR) et de pins blancs (*Pinus strobus* L., PIB) située dans la région de l'Outaouais. La description du dispositif expérimental et les résultats de la coupe d'éclaircie sont disponibles dans Brown (1994b). Ce mémoire décrit les caractéristiques des parcelles expérimentales avant et après la coupe, et présente les résultats de croissance et de rendement de la forêt 10 ans plus tard.



# Chapitre premier

## Matériel et méthodes

### 1.1. Site d'étude

Nous référons le lecteur à la publication de Brown (1994b) pour les détails concernant l'emplacement du site d'étude, ses caractéristiques écologiques et l'historique des coupes. Cette forêt du domaine public se situe près de la rivière des Outaouais, entre Fort-Coulonge et Rapides-des-Joachims, vis-à-vis la ville ontarienne de Deep River (Figure 1), et est adjacente à la réserve écologique du Ruisseau-de-l'Indien (Figure 2, Québec 1991). Elle est issue de coupes effectuées dans le milieu des années 1940, qui visaient à enlever le couvert mature de peupliers (*Populus* sp.) et de pin gris (*Pinus banksiana* Lamb.) afin de libérer le PIB présent en sous-étage. Le relief se compose principalement d'un replat formé par des levées de plage constituées de sables fins et moyens (5S et 6S) (Figure 2). Les sols appartiennent au groupe des podzols humo-ferriques et présentent un horizon Ae généralement peu développé. Cette forêt fait partie du sous-domaine bioclimatique

de l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest et de la sous-région écologique méridionale 3a-M (Gosselin *et al.* 1999). La saison de végétation dure de 170 à 180 jours, et les précipitations annuelles moyennes varient de 800 à 1000 mm, avec une fraction nivale de 25 %.

### 1.2. Parcelles

Au total, 16 parcelles ont été établies en 1987 avant la coupe (Figure 2). Les parcelles sont de 2 grandeurs et formes différentes : les parcelles 01 à 13 sont carrées et mesurent 100 m × 100 m (1 ha); les parcelles 14 à 16 sont rectangulaires et mesurent 50 m × 100 m (0,5 ha). Leur contour a été établi à l'aide d'un théodolite afin d'obtenir une bonne précision quant à la forme et la superficie. Chaque parcelle a été subdivisée en sous-parcelles carrées de 10 m × 10 m. Quatre parcelles témoins ont été exclues de la coupe d'éclaircie (parcelles 07T, 11T, 13T et 14T).

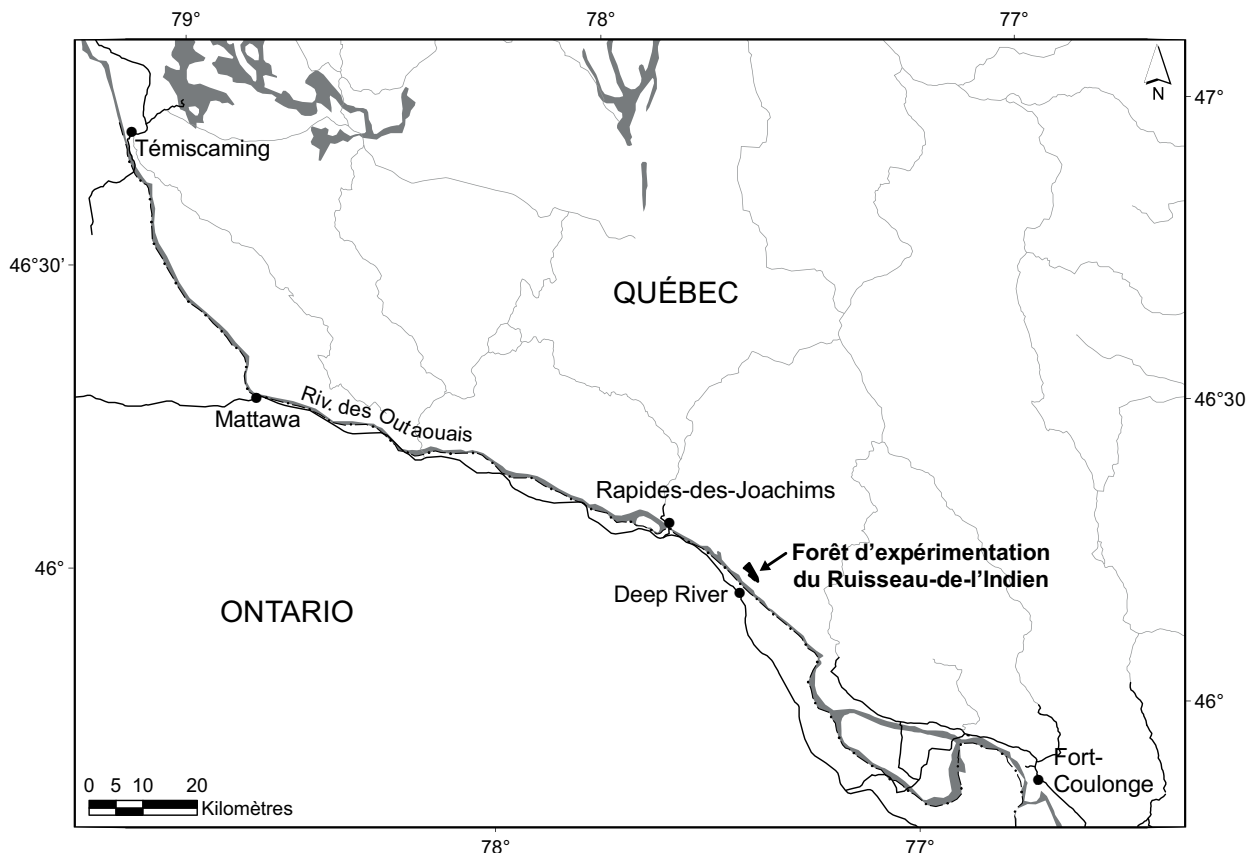


Figure 1. Carte de l'emplacement de la forêt d'expérimentation du Ruisseau-de-l'Indien.

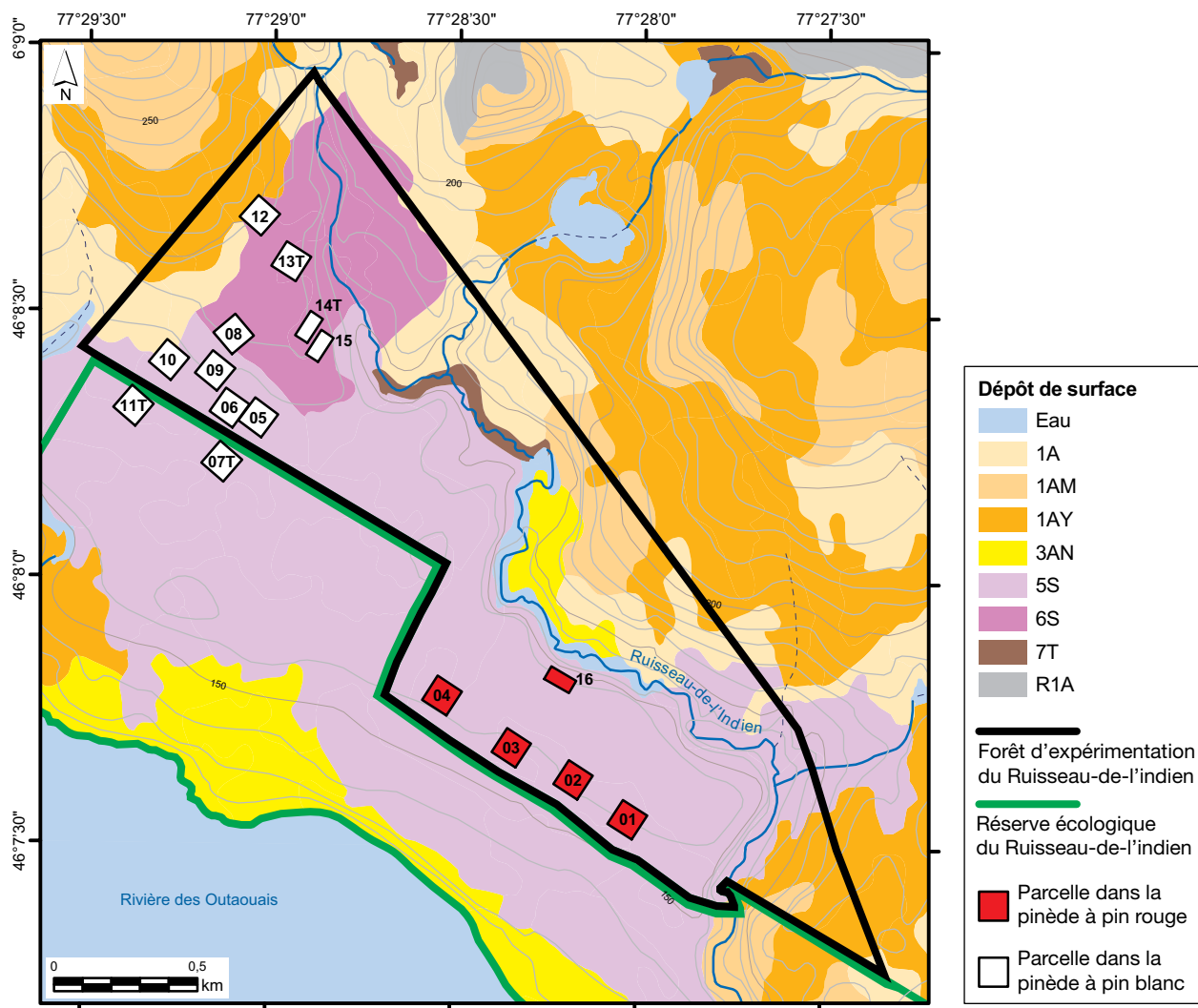
### 1.2.1. Pinède à pin rouge

Nous avons regroupé dans ce type de pinède les parcelles 01, 02, 03, 04, d'une superficie de 1,0 ha chacune, ainsi que la parcelle 16, d'une superficie de 0,5 ha. Les parcelles 01, 02 et 03 sont principalement composées de PIR. Avant la coupe, la parcelle 04 était une pinède à pin rouge et à pin blanc, et la parcelle 16 était une pinède à pin gris avec pin rouge. Ces 2 parcelles ont cependant été incluses dans la pinède à pin rouge, car après l'éclaircie, le PIR y est devenu l'espèce dominante quant à la surface terrière (ST). Toutes les parcelles

de la pinède à pin rouge sont situées dans la partie sud-est de la forêt d'expérimentation (Figure 2) constituée d'un dépôt marin peu profond (5S) et présentant un relief plat.

### 1.2.2. Pinède à pin blanc

Nous avons regroupé les 11 parcelles suivantes dans la pinède à pin blanc : 05, 06, 07T, 08, 09, 10, 11T, 12, 13T, 14T et 15. Leur superficie est de 1,0 ha, à l'exception des parcelles 14T et 15, qui font 0,5 ha chacune. Ces parcelles sont toutes regroupées dans la partie nord-ouest de la forêt d'expérimentation



**Figure 2.** Répartition des parcelles et des dépôts de surface dans la forêt d'expérimentation du Ruisseau-de-l'Indien (contour en trait noir). Dépôts de surface : 1A = till indifférencié épais (épaisseur modale > 1 m); 1AM = till indifférencié mince (épaisseur modale de 25 à 50 cm; affleurements rocheux rares ou peu abondants); 1AY = till indifférencié d'épaisseur moyenne (épaisseur modale de 50 cm à 1 m); 3AN = dépôt alluvial ancien généralement composé de gravier et de sable ainsi que d'une faible proportion de limon et d'argile; 5S = dépôt marin d'eau peu profonde constitué de sable et parfois de gravier, généralement bien triés; 6S = dépôt littoral marin mis en place par les vagues, qui marquent les niveaux autrefois atteints par la mer, avec dépôt composé de sable, de gravier et de cailloux bien triés et stratifiés; 7T = dépôt organique mince (épaisseur < 1 m); R1A = till indifférencié mince à très mince (épaisseur modale < 50 cm, affleurements rocheux abondants) (MFFP 2015).

(Figure 2), sur un relief plat ou légèrement en pente. Deux types de pinèdes à pin blanc sont représentés : la pinède à pin blanc typique (05, 06, 07T, 09, 10, 11T) et la pinède à pin blanc et peupliers (08, 12, 13T, 14T et 15). Les parcelles de la pinède à pin blanc typique sont toutes situées sur un dépôt marin peu profond (5S), sauf la parcelle 10, qui chevauche aussi en partie un dépôt de till (1A). Les parcelles de la pinède à pin blanc et peupliers sont situées sur un dépôt de littoral marin (6S).

### 1.3. Mesures

Le diamètre à hauteur de poitrine (DHP) a été mesuré avec une précision de l'ordre du mm sur toutes les tiges de DHP > 9,0 cm (9+) à l'aide d'un galon circonférentiel métallique. En 1987, les tiges ont été numérotées uniquement dans les parcelles témoins. Lors du remesurage de 1997, les tiges des parcelles éclaircies ont été numérotées. La correspondance entre les arbres mesurés en 1987 et en 1997 a été établie avec exactitude, car le mesurage de 1987 a été fait par sous-parcelle et selon une séquence bien définie. La hauteur des arbres a été mesurée à l'aide d'un clinomètre mécanique (Suunto) ou d'un clinomètre électronique (Vertex). L'âge des arbres a été mesuré sur des cylindres de bois prélevés à 1,3 m du sol dans le fût des arbres à l'aide d'une tarière de Pressler. Après séchage et sablage des cylindres de bois, les cernes annuels ont été dénombrés, en laboratoire, à l'aide d'une loupe binoculaire.

### 1.4. Calculs

#### 1.4.1. Valeurs déjà publiées

Les valeurs du nombre de tiges, de la ST et du volume marchand brut (VMB) inscrites dans cet ouvrage peuvent différer quelque peu de celles publiées par Brown (1994b) à cause de certaines corrections apportées dans le DHP et l'espèce lors du remesurage en 1997, et de l'utilisation de relations différentes entre le diamètre et la hauteur pour le calcul du VMB.

#### 1.4.2. Tiges résiduelles

Les tiges renversées lors de la coupe d'éclaircie en 1987 et qui étaient mortes 10 ans plus tard ont été considérées comme mortes immédiatement après la coupe. Sur un total de 1 086 tiges notées comme renversées immédiatement après la coupe, seulement 18 étaient encore vivantes 10 ans plus tard. Il est possible que le renversement de ces 18 tiges ait été partiel, ce qui n'a pas été noté en 1987. Aux fins de calcul, nous avons considéré que

ces 18 tiges faisaient partie des tiges résiduelles vivantes après la coupe, et que toutes les autres tiges renversées qui étaient mortes 10 ans après la coupe faisaient partie du prélèvement effectué lors de la coupe d'éclaircie.

Lors de la coupe d'éclaircie, certains gros peupliers ont été annelés plutôt qu'abattus, par un double trait pratiqué dans l'écorce tout autour de la circonférence de l'arbre à l'aide d'une scie mécanique, à environ 1 m du sol. Cependant, 10 ans plus tard, seules 66 des 108 tiges annelées étaient mortes; les 42 autres étaient encore bien vivantes. Aux fins de calcul, nous avons considéré que les tiges annelées qui étaient mortes faisaient partie du prélèvement lors de la coupe d'éclaircie, et que celles qui avaient survécu n'avaient pas été prélevées et ont été incluses dans les tiges résiduelles après la coupe.

Dans l'année suivant la coupe d'éclaircie (1988), le contour de la réserve écologique adjacente à la forêt d'expérimentation a été redéfini; lors de l'arpentage, 31 tiges ont été abattues dans les parcelles 01, 02, 03 et 04 de la pinède à pin rouge. Aux fins de calcul, nous avons considéré que ces tiges abattues faisaient partie du prélèvement de la coupe d'éclaircie.

#### 1.4.3. Volume marchand brut

Le calcul du VMB a été fait avec le tarif de cubage de Perron (1985) en appliquant une relation entre le DHP et la hauteur totale. Pour les espèces autres que le PIB et le PIR, nous avons utilisé les relations DHP-hauteur décrites dans le plan de sondage 071101 du 3<sup>e</sup> inventaire décennal du Ministère. Pour le PIB et le PIR, la relation a été bâtie à partir du DHP et de la hauteur (H) mesurés sur une dizaine de tiges dans chacune des parcelles en 2003 (sauf les parcelles témoins 07T et 11T, dans lesquelles H n'a pas été mesurée), à l'aide du modèle suivant :

$$H = a + b \times DHP + c/DHP$$

Autant pour le PIB que le PIR, les parcelles ont été séparées en deux groupes afin de mieux estimer la hauteur de la tige en fonction de son DHP. Ces deux groupes ont été formés en séparant le nuage de points en deux portions par la courbe de la relation entre le DHP et la hauteur de l'ensemble des parcelles. Chacune des parcelles a été associée à l'une ou l'autre de ces portions. Les parcelles 07T et 11T ont été associées à la relation DHP-hauteur de la parcelle la plus proche physiquement.

Pour le PIR, la relation entre le DHP (en cm) et la hauteur totale (en m) est :

$$H = 20,133 + 0,150 \times DHP - 96,777 / DHP$$

pour les parcelles 01, 02, 03, 04 et 16 ( $R^2 = 0,79$ ), et

$$H = 17,983 + 0,289 \times DHP - 85,224 / DHP$$

pour les parcelles 05, 06, 07T, 08, 09, 10, 11T, 12, 13T, 14T et 15 ( $R^2 = 0,89$ ).

Pour le PIB, la relation entre le DHP (en cm) et la hauteur totale (en m) est :

$$H = 18,053 + 0,246 \times DHP - 78,218 / DHP$$

pour les parcelles 01, 02, 03, 04, 10, 11T, 12 et 16 ( $R^2 = 0,90$ ), et

$$H = 30,404 + 0,131 \times DHP - 208,894 / DHP$$

pour les parcelles 05, 06, 07T, 08, 09, 13T, 14T et 15 ( $R^2 = 0,90$ ).

#### 1.4.4. Indice de qualité de station

L'indice de qualité de station pour le PIR et le PIB a été estimé en mesurant l'âge à 1,3 m du sol et la hauteur totale de 5 grosses tiges bien réparties dans chacune des parcelles concernées. Les relations mathématiques de Payandeh (1991) et de Woods et Miller (1996) entre l'âge à 1,3 m du sol et la hauteur totale ont servi à estimer l'indice de qualité de station. Comme une certaine oppression peut être survenue alors que les pins poussaient sous un couvert de peupliers et que cette oppression n'est pas quantifiée dans la présente étude, il se peut que les valeurs calculées d'indice de qualité de station soient inférieures au potentiel de la station.

Dans la pinède à pin rouge, l'indice de qualité de station du PIR a été calculé en échantillonnant les parcelles 01, 02 et 03. À cause de la carie de cœur empêchant de déterminer l'âge total de 3 tiges, 12 des 15 tiges échantillonnées ont été retenues. Leur hauteur totale variait de 21,3 à 27,1 m, avec une moyenne de 25,2 m. Leur âge variait de 69 à 95 ans, avec une moyenne de 84 ans.

Dans la pinède à pin blanc, l'indice de qualité de station du PIB a été calculé en échantillonnant les parcelles 05, 06, 08, 09, 10, 12, 13, 14 et 15. À cause de la carie de cœur empêchant de déterminer l'âge total de 10 tiges, 35 des 45 tiges échantillonnées ont été retenues. Leur hauteur totale variait de 29,4 à 39,5 m, avec une moyenne de 34,0 m. Leur âge variait de 109 à 142 ans, avec une moyenne de 120 ans.

#### 1.4.5. Hauteur dominante et couvert dominant

Dans cet ouvrage, la hauteur dominante, de même que le couvert dominant, ont été définis

sur la base du DHP des 100 plus grosses tiges à l'hectare. La hauteur dominante a été calculée dans chaque parcelle en utilisant les relations DHP-hauteur du plan de sondage 071101 du 3<sup>e</sup> inventaire décennal du Ministère, sauf pour le PIR et le PIB, pour lesquels nous avons utilisé les relations DHP-hauteur définies à la section 1.4.3.

#### 1.4.6. Structure d'âge des pinèdes et présence de carie

Dans la pinède à pin blanc, un carottage systématique des arbres sur 25 % de la superficie des 4 parcelles témoins a été effectué en 1987 (Brown 1994b). La structure d'âge des PIB a été calculée à partir de cet échantillon de 327 arbres répartis dans 18 sous-parcelles de 500 m<sup>2</sup>. Seuls les arbres qui ne présentaient pas de carie ont été retenus, puisque celle-ci empêchait la lecture des cernes jusqu'au cœur. La proportion des PIB présentant de la carie a aussi été déterminée sur la base de cet échantillonnage de cylindres de bois.

Dans la pinède à pin rouge, aucun échantillonnage des tiges n'a été effectué; la structure d'âge des PIR n'a donc pas été calculée.

#### 1.4.7. Production

La production (ou le rendement) est définie comme la quantité de bois, exprimée par la ST ou le VMB, produite sur une surface donnée par les arbres 9+. Elle se subdivise en 3 composantes. Premièrement, la **production par accroissement des survivants (SURV)** se définit comme l'accroissement des tiges vivantes présentes immédiatement après la coupe et qui sont demeurées vivantes 10 ans après la coupe. Cette composante permet d'apprécier la production due à la croissance des tiges. Deuxièmement, la composante du **recrutement (REC)** se définit comme la quantité de bois représentée par les nouvelles tiges 9+, c'est-à-dire celles dont le DHP était inférieur ou égal à 9,0 cm immédiatement après la coupe et qui, 10 ans après la coupe, étaient toujours vivantes et montraient un DHP > 9,0 cm. Cette composante représente la contribution des nouvelles tiges au rendement global. Troisièmement, la **mortalité (MORT)** se définit comme la quantité de bois représentée par les tiges 9+ qui étaient vivantes immédiatement après la coupe, mais mortes 10 ans après la coupe. Contrairement aux deux autres composantes, la MORT représente une perte de production. La **production brute (PROD<sub>brute</sub>)** est la somme de la SURV et du REC, et représente les gains en production de bois réalisés par la forêt. La **production nette (PROD<sub>nette</sub>)** est le rendement proprement dit de la forêt, c'est-à-dire la différence entre les

gains (SURV + REC) et les pertes (MORT). En plus de la production des tiges marchandes (9+), la production a aussi été calculée pour les arbres de DHP > 23,0 cm (23+), afin de connaître le rendement des tiges de dimension de bois d'œuvre pour le pin rouge (PIR<sub>23+</sub>) et pour le pin blanc (PIB<sub>23+</sub>) (Lemieux 2011, Monger 2004). Dans le texte, lorsque le suffixe 23+ n'est pas indiqué, il est implicite que la donnée réfère aux tiges 9+.

La mortalité a été calculée sur la base du DHP après la coupe et non du DHP après 10 ans. Ainsi, même si l'arbre a poussé un certain temps avant de mourir au cours des 10 ans suivant la coupe, cette croissance n'a pas été comptabilisée. Cela n'affecte en rien la valeur de la PROD<sub>nette</sub>, mais diminue légèrement les valeurs de SURV et de MORT.

Les figures sur la PROD<sub>nette</sub>, le REC et la MORT sont présentées par rapport à la surface terrière après la coupe (ST<sub>APC</sub>), alors que celles sur la SURV le sont par rapport à la ST<sub>APC</sub> des survivants seulement. Cette particularité permet de rapporter plus fidèlement le rapport entre la ST résiduelle et la production due à l'accroissement des tiges, en ne conservant que la ST des tiges qui ont participé à l'accroissement et en excluant les tiges qui sont mortes au cours de la période. À moins d'avis contraire, la ST<sub>APC</sub> réfère aux tiges 9+.

Le taux de production est défini comme la production (m<sup>2</sup>/ha) obtenue 10 ans après la coupe divisée par la ST<sub>APC</sub> (m<sup>2</sup>/ha). Il indique la production obtenue par m<sup>2</sup> de ST<sub>APC</sub>. Dans le cas particulier du calcul du taux de production par accroissement des survivants, la production est divisée par la ST<sub>APC</sub> des survivants, c'est-à-dire la ST<sub>APC</sub> dont on a soustrait la mortalité.

## 1.5. Analyses statistiques

### 1.5.1. Regroupements de surface terrière

À l'origine, le dispositif expérimental planifié devait comporter des blocs de coupe avec des ST résiduelles de 15, 20 et 25 m<sup>2</sup>/ha, dans lesquels des parcelles traitées et témoins étaient distribuées (Brown 1994b). Les résultats après la coupe montrent que les ST résiduelles des parcelles ne correspondent pas aux valeurs souhaitées, de sorte que le plan d'expérience planifié n'a pas été obtenu. Afin d'analyser les résultats en fonction de la ST résiduelle, nous avons regroupé les parcelles *a posteriori* selon 3 intervalles de valeurs de ST<sub>APC</sub> :

- **ST<sub>APC</sub> basse** : 17,4 et 19,5 m<sup>2</sup>/ha dans la pinède à pin rouge (parcelles 02 et 04), et de 18,6 à 19,7 m<sup>2</sup>/ha dans la pinède à pin blanc (parcelles 10, 12 et 15);
- **ST<sub>APC</sub> moyenne** : 23,5 m<sup>2</sup>/ha dans la pinède à pin rouge (parcelles 01 et 03), et de 22,2 à 24,1 m<sup>2</sup>/ha dans la pinède à pin blanc (parcelles 05, 06, 08 et 09);
- **Témoin** : de 35,0 à 38,6 m<sup>2</sup>/ha, dans la pinède à pin blanc uniquement (parcelles témoins 07T, 11T, 13T et 14T).

Notons que la parcelle 16 dans la pinède à pin rouge a été exclue des analyses, car sa **ST<sub>APC</sub> très basse** de 13,1 m<sup>2</sup>/ha la met dans une classe à part.

Ces regroupements de ST ne sont pas strictement aléatoires, puisqu'ils n'avaient pas été définis *a priori*. On devra donc interpréter les analyses statistiques avec prudence, car l'effet du regroupement de ST peut être confondu avec celui d'autres variables. De plus, comme il y a peu de parcelles dans chaque regroupement de ST (seulement 2 parcelles par regroupement de ST pour la pinède à pin rouge, et 3 ou 4 pour la pinède à pin blanc), la capacité de déceler des différences significatives est réduite, et l'influence de chacune des parcelles est grande. Nous avons donc mis l'accent sur le côté descriptif des résultats afin d'illustrer les tendances par rapport à la ST.

### 1.5.2. Mortalité et croissance après 10 ans

Afin de modéliser le caractère binomial de la mortalité, un modèle linéaire mixte généralisé a été utilisé avec la procédure GLIMMIX de SAS 9.2 (SAS Institute Inc. 2007), en retenant la fonction de lien appropriée (Littell *et al.* 2002). Ces modèles permettent d'analyser, par des techniques de régression, la relation de causalité entre une variable de la famille exponentielle et ses variables explicatives, en plus de tenir compte des effets aléatoires. Cette même approche a aussi été utilisée pour modéliser la croissance des tiges.

Les regroupements de ST, le type de pinède, le DHP, ainsi que la covariable ST avant la coupe dans le cas de la MORT ont été considérés comme des facteurs à effets fixes, tandis que les parcelles ont été considérées comme des facteurs à effets aléatoires.

L'hypothèse de normalité a été vérifiée à l'aide de la statistique de Shapiro-Wilks et de graphiques, tandis que l'homogénéité des variances a été vérifiée graphiquement. Une transformation logarithmique a été effectuée afin de normaliser les résidus et stabiliser leur variance. Cette transformation biaise un

peu les estimations des moyennes lors du retour à l'échelle originale. Le biais a été corrigé en ramenant la moyenne à l'échelle originale à l'aide d'une transformation inverse  $[\exp(\bar{y} + \sigma^2/2)]$  (Calama et Montero 2005).

Les tests sur les composantes de la variance ont été faits avec une probabilité d'erreur de type 1 de 30 % (seuil théorique  $\alpha = 0,30$ ). La statistique du test correspond à une différence entre la log-vraisemblance d'un modèle complexe et celle d'un modèle plus simple obtenu en imposant certaines contraintes aux paramètres du premier modèle (Miliken et Johnson 1984). Sous l'hypothèse que le second modèle (le plus simple) est adéquat, cette statistique suit une distribution du khi carré dont le nombre de degrés de liberté est égal au nombre de contraintes imposées aux paramètres du premier modèle.

Les tests sur les effets fixes ont été faits avec un seuil théorique de 5 %. Lorsqu'un effet fixe était significatif, des comparaisons multiples des moyennes ont été effectuées afin de déterminer où se situaient les différences. Les seuils des comparaisons multiples ont été ajustés avec une méthode qui est disponible dans SAS et basée sur des simulations pour détecter les différences significatives entre les moyennes (Westfall *et al.* 1999). Comme le DHP est une variable continue, les comparaisons multiples ont été testées pour des valeurs de DHP de 14, 20, 30 et 40 cm. Les seuils de comparaisons multiples ont été ajustés pour chaque valeur de DHP, et non pour l'ensemble des valeurs de DHP simultanément.

## 1.6. Simulation de la production nette

Comme les parcelles présentaient des proportions différentes de  $ST_{APC}$  en PIR ou en PIB, la relation entre la  $ST_{APC}$  totale et la  $PROD_{nette}$  en PIR ou en PIB est dépendante de ces proportions. Cette relation a donc été simulée par des relations linéaires entre la  $ST_{APC}$  en PIR ou celle en PIB, et les différentes composantes de la  $PROD_{nette}$  (SURV, REC, MORT) pour chacun des regroupements de ST, à la fois pour les tiges 9+ et les tiges 23+.

### 1.6.1. Pinède à pin rouge

Pour simuler la  $PROD_{nette}$  des PIR de DHP > 9,0 cm ( $PIR_{9+}$ ) dans les regroupements de  $ST_{APC}$  moyenne et de  $ST_{APC}$  basse, nous avons calculé les relations linéaires passant par l'origine reliant la MORT du PIR à la  $ST_{APC}$  en PIR, de même que

celles reliant la SURV du PIR à la  $ST_{APC}$  en PIR, dont on avait préalablement soustrait la MORT en PIR. La  $PROD_{nette}$  a été obtenue en soustrayant la MORT de la SURV, le REC étant considéré comme nul. Aux fins de calcul, nous avons utilisé des valeurs de  $ST_{APC}$  de 23,5 et de 18,5 m<sup>2</sup>/ha pour simuler la  $PROD_{nette}$  des regroupements de  $ST_{APC}$  moyenne et de  $ST_{APC}$  basse, respectivement.

Pour simuler la  $PROD_{nette}$  en  $PIR_{23+}$ , une seule relation linéaire a été calculée pour les deux regroupements de ST. Nous avons calculé les relations linéaires passant par l'origine reliant la MORT du  $PIR_{23+}$  à la  $ST_{APC}$  en  $PIR_{23+}$ . Pour la SURV en  $PIR_{23+}$ , nous avons calculé des relations linéaires passant par l'origine en fonction de la  $ST_{APC}$  en  $PIR_{23+}$ , dont on avait soustrait la MORT en  $PIR_{23+}$ . Pour le REC en  $PIR_{23+}$ , nous avons calculé des relations linéaires passant par l'origine en fonction de la  $ST_{APC}$  des PIR de DHP ≤ 23,0 cm. La  $PROD_{nette}$  en  $PIR_{23+}$  a été obtenue en additionnant la SURV et le REC et en soustrayant la MORT.

### 1.6.2. Pinède à pin blanc

Pour simuler la  $PROD_{nette}$  en PIB de DHP > 9,0 cm ( $PIB_{9+}$ ) dans les regroupements de  $ST_{APC}$  basse et de  $ST_{APC}$  moyenne, nous avons calculé des relations linéaires passant par l'origine reliant la MORT du PIB à la  $ST_{APC}$  en PIB. Pour le regroupement Témoin, nous avons plutôt utilisé une relation de puissance, à cause de sa meilleure corrélation avec les données. Pour les 3 regroupements de ST, les relations linéaires passant par l'origine ont été définies entre la SURV des PIB et la  $ST_{APC}$  en PIB dont on a soustrait la MORT des PIB. La  $PROD_{nette}$  a été calculée en soustrayant la MORT de la SURV, le REC étant considéré comme nul. Aux fins de calcul, nous avons utilisé des valeurs de 19,0, 23,0 et 37,5 m<sup>2</sup>/ha pour simuler la  $PROD_{nette}$  des regroupements de  $ST_{APC}$  basse, de  $ST_{APC}$  moyenne et Témoin, respectivement.

Pour l'estimation de la  $PROD_{nette}$  en  $PIB_{23+}$ , nous avons calculé des relations linéaires passant par l'origine et reliant la MORT des  $PIB_{23+}$  à la  $ST_{APC}$  en  $PIB_{23+}$  ainsi que celles reliant la SURV des  $PIB_{23+}$  à la  $ST_{APC}$  des  $PIB_{23+}$  survivants, et ce, pour chacun des regroupements de ST. Pour le REC en  $PIB_{23+}$ , les relations linéaires passant par l'origine ont été calculées en fonction de la  $ST_{APC}$  des PIB de DHP ≤ 23,0 cm. La  $PROD_{nette}$  a été obtenue en additionnant la SURV et le REC et en soustrayant la MORT.

# Chapitre deux

## Résultats

Dans un premier temps, les résultats sont présentés séparément pour la pinède à pin rouge et la pinède à pin blanc. Dans un deuxième temps, les deux types de pinèdes sont comparés.

Comme 13 des 16 parcelles ont une superficie de 1 ha, nous considérons que chacune d'elles représente bel et bien le comportement d'un hectare de forêt, contrairement à un regroupement de parcelles plus petites pour lequel les valeurs auraient été ramenées à l'hectare. Nous avons donc tenu à présenter les résultats pour chacune des parcelles.

### 2.1. Pinède à pin rouge

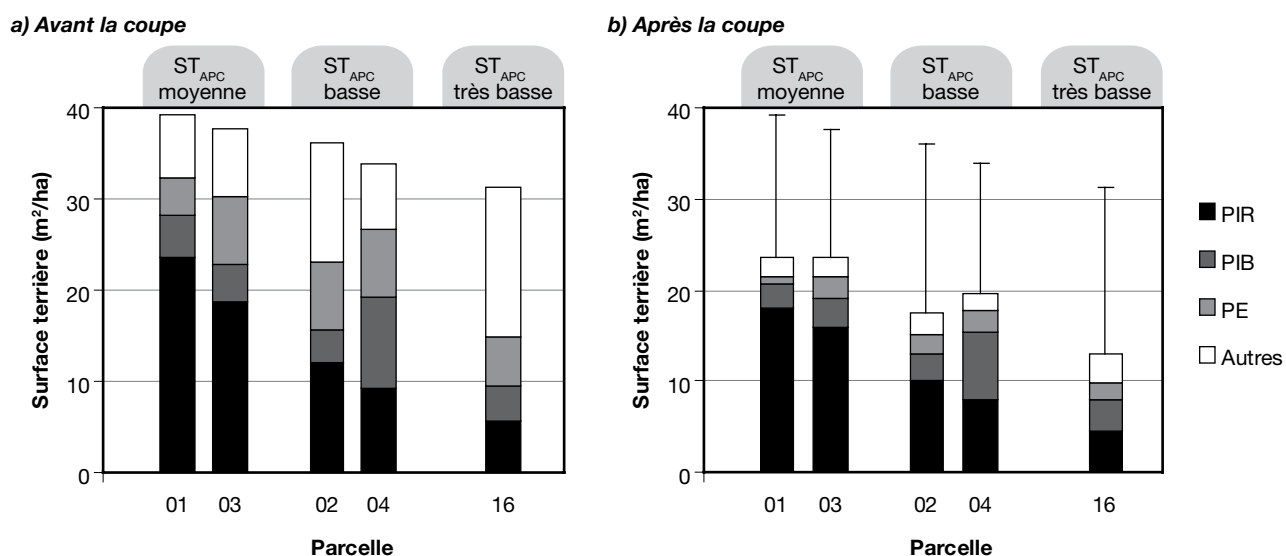
#### 2.1.1. Avant la coupe

Avant la coupe, les parcelles présentaient des ST variant de 31,3 à 39,1 m<sup>2</sup>/ha et un VMB variant de 270 à 344 m<sup>3</sup>/ha (Annexe 3). La pinède était composée aux trois quarts par des résineux, en particulier le PIR, le pin gris et le PIB (Annexe 1). Les espèces feuillues étaient fortement représentées par les peupliers, qui formaient généralement plus des trois quarts de leur ST.

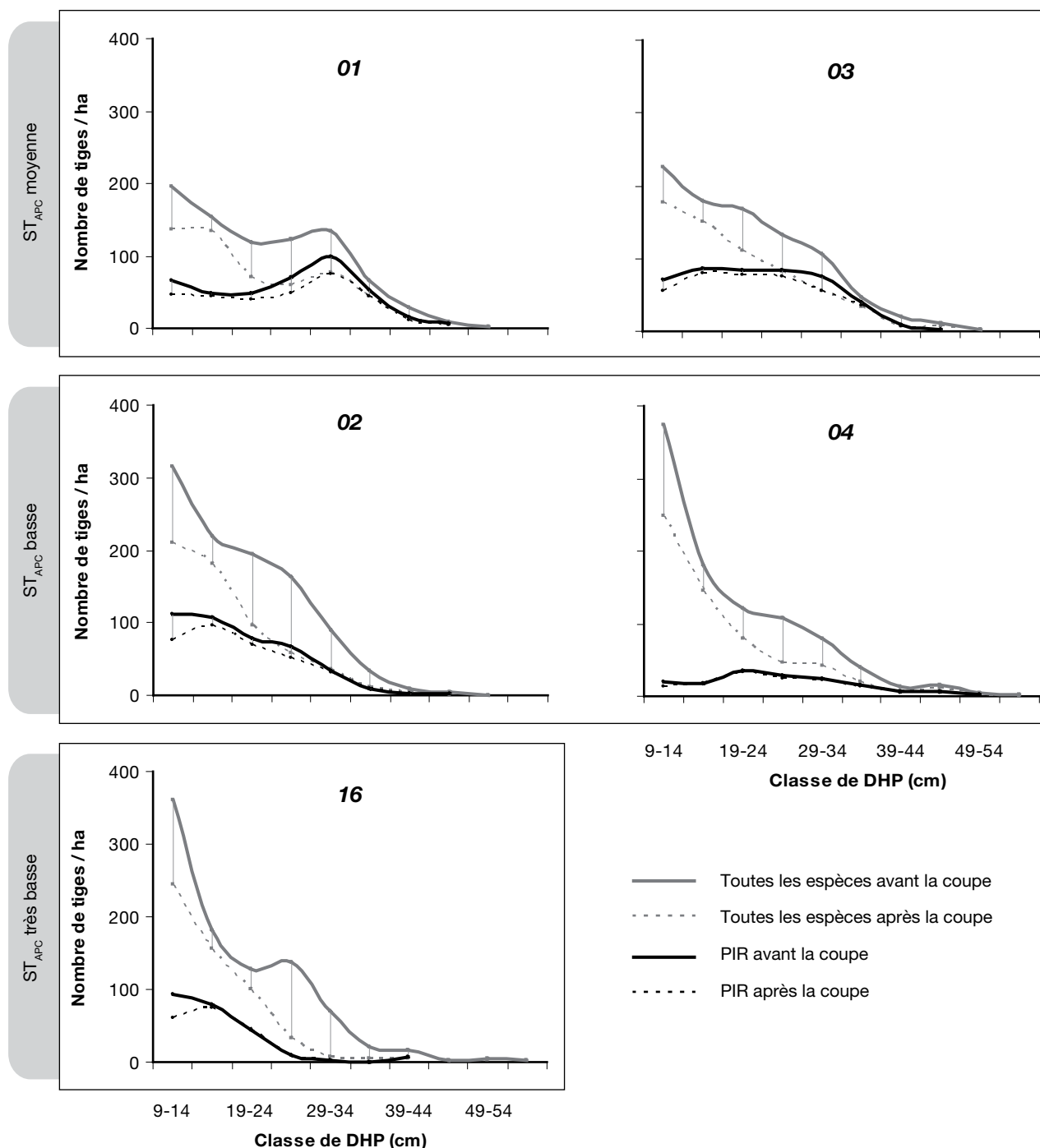
La ST en PIR des parcelles variait de 5,7 m<sup>2</sup>/ha à 23,6 m<sup>2</sup>/ha et suivait le même gradient que la ST

totale (Figure 3a). Dans les parcelles 01 et 03, le PIR dominait, avec 60 et 50 % de la ST totale. Dans les parcelles 02 et 04, le PIR partageait sa dominance en ST avec le pin gris et le PIB, respectivement. Dans la parcelle 16, le pin gris dominait nettement, avec 41 % de la ST totale.

Le nombre total de tiges variait d'environ 800 à 1 000 tiges/ha avant la coupe, et comprenait environ 150 à 400 tiges de PIR à l'hectare (Annexe 2). La structure diamétrale de la pinède à pin rouge était irrégulière, puisque le plus grand nombre de tiges se trouvait dans la plus petite classe de DHP et que le nombre de tiges diminuait avec l'augmentation du DHP (Figure 4). Les 2 parcelles qui présentaient les plus grandes ST (01 et 03) comptaient le moins de petites tiges. Ces dernières étaient surtout représentées par les feuillus de lumière (érable rouge [*Acer rubrum* L.], bouleau à papier [*Betula papyrifera* Marsh.] et peupliers), mais aussi par le PIB. La structure diamétrale du PIR était très étendue et irrégulière, avec des DHP variant de 9,1 cm à plus de 45 cm et une bonne représentation dans les petites classes de DHP. Dans la parcelle 16, les PIR étaient dominés par le pin gris et ne dépassaient guère 30 cm de DHP.



**Figure 3.** Surface terrière par espèce ou groupe d'espèces dans chacune des parcelles de la pinède à pin rouge, avant la coupe (a) et après la coupe (b). PIR : pin rouge; PIB : pin blanc; PE : peupliers; Autres : espèces autres que le PIR, le PIB et les PE.



**Figure 4.** Structure diamétrale avant et après la coupe, pour toutes les espèces ainsi que pour le pin rouge (PIR), dans chacune des parcelles de la pinède à pin rouge (identifiées par le numéro situé au-dessus de chaque graphique).

Pour l'ensemble des espèces, le DHP moyen quadratique (DHPq) variait de 20,8 à 24,5 cm par parcelle, et celui du PIR variait de 17,7 à 27,4 cm (Annexe 3). Le DHPq des PIR appartenant au couvert dominant variait de 35,1 à 39,7 cm, ce qui correspond à des DHP minimaux de 30 à 35 cm et à des DHP maximaux de 44 à 49 cm (résultats non présentés).

Pour les 5 parcelles, la hauteur dominante moyenne était de  $24,6 \pm 0,2$  m, ce qui est légèrement supérieur à la hauteur moyenne des PIR ( $23,1 \pm 0,4$  m). Les peupliers, et dans une moindre mesure les PIB, contribuaient à augmenter la hauteur dominante du peuplement. L'indice de qualité de station pour le PIR a été estimé à 20,2 m à 50 ans selon Plonski (Payandeh 1991) et à 18,2 m à 50 ans selon Woods et Miller (1996).

L'âge des PIR mesurés à une hauteur de 1,3 m au-dessus du sol variait beaucoup (de 33 à 118 ans, figure 5). On remarque que pour la majorité des tiges de DHP 22–40 cm, l'âge oscillait autour de 50 à 80 ans. Pour les tiges plus grosses, l'âge atteignait 118 ans, alors que pour les tiges plus petites, l'âge avait tendance à augmenter avec l'augmentation du DHP, passant d'environ 40 à 65 ans. Les 5 PIR échantillonnés de DHP de 11,7 à 14,7 cm avaient un âge moyen de 51 ans. Les quelques PIR échantillonnés dans la parcelle 16 étaient tous plus âgés, pour un DHP équivalent, que ceux des autres parcelles.

### 2.1.2. Après la coupe

Toutes les parcelles de la pinède à pin rouge ont fait l'objet d'une coupe d'éclaircie qui visait à enlever les arbres peu vigoureux, défectueux ou de mauvaise qualité, ainsi que les gros peupliers et les pins gris matures, de manière à conserver les PIR de plus gros diamètres. La coupe visait aussi à dégager les tiges d'avenir et à uniformiser la distribution spatiale de celles-ci (Brown 1994b). Le martelage des arbres a été effectué par la compagnie forestière responsable de la coupe.

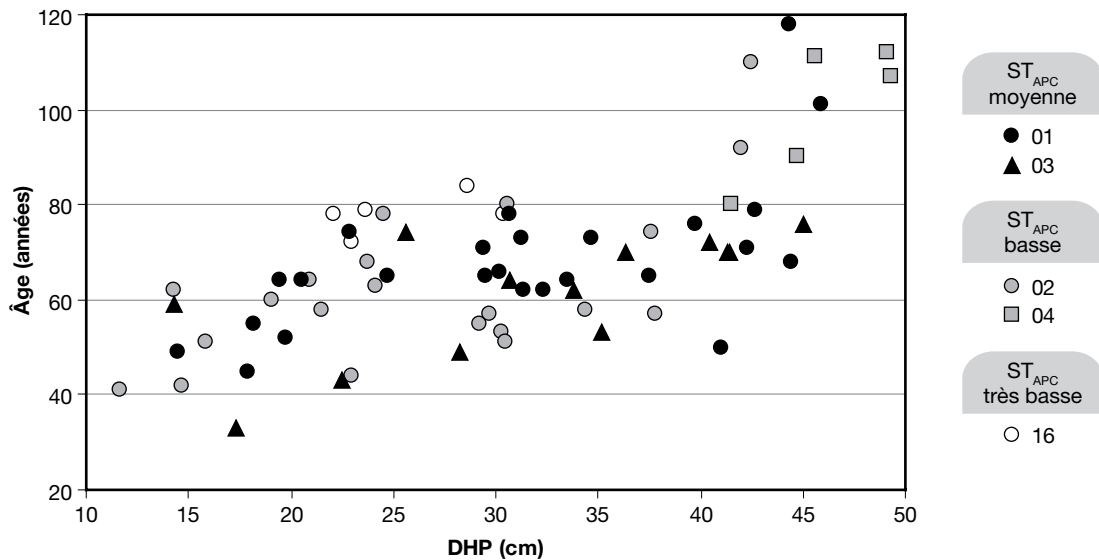


Figure 5. Relation entre l'âge mesuré à 1,3 m du sol et le DHP du pin rouge avant la coupe, dans les parcelles de la pinède à pin rouge.

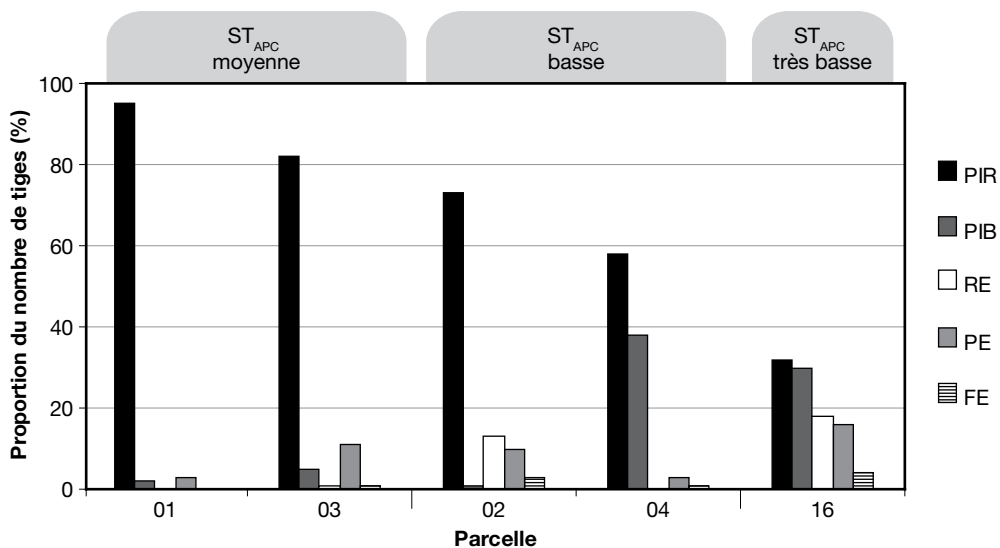


Figure 6. Composition du couvert dominant (100 plus grosses tiges à l'hectare) après la coupe, pour chacune des parcelles de la pinède à pin rouge. PIR : pin rouge; PIB : pin blanc; RE : résineux autres que le PIR et le PIB; PE : peupliers; FE : feuillus autres que les peupliers.

De 42 à 64 % du VMB initial a été prélevé lors de la coupe, soit de 131 à 172 m<sup>3</sup>/ha (Annexe 3). Le volume de PIR prélevé a été relativement faible, soit de 10 à 49 m<sup>3</sup>/ha (12 à 25 % du VMB initial en PIR), en accord avec les objectifs de la coupe.

Le nombre total de tiges a diminué en moyenne de 37 % (30 à 41 %), passant en moyenne de 921 à 582 tiges/ha après la coupe. Le DHPq du PIR est resté pratiquement inchangé, variant de 17,3 cm (parcelle 16) à 27,4 cm (parcelle 04) (Annexe 3).

La ST<sub>APC</sub> des différentes parcelles variait de 13,1 à 23,5 m<sup>2</sup>/ha (Annexe 3). Les parcelles suivaient le même gradient de ST<sub>APC</sub> en PIR qu'avant la coupe (Figure 3b), avec des valeurs de 4,5 à 18,0 m<sup>2</sup>/ha. Les proportions en ST de PIR sont passées de 18-60 % avant l'éclaircie, à 34-77 % après l'éclaircie, malgré un prélèvement de 12 à 24 % de la ST initiale en PIR.

Après la coupe, la composition du couvert était largement dominée par le PIR dans les parcelles 01, 02 et 03 (Figure 6). Dans la parcelle 04, le PIR partageait le couvert dominant avec le PIB dans une proportion d'environ 60 % : 40 %. Dans la parcelle 16, le couvert dominant était formé à parts égales de PIR et de PIB, avec une proportion moindre de peupliers et de pins gris.

Les PIR avaient de plus gros diamètres dans le couvert dominant des parcelles 01, 04 et 03 (DHPq respectifs de 36,0, 35,0 et 34,2 cm), alors que dans les parcelles 02 et 16, les DHPq des PIR dominants étaient de 29,5 et de 24,1 cm, respectivement (résultats non présentés).

Le nombre de tiges de PIR et PIB de dimension de bois d'œuvre (PIR<sub>23+</sub> + PIB<sub>23+</sub>) a diminué d'environ 15 à 30 % à la suite de la coupe (Annexe 3). Dans toutes les parcelles sauf la parcelle 16, la ST<sub>APC</sub> des PIR de dimension de bois d'œuvre (PIR<sub>23+</sub>) variait de 5,6 à 15,3 m<sup>2</sup>/ha, ce qui représentait de 55 à 85 % de la ST totale en PIR (Annexe 3). La parcelle 16 contenait très peu de tiges de PIR de dimension de bois d'œuvre, soit un total de 16 tiges/ha (0,8 m<sup>2</sup>/ha).

### 2.1.3. Dix ans après la coupe

Rappelons que les parcelles ont été regroupées selon 3 plages de valeurs de ST<sub>APC</sub> aux fins d'analyse. Le regroupement « ST<sub>APC</sub> très basse » ne comprend que la parcelle 16, dont la ST<sub>APC</sub> est de 13,1 m<sup>2</sup>/ha. Le regroupement « ST<sub>APC</sub> basse » comprend les parcelles éclaircies 02 et 04, avec des ST<sub>APC</sub> de 17,4 et 19,5 m<sup>2</sup>/ha. Le regroupement « ST<sub>APC</sub> moyenne » comprend les parcelles éclaircies 01 et 03, toutes deux avec des ST<sub>APC</sub> de 23,5 m<sup>2</sup>/ha.

#### 2.1.3.1. Généralités

Dix ans après la coupe, le nombre total de tiges a très peu changé, avec une perte nette moyenne de 19 tiges/ha (différence de 0 à -35 tiges/ha, annexe 3). Le nombre de PIR a diminué en moyenne de 13 tiges/ha (différence de -4 à -21 tiges), pour atteindre une moyenne de 241 tiges à l'hectare.

Le DHPq pour l'ensemble des espèces a augmenté en moyenne de 3,2 cm (de 2,6 à 3,4 cm) en 10 ans (Annexe 3). Celui des PIR a augmenté davantage, en moyenne de 4,4 cm (3,5 à 5,8 cm), passant de 17,3-27,4 cm, après la coupe, à 23,1-32,2 cm, 10 ans plus tard.

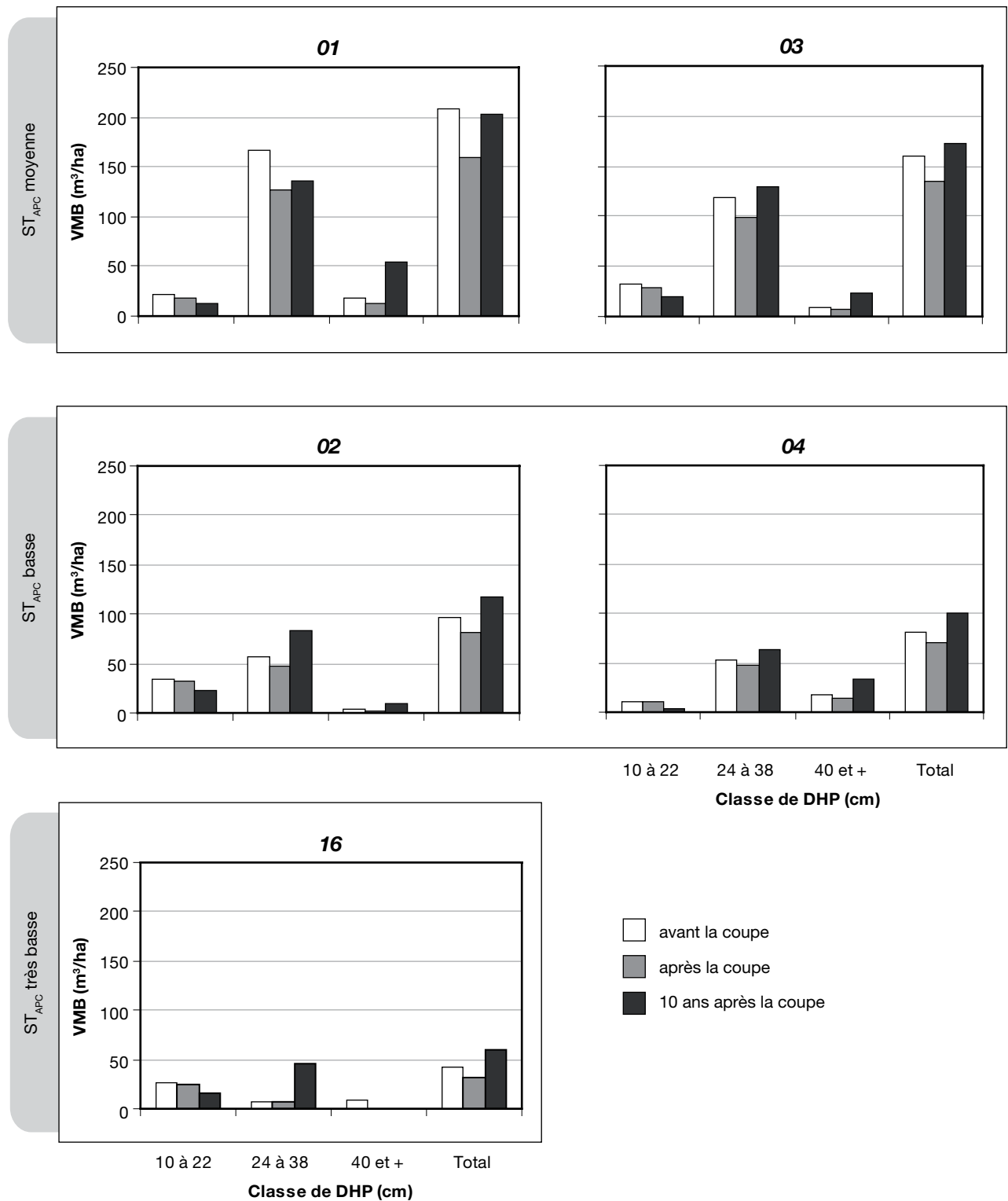
La ST totale pour l'ensemble des espèces a augmenté de 5,2 à 6,0 m<sup>2</sup>/ha, ce qui représente des hausses relatives de 22 à 41 % par rapport à la ST<sub>APC</sub> (Annexe 3). Pour le PIR, la ST a augmenté de 2,7 à 4,1 m<sup>2</sup>/ha en 10 ans. Après 10 ans, la ST en PIR surpassait légèrement (de 0,7 à 1,7 m<sup>2</sup>/ha) celle présente avant la coupe dans toutes les parcelles, sauf la parcelle 01 dans laquelle environ le quart de la ST initiale en PIR avait été prélevé lors de l'éclaircie (5,6 m<sup>2</sup>/ha).

Le VMB a suivi les mêmes tendances que la ST. Pour l'ensemble des espèces, il a augmenté de 54 à 64 m<sup>3</sup>/ha, passant de 98-199 m<sup>3</sup>/ha, après la coupe, à 152-258 m<sup>3</sup>/ha, 10 ans plus tard (Annexe 3). Pour le PIR, il a augmenté de 29 à 45 m<sup>3</sup>/ha en 10 ans, pour atteindre des valeurs de 13 à 21 m<sup>3</sup>/ha supérieures à celles d'avant la coupe, sauf dans la parcelle 01, où 5 m<sup>3</sup>/ha restaient à combler.

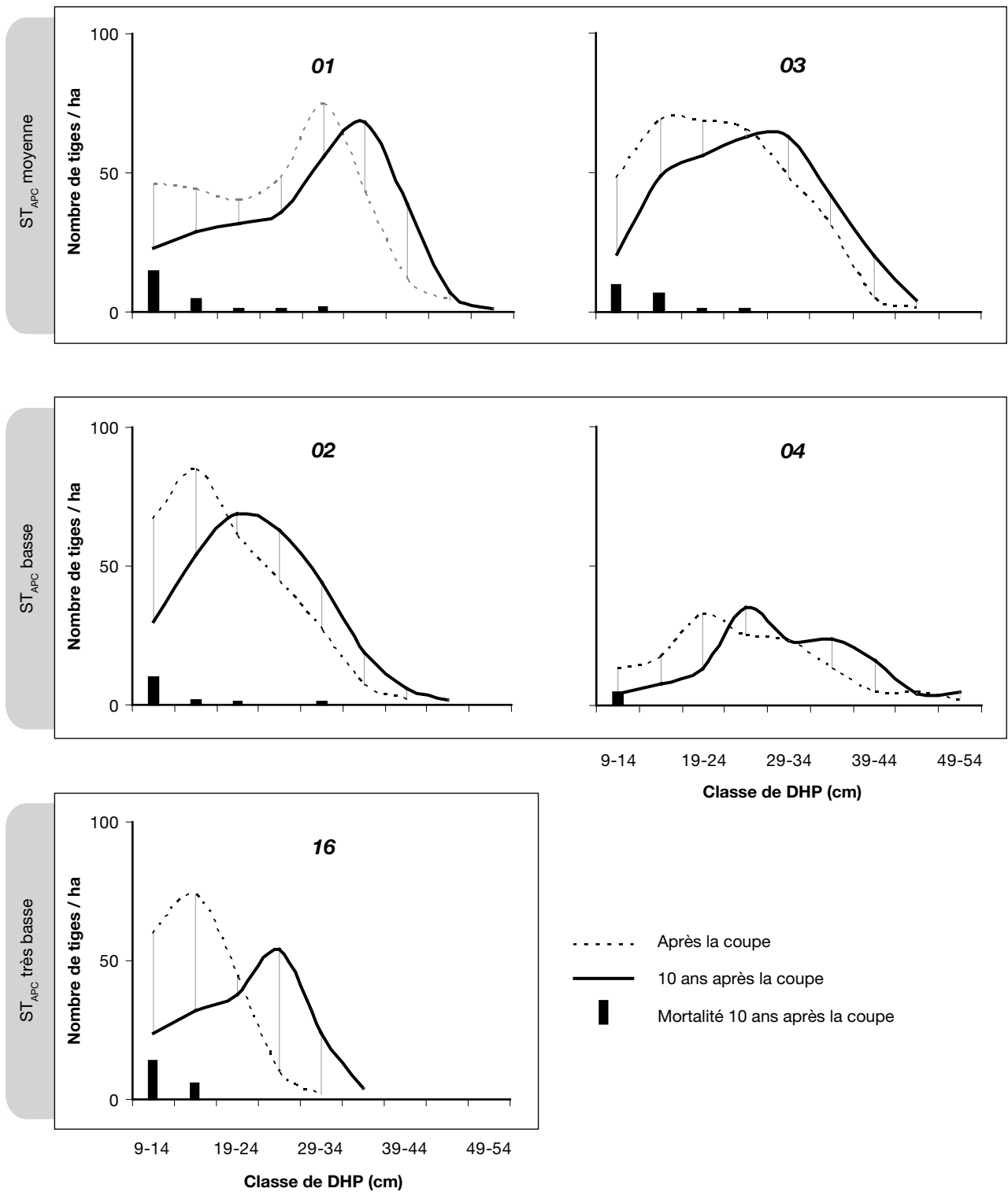
Dix ans après l'éclaircie, le VMB des tiges de la classe de DHP de 10-22 cm a diminué, alors que celui des arbres de la classe de DHP de 24-38 cm, dont les dimensions correspondent aux classes de qualité de sciage H et I (Lemieux 2011), a augmenté et même dépassé les valeurs d'avant la coupe, dans toutes les parcelles sauf la parcelle 01 (Figure 7). Le VMB des PIR de la classe de DHP de 40 cm et plus, dont les dimensions correspondent à la classe supérieure « G » de qualité sciage, quant à lui, dépassait les valeurs avant la coupe dans toutes les parcelles sauf la parcelle 16, qui ne contenait aucun PIR de DHP > 30 cm après la coupe.

#### 2.1.3.2. Patron de structure diamétrale

Dix ans après la coupe, la structure diamétrale pour l'ensemble des espèces était encore irrégulière, avec beaucoup de tiges de petits diamètres et un nombre décroissant de tiges dans les classes de DHP plus grands. Par contre, celle du PIR est devenue plus symétrique (en forme de cloche, figure 8), principalement à cause de la mortalité des



**Figure 7.** Volume marchand brut (VMB) du pin rouge avant la coupe, après la coupe et 10 ans après la coupe, pour chacune des parcelles de la pinède à pin rouge (identifiées par le numéro situé au-dessus de chaque graphique).



**Figure 8.** Structure diamétrale du pin rouge après la coupe et 10 ans après la coupe, et mortalité du pin rouge par classe de DHP 10 ans après la coupe, pour chacune des parcelles de la pinède à pin rouge (identifiées par le numéro situé au-dessus de chaque graphique).

**Tableau 1.** Recrutement observé 10 ans après la coupe, par espèce ou groupe d'espèces et par regroupement de surface terrière (ST), dans chacune des parcelles de la pinède à pin rouge.

Espèce ou groupe d'espèces	Recrutement par parcelle (nombre de tiges/ha)					Moyenne*
	ST <sub>APC</sub> moyenne		ST <sub>APC</sub> basse		ST <sub>APC</sub> très basse	
	01	03	02	04	16	
<b>Feuillus</b>	<b>12</b>	<b>34</b>	<b>23</b>	<b>28</b>	<b>32</b>	<b>24</b>
Érable rouge	9	13	4	18	26	11
Chêne rouge	2	5	2	1	2	3
Bouleau à papier	0	11	10	1	2	7
Hêtre à grandes feuilles	1	3	4	0	0	3
Peuplier à grandes dents	0	2	1	3	2	2
Peuplier faux-tremble	0	0	2	5	0	4
<b>Résineux</b>	<b>8</b>	<b>22</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>62</b>	<b>19</b>
Pin blanc	3	18	13	18	18	13
Pin rouge	3	2	7	1	6	3
Sapin baumier	2	2	0	5	32	3
Épinette blanche	0	0	0	1	6	1
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>56</b>	<b>43</b>	<b>53</b>	<b>94</b>	<b>43</b>

\*Pour toutes les parcelles sauf la parcelle 16.

petites tiges et d'un faible recrutement (Tableau 1). La courbe s'est déplacée vers les classes de plus gros diamètres (Figure 8), d'une distance équivalant à environ une classe de DHP de 5 cm. La parcelle 16 fait exception, avec un décalage d'environ 2 classes de DHP.

### 2.1.3.3. Croissance en diamètre

Dix ans après la coupe, les accroissements en diamètre des PIR variaient de quelques millimètres à plus de 90 mm, selon les classes de DHP et les regroupements de ST (Figure 9). Certains petits PIR n'ont montré aucun accroissement mesurable au cours de cette période.

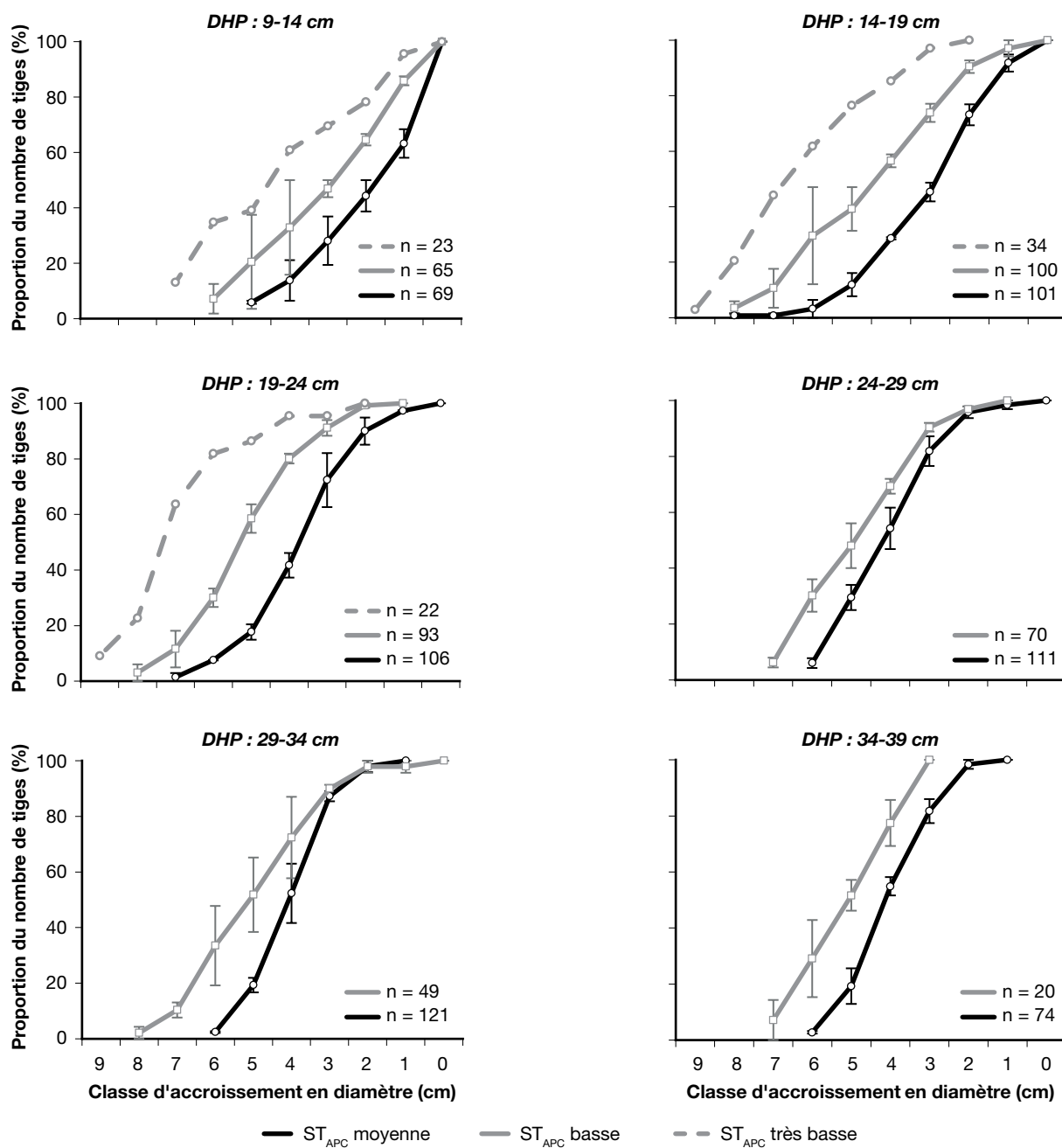
L'accroissement en diamètre des PIR a varié selon le regroupement de ST et la classe de DHP (Figure 10a). Il a augmenté avec le DHP jusqu'à la classe de 19–24 cm pour les regroupements de ST<sub>APC</sub> très basse et de ST<sub>APC</sub> basse, ou jusqu'à la classe de 24–29 cm pour le regroupement de ST<sub>APC</sub> moyenne, pour ensuite se stabiliser (Figure 10a). Ainsi, des valeurs moyennes maximales de 6,6, 4,8 et 3,7 cm ont été atteintes par les PIR dans les parcelles des regroupements de ST<sub>APC</sub> très basse, de ST<sub>APC</sub> basse et de ST<sub>APC</sub> moyenne, respectivement. Dans la parcelle 16 (ST<sub>APC</sub> très basse), la moyenne de l'accroissement en diamètre par classe de DHP est nettement plus grande que dans les autres parcelles, et environ 2 fois plus grande que dans les parcelles les plus denses (ST<sub>APC</sub> moyenne).

Statistiquement, aucune différence significative n'a pu être mise en évidence, pour l'accroissement en diamètre des PIR, entre les parcelles du

regroupement de ST<sub>APC</sub> basse et celles de ST<sub>APC</sub> moyenne pour des DHP de 20, 30 et 40 cm. Pour les petites tiges seulement, lorsqu'elles étaient testées pour une valeur de DHP de 14 cm, l'accroissement en diamètre était significativement plus grand pour le regroupement de ST<sub>APC</sub> basse que pour celui de ST<sub>APC</sub> moyenne (Annexe 7.1.1, tableau A7.2). Toutefois, on peut noter qu'une plus grande proportion des PIR a montré de forts accroissements dans le regroupement de ST<sub>APC</sub> basse que dans le regroupement de ST<sub>APC</sub> moyenne, et ce, pour chacune des classes de DHP (Figure 9). Par exemple, pour la classe de DHP de 29–34 cm, 52 % des PIR ont montré des accroissements en diamètre de plus de 5 cm pour les parcelles du regroupement de ST<sub>APC</sub> basse, contre seulement 19 % pour celles du regroupement de ST<sub>APC</sub> moyenne.

Contrairement à l'accroissement en diamètre, l'accroissement en ST des PIR n'a cessé d'augmenter avec la classe de DHP (Figure 10b).

Pour les regroupements de ST<sub>APC</sub> basse et de ST<sub>APC</sub> moyenne, l'accroissement en diamètre du PIB a peu différencié de celui du PIR (Figure 11). Statistiquement, le PIB a montré de meilleurs accroissements que le PIR pour de gros DHP (de l'ordre de 40 cm, Annexe 7.1.1, tableau A7.3). Pour le regroupement de ST<sub>APC</sub> très basse, les PIR ont eu de meilleurs accroissements dans les classes de DHP de 14–19 et de 19–24 cm (Figure 11). Dans cette dernière classe, 75 % des PIR ont eu des accroissements de plus de 6 cm, comparativement à un peu moins de 25 % des PIB.

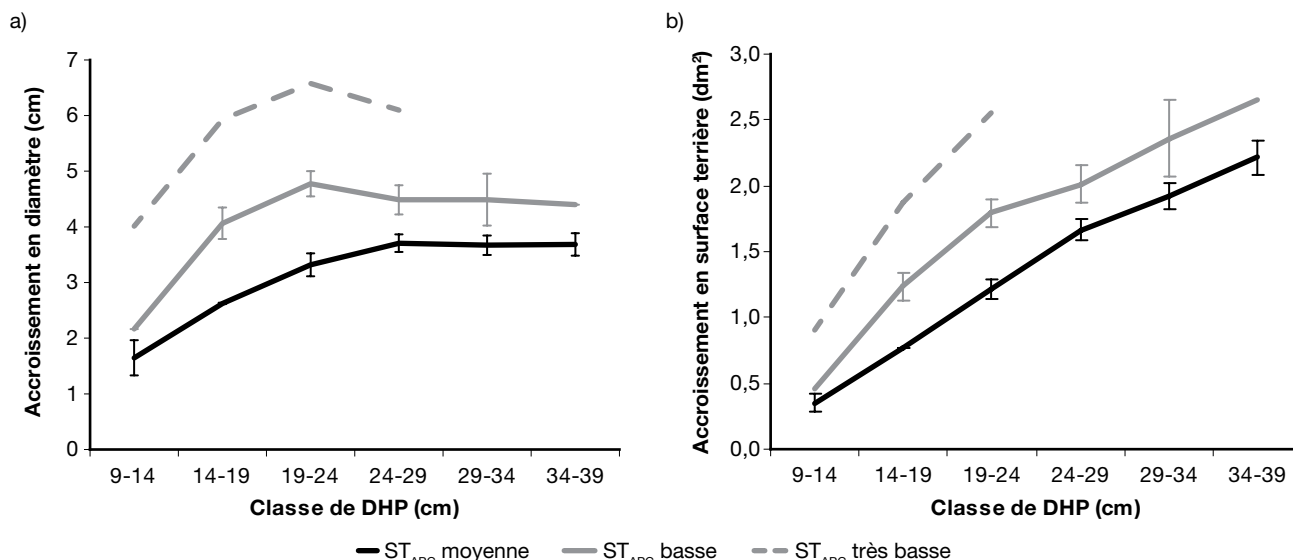


**Figure 9.** Fréquence cumulative de l'accroissement en diamètre du pin rouge par classe de DHP et par regroupement de ST pour la pinède à pin rouge. Les barres délimitent l'intervalle entre la plus petite et la plus grande valeur moyenne des parcelles du regroupement de ST; n = nombre de pins rouges.

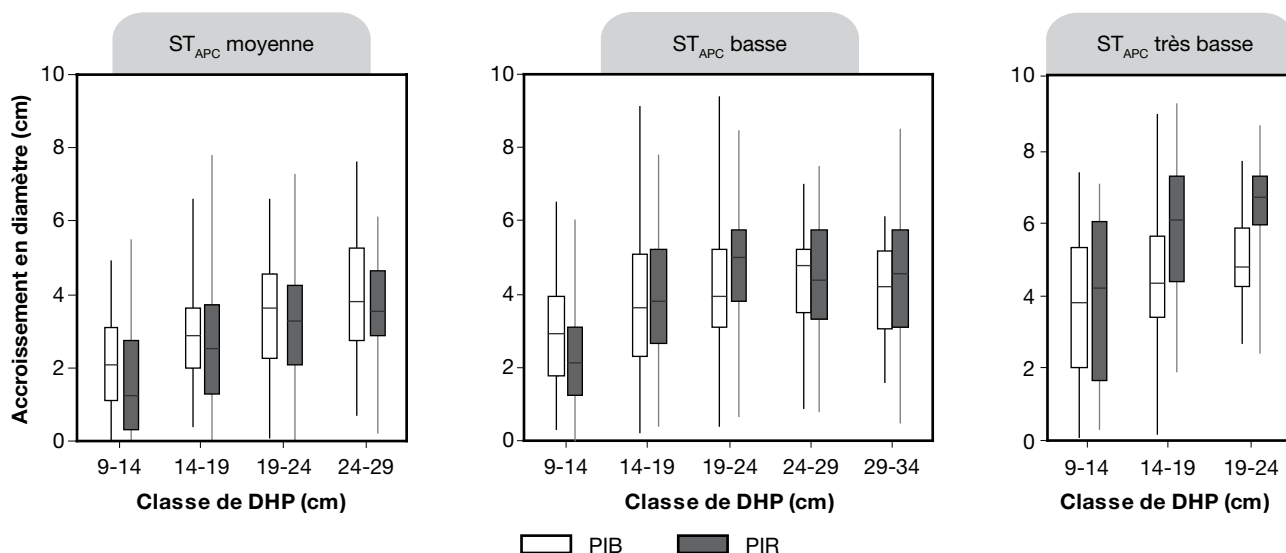
#### 2.1.3.4. Recrutement

Le plus fort recrutement (REC) a été observé dans la parcelle la moins dense (parcelle 16, avec 94 tiges/ha), et le plus faible, dans l'une des parcelles les plus denses (parcelle 01, avec seulement 20 tiges/ha). Entre ces deux extrêmes, le REC est demeuré assez constant (de 43 à 56 tiges/ha, tableau 1). Il a été dominé par l'érable rouge chez les feuillus et par le PIB chez les résineux, sauf

dans la parcelle 16, où le sapin baumier (*Abies balsamea* [L.] Mill.) dominait largement. En général, le REC en PIB a été beaucoup plus important que celui en PIR. Des recrues d'érable rouge, de chêne rouge (*Quercus rubra* L.), de PIB et de PIR sont présentes dans chacune des parcelles, et celles de hêtre à grandes feuilles (*Fagus grandifolia* Ehrh.) ont été observées dans 3 des 5 parcelles. Aucune recrue de pin gris n'a été observée.



**Figure 10.** Croissance du pin rouge en 10 ans, par classe de DHP et par regroupement de ST, pour la pinède à pin rouge. a) Accroissement en diamètre; b) Accroissement en surface terrière. Les barres délimitent l'intervalle entre la plus petite et la plus grande valeur moyenne des parcelles du regroupement de ST.



**Figure 11.** Comparaison de l'accroissement en diamètre du pin blanc (PIB) et du pin rouge (PIR) en 10 ans, par classe de DHP et par regroupement de ST, dans la pinède à pin rouge. Les quartiles (groupes de 25 percentiles) sont définis successivement par la barre verticale inférieure (de la valeur minimale au 25° percentile), le rectangle (du 25° au 75° percentile) et la barre verticale supérieure (du 75° percentile à la valeur maximale); la barre horizontale dans le rectangle correspond à la médiane (50° percentile).

### 2.1.3.5. Mortalité

La mortalité a varié de 1,0 à 1,3 m<sup>2</sup>/ha, 10 ans après la coupe, sauf dans la parcelle 16, où elle a atteint le double (2,1 m<sup>2</sup>/ha, tableau 2). Cette mortalité plus forte s'explique par la forte présence du sapin baumier dans cette parcelle. Pour cette raison, la parcelle 16 a été exclue des résultats de mortalité présentés ci-après.

Pour l'ensemble des parcelles 01, 02, 03 et 04, la mortalité a été plus forte chez les petites tiges et a diminué rapidement avec l'augmentation du DHP (Figure 12). Environ 20 % des tiges de la classe de DHP de 9–14 cm étaient mortes 10 ans après la coupe, et cette proportion a diminué à 3 % pour les tiges de la classe de DHP de 24–29 cm. La mortalité a été nulle pour les tiges des classes de DHP > 34 cm.

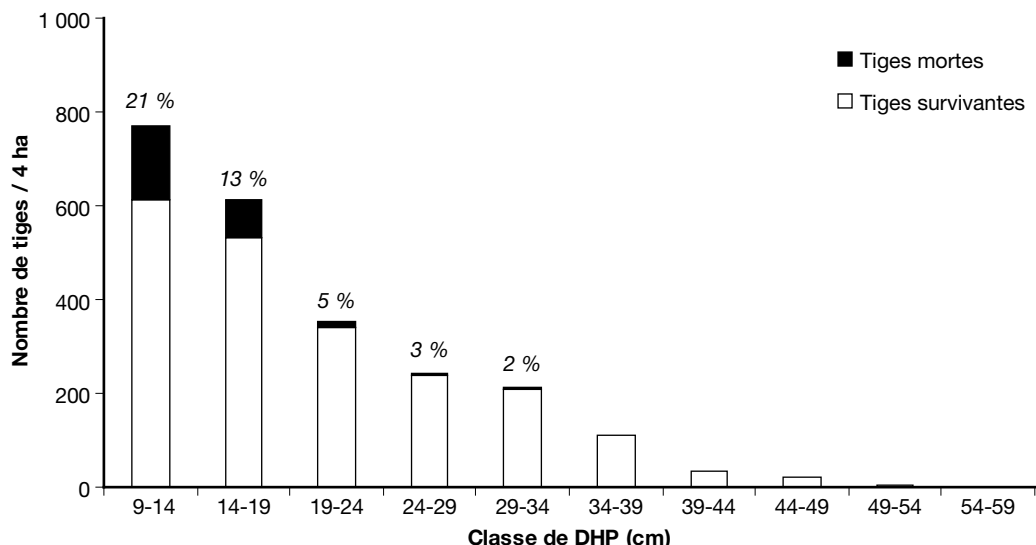
**Tableau 2.** Surface terrière (ST) avant la coupe (AVC), après la coupe (APC) et 10 ans après la coupe, bilan de production 10 ans après la coupe, proportion de la ST après la coupe et taux de production par accroissement des survivants, par espèce ou groupe d'espèces, dans chacune des parcelles de la pinède à pin rouge. L'astérisque (\*) indique une valeur non nulle et positive, mais  $< 0,1 \text{ m}^2/\text{ha}$ .

Espèce ou groupe d'espèces	Regroupement de ST	Parcelle	ST ( $\text{m}^2/\text{ha}$ )			Bilan de production 10 ans après la coupe <sup>†</sup>					Proportion de la ST après la coupe (%) <sup>‡</sup>	Taux de production par accroissement des survivants <sup>§</sup>
			AVC	APC	10 ans	SURV	REC	PROD <sub>brute</sub>	MORT	PROD <sub>nette</sub>		
Toutes les espèces	ST <sub>APC</sub> moyenne	01	39,1	23,5	28,8	6,1	0,2	6,3	1,0	5,3	100	0,27
		03	37,6	23,5	28,7	6,1	0,5	6,5	1,3	5,2	100	0,27
	ST <sub>APC</sub> basse	02	36,1	17,4	23,3	6,5	0,4	6,9	1,0	6,0	100	0,40
		04	33,8	19,5	25,3	6,5	0,5	7,0	1,2	5,8	100	0,36
PIR	ST <sub>APC</sub> très basse	16	31,3	13,1	18,4	6,5	0,9	7,4	2,1	5,3	100	0,59
		01	23,6	18,0	22,2	4,6	*	4,6	0,5	4,1	77	0,26
	ST <sub>APC</sub> moyenne	03	18,8	15,8	19,6	4,1	*	4,1	0,3	3,8	67	0,26
		02	12,1	10,2	13,8	3,8	*	3,9	0,3	3,6	59	0,39
PIB	ST <sub>APC</sub> basse	04	9,1	8,0	10,7	2,7	*	2,7	*	2,7	41	0,34
		16	5,7	4,5	7,4	3,1	*	3,2	0,3	2,9	34	0,74
	ST <sub>APC</sub> moyenne	01	4,7	2,7	3,6	0,9	*	1,0	*	0,9	12	0,35
		03	4,0	3,3	4,6	1,2	0,2	1,4	0,1	1,2	14	0,39
PIR+PIB	ST <sub>APC</sub> basse	02	3,5	2,9	4,4	1,5	0,1	1,6	*	1,6	16	0,52
		04	10,2	7,4	9,7	2,5	0,2	2,7	0,3	2,3	38	0,36
	ST <sub>APC</sub> très basse	16	3,8	3,5	5,6	2,1	0,2	2,3	0,2	2,1	27	0,64
		01	28,3	20,7	25,7	5,5	*	5,6	0,6	5,0	88	0,27
Feuillus	ST <sub>APC</sub> moyenne	03	22,9	19,1	24,1	5,3	0,2	5,5	0,5	5,0	82	0,28
		02	15,6	13,0	18,2	5,3	0,2	5,5	0,3	5,2	75	0,42
	ST <sub>APC</sub> basse	04	19,3	15,4	20,4	5,3	0,2	5,4	0,4	5,0	79	0,35
		16	9,6	8,0	13,0	5,2	0,2	5,5	0,5	5,0	61	0,70
Autres résineux	ST <sub>APC</sub> moyenne	01	6,1	2,2	2,7	0,6	*	0,7	0,2	0,4	10	0,27
		03	9,4	3,3	3,9	0,7	0,3	1,0	0,4	0,6	14	0,23
	ST <sub>APC</sub> basse	02	9,6	3,6	4,5	1,1	0,2	1,3	0,4	0,9	21	0,34
		04	9,2	3,6	4,4	1,2	0,2	1,4	0,6	0,8	19	0,39
Autres résineux	ST <sub>APC</sub> très basse	16	7,2	3,2	3,8	0,9	0,3	1,1	0,6	0,6	24	0,33
		01	4,7	0,5	0,4	*	*	*	0,2	-0,1	2	0,23
	ST <sub>APC</sub> moyenne	03	5,3	1,0	0,7	0,1	*	0,1	0,4	-0,3	4	0,16
		02	10,9	0,7	0,6	0,1	0	0,1	0,3	-0,1	4	0,26
ST <sub>APC</sub> basse	04	5,3	0,5	0,5	*	*	0,1	0,1	*	2	0,27	
	16	14,5	1,9	1,7	0,4	0,4	0,8	1,0	-0,3	15	0,44	

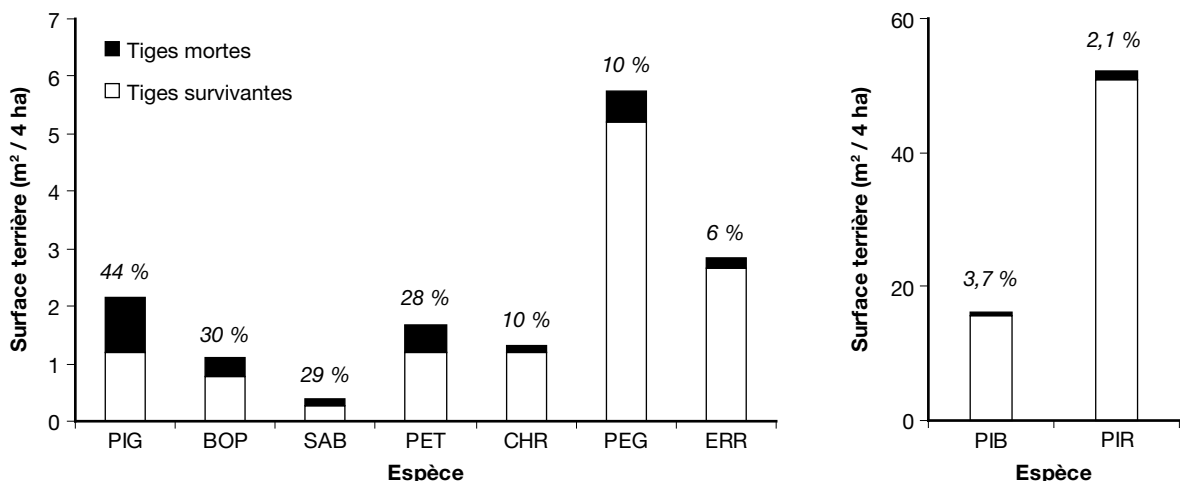
<sup>†</sup> SURV = Production par accroissement des survivants; REC = Recrutement; PROD<sub>brute</sub> = Production brute; MORT = Mortalité; PROD<sub>nette</sub> = Production nette.

<sup>‡</sup> Rapport de la ST après la coupe de l'espèce divisée par celle de l'ensemble des espèces.

<sup>§</sup> Rapport de la SURV divisée par la différence entre la ST après la coupe et la MORT.



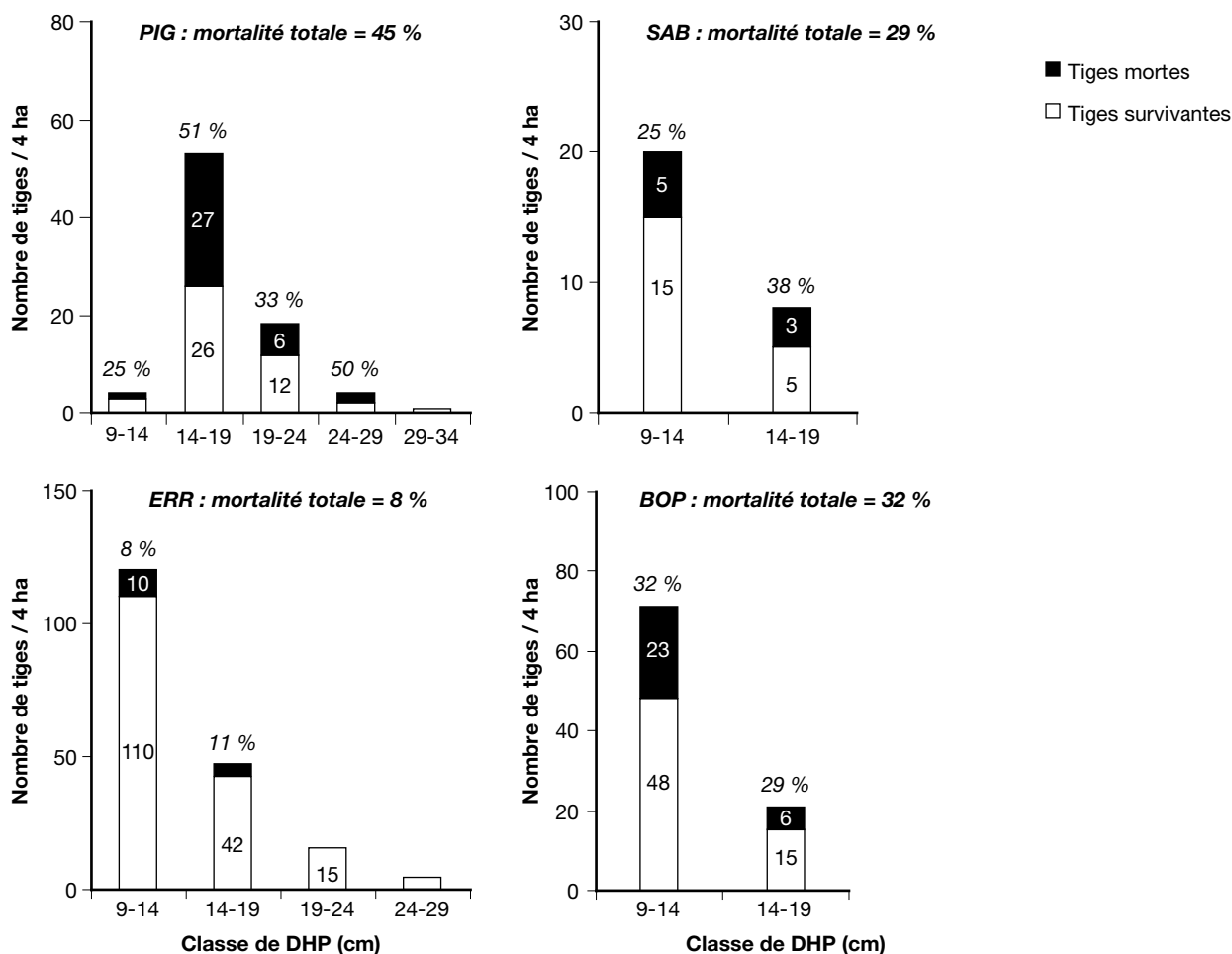
**Figure 12.** Nombre de tiges mortes et survivantes 10 ans après la coupe, par classe de DHP, pour l'ensemble des parcelles 01, 02, 03 et 04 de la pinède à pin rouge. Le pourcentage en haut de chaque colonne, le cas échéant, indique le taux de mortalité.



**Figure 13.** Surface terrière des tiges mortes et survivantes par espèce, 10 ans après la coupe, pour l'ensemble des parcelles 01, 02, 03 et 04 de la pinède à pin rouge. Le pourcentage en haut de chaque colonne indique le taux de mortalité. PIG : pin gris; BOP : bouleau à papier; SAB : sapin baumier; PET : peuplier faux-tremble; CHR : chêne rouge; PEG : peuplier à grandes dents; ERR : érable rouge; PIB : pin blanc; PIR : pin rouge.

En proportion de la ST, les plus forts taux de mortalité ont été (par ordre décroissant) ceux du pin gris, du bouleau à papier, du sapin baumier et du peuplier faux-tremble (*Populus tremuloïdes* Michx.) (Figure 13). Les tiges mortes représentaient près de 45 % de la ST du pin gris et un peu moins du tiers de celle du bouleau à papier, du sapin baumier et du peuplier faux-tremble. Le taux de mortalité du chêne rouge et du peuplier à grandes dents (*Populus grandidentata* Michx.) était de l'ordre de 10 %, et celui de l'érable rouge, de 6 %. Les taux de mortalité du PIR et du PIB correspondaient respectivement à 2,1 et 3,7 % de la surface terrière.

Pour le pin gris, le taux de mortalité variait peu entre les classes de DHP (Figure 14). Pour le sapin baumier, le taux de mortalité augmentait en fonction de la classe de DHP. Pour les feuillus de lumière comme le bouleau à papier et les peupliers, de même que pour l'érable rouge, la mortalité est concentrée dans ces premières classes de DHP (Figures 14 et 15). Le PIR et le PIB ont subi très peu de mortalité, et celle-ci était concentrée dans les classes de DHP de moins de 20 cm (Figure 16). Près de la moitié des PIR et près des deux tiers des PIB morts 10 ans après la coupe avaient été affectés, lors de la coupe, par des blessures au fût ou des étêtages, ou étaient penchés.



**Figure 14.** Nombre de tiges mortes et survivantes de pin gris (PIG), de sapin baumier (SAB), d'érable rouge (ERR) et de bouleau à papier (BOP) 10 ans après la coupe, par classe de DHP, pour l'ensemble des parcelles 01, 02, 03 et 04 de la pinède à pin rouge. Le pourcentage en haut de chaque colonne, le cas échéant, indique le taux de mortalité.

## 2.1.4. Production

### 2.1.4.1. Toutes les espèces

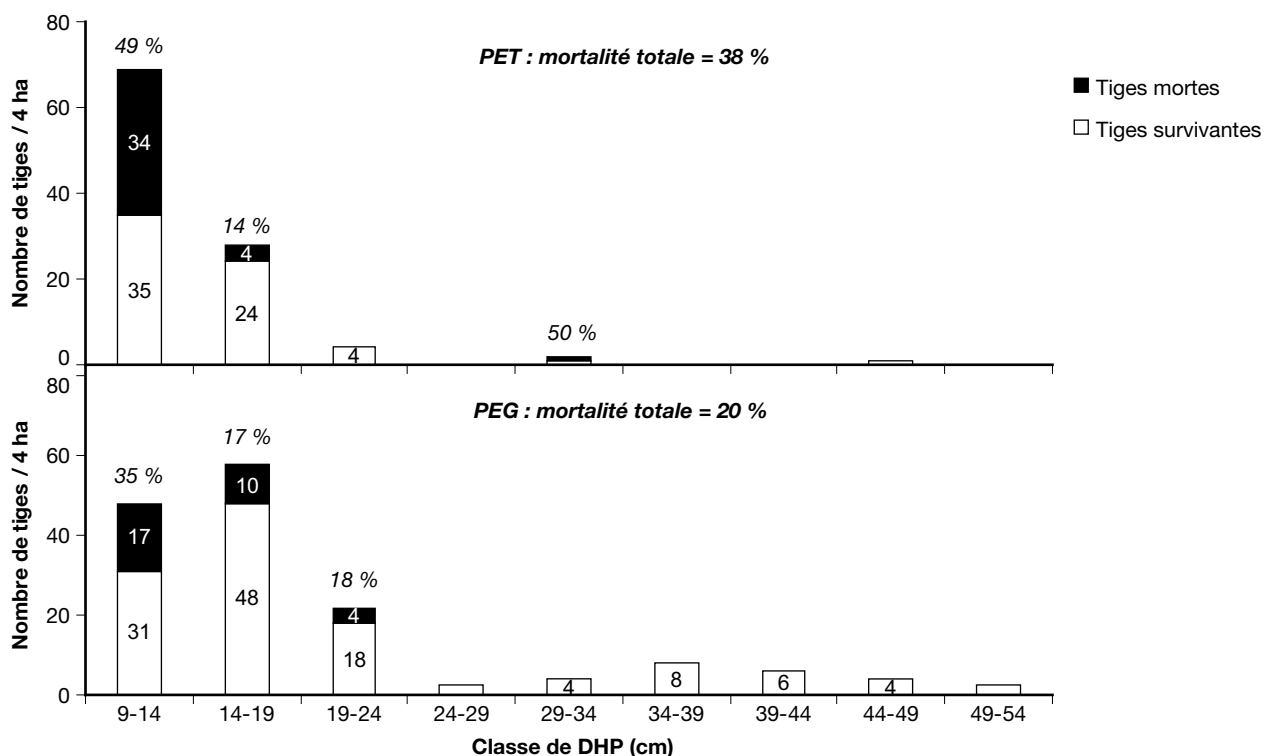
Dix ans après la coupe, la  $PROD_{nette}$  des parcelles de la pinède à pin rouge variait de 5,2 à 6,0  $m^2/ha$  (Tableau 2). En décomposant cette  $PROD_{nette}$ , on note que la  $SURV$  a varié de 6,1 à 6,5  $m^2/ha$  et que le  $REC$  a varié de 0,2 à 0,9  $m^2/ha$ , ce qui a résulté en une  $PROD_{brute}$  de 6,3 à 7,4  $m^2/ha$ . Cependant, à cause d'une perte par  $MORT$  de 1,0 à 2,1  $m^2/ha$ , la  $PROD_{nette}$  de la pinède à pin rouge en a été d'autant diminuée.

Deux paliers de  $PROD_{nette}$  ont été observés (Figure 17a). Le premier (de 5,8 à 6,0  $m^2/ha$ ), correspond aux parcelles du regroupement de  $ST_{APC}$  basse, et le second (de 5,2 à 5,3  $m^2/ha$ ), aux parcelles des regroupements de  $ST_{APC}$  moyenne et de  $ST_{APC}$  très basse. En examinant les composantes de la  $PROD_{nette}$ , on observe que celle-ci était largement déterminée par la  $SURV$  (Figure 17b) et, dans la parcelle 16, par un  $REC$  et une  $MORT$  plus

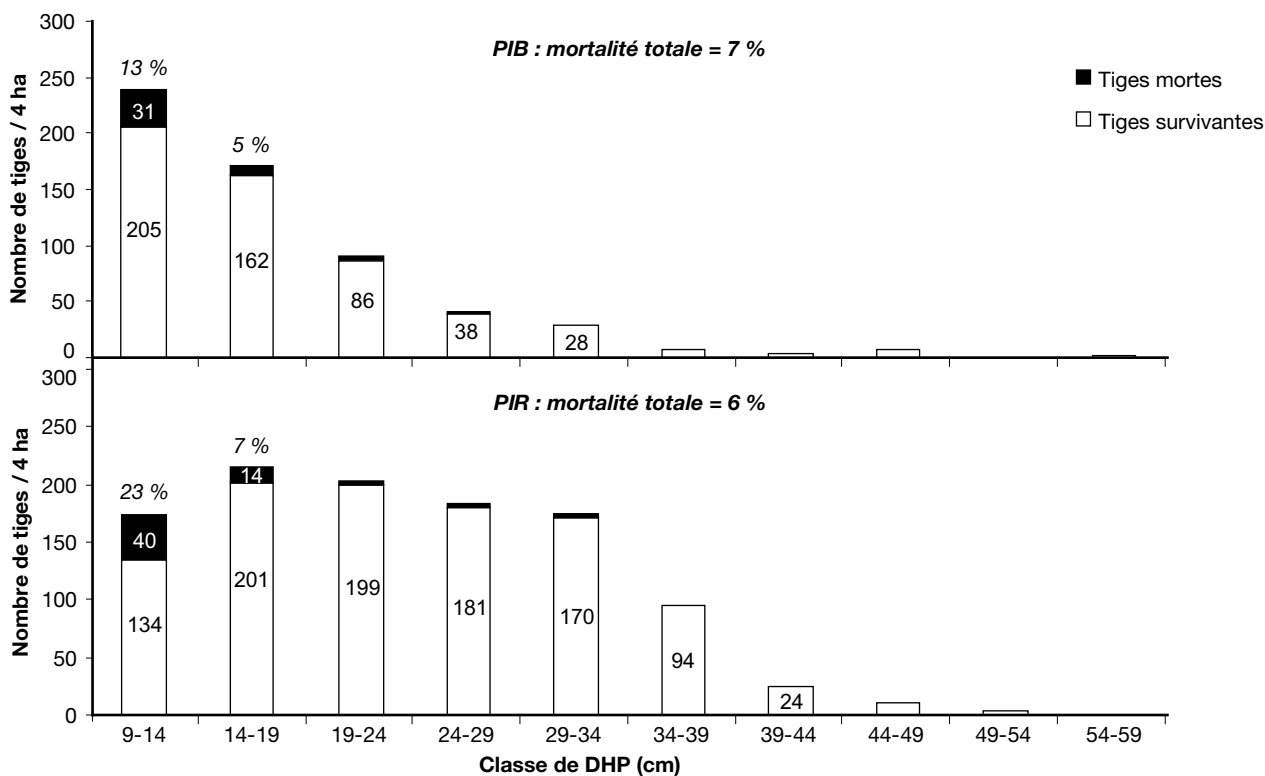
importants que dans les autres parcelles. Ainsi, la  $SURV$  était un peu plus faible (6,1  $m^2/ha$ ) pour la  $ST_{APC}$  moyenne, comparativement aux regroupements de  $ST_{APC}$  très basse et de  $ST_{APC}$  basse (6,5  $m^2/ha$ , figure 17b). Quant au  $REC$ , il était faible, de l'ordre de 0,2 à 0,5  $m^2/ha$ , sauf dans la parcelle 16 (0,9  $m^2/ha$ ), et montrait une tendance à diminuer avec l'augmentation de la  $ST_{APC}$  (Figure 17c). La  $MORT$  était toujours supérieure au  $REC$ , avec des valeurs de 1,0 à 1,3  $m^2/ha$  (et exceptionnellement, de 2,1  $m^2/ha$  dans la parcelle 16) (Figure 17d).

### 2.1.4.2. Pin rouge

Dix ans après la coupe d'éclaircie, la  $PROD_{nette}$  du PIR variait de 2,7 à 4,1  $m^2/ha$  (Tableau 2) et augmentait avec la  $ST_{APC}$  en PIR (Figure 18a). L'examen des composantes de la  $PROD_{nette}$  révèle que celle-ci était largement déterminée par la  $SURV$ , qui présentait des valeurs similaires (de 2,7 à 4,6  $m^2/ha$ ) et augmentait en fonction de la  $ST_{APC}$  en PIR survivants (Figure 18b). Le  $REC$  en PIR était pratiquement nul (Figure 18c), et la  $MORT$  du PIR

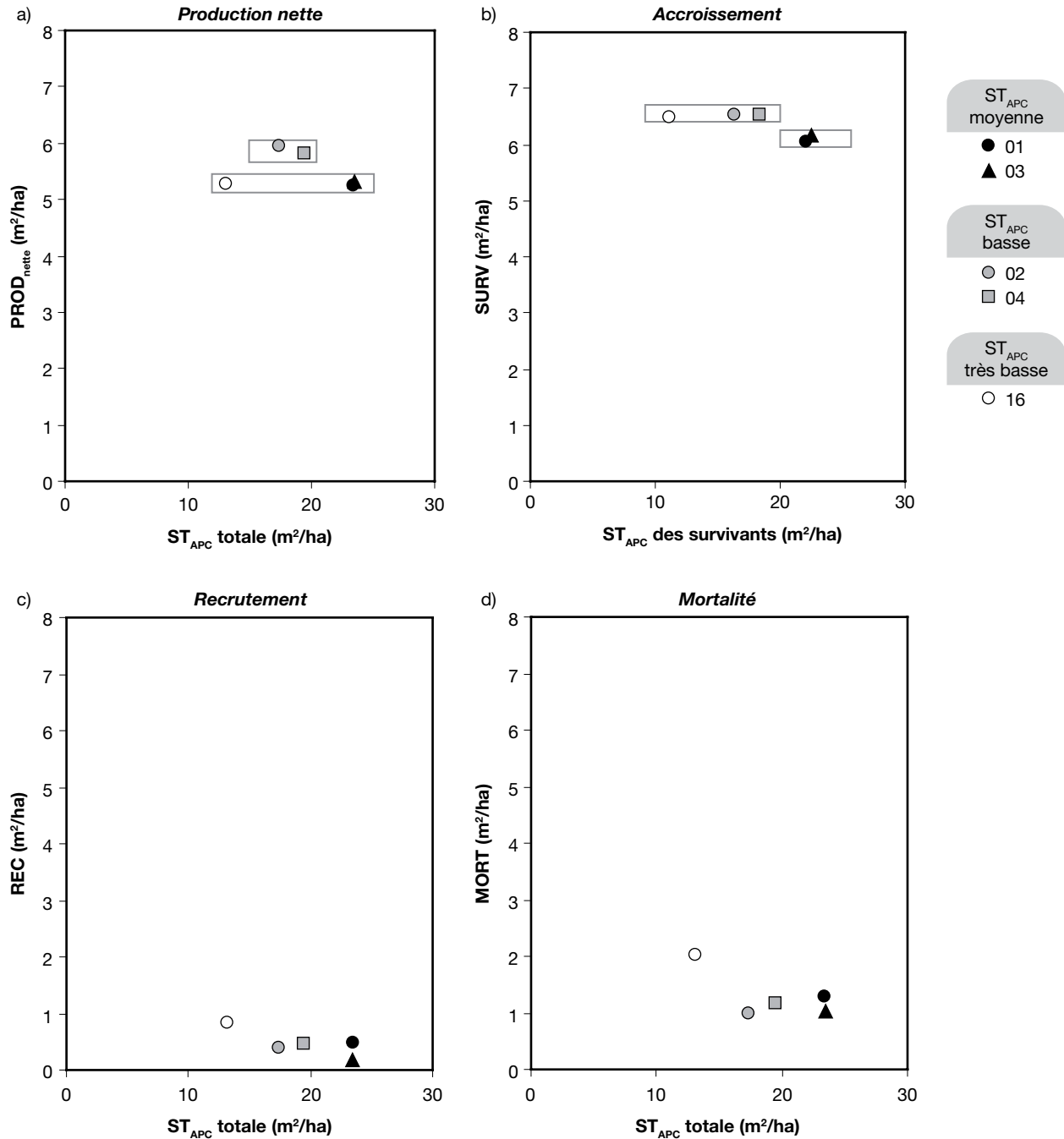


**Figure 15.** Nombre de tiges mortes et survivantes de peuplier faux-tremble (PET) et de peuplier à grandes dents (PEG) 10 ans après la coupe, par classe de DHP, pour l'ensemble des parcelles 01, 02, 03 et 04 de la pinède à pin rouge. Le pourcentage en haut de chaque colonne, le cas échéant, indique le taux de mortalité.



**Figure 16.** Nombre de tiges mortes et survivantes de pin blanc (PIB) et de pin rouge (PIR) 10 ans après la coupe, par classe de DHP, pour l'ensemble des parcelles 01, 02, 03 et 04 de la pinède à pin rouge. Le pourcentage en haut de chaque colonne, le cas échéant, indique le taux de mortalité.

**TOUTES LES ESPÈCES**

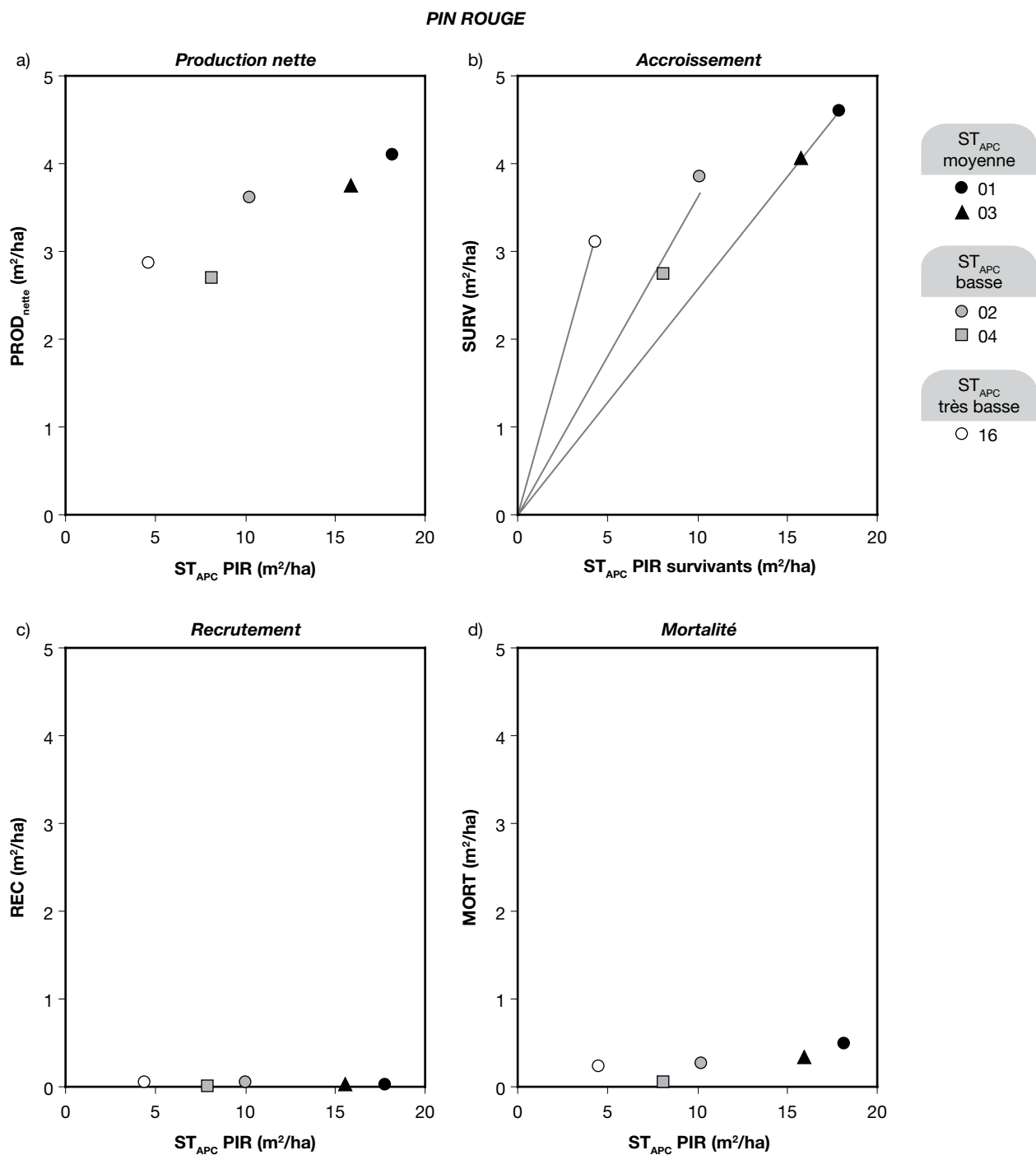


**Figure 17.** Production nette (a), production par accroissement des survivants (b), recrutement (c) et mortalité (d) de l'ensemble des espèces 10 ans après la coupe, en fonction de la surface terrière totale après la coupe, pour chacune des parcelles de la pinède à pin rouge. Les rectangles indiquent les 2 paliers de production.

est demeurée faible et assez constante (de 0,3 à 0,5  $m^2/ha$ ), sauf dans la parcelle 04, où elle était pratiquement nulle (Figure 18d).

Afin de comparer si, pour une même  $ST_{APC}$ , les tiges de certaines grosseurs de PIR étaient plus productives que d'autres, nous avons calculé un taux de production par accroissement des survivants pour chacune des classes de DHP, défini comme la

production par accroissement des PIR survivants par unité de  $ST_{APC}$  des PIR survivants. Ce taux diminue en fonction de la  $ST_{APC}$  totale (Figure 19). De plus, les petites tiges de PIR ont bénéficié le plus de la baisse de  $ST$  totale résultant de la coupe, puisque l'écart entre les courbes diminue avec l'augmentation du DHP. Les meilleurs taux de production se rencontrent dans les classes de DHP de 19–24 cm et moins. Ainsi, des valeurs maximales de 0,86, 0,56 et 0,35

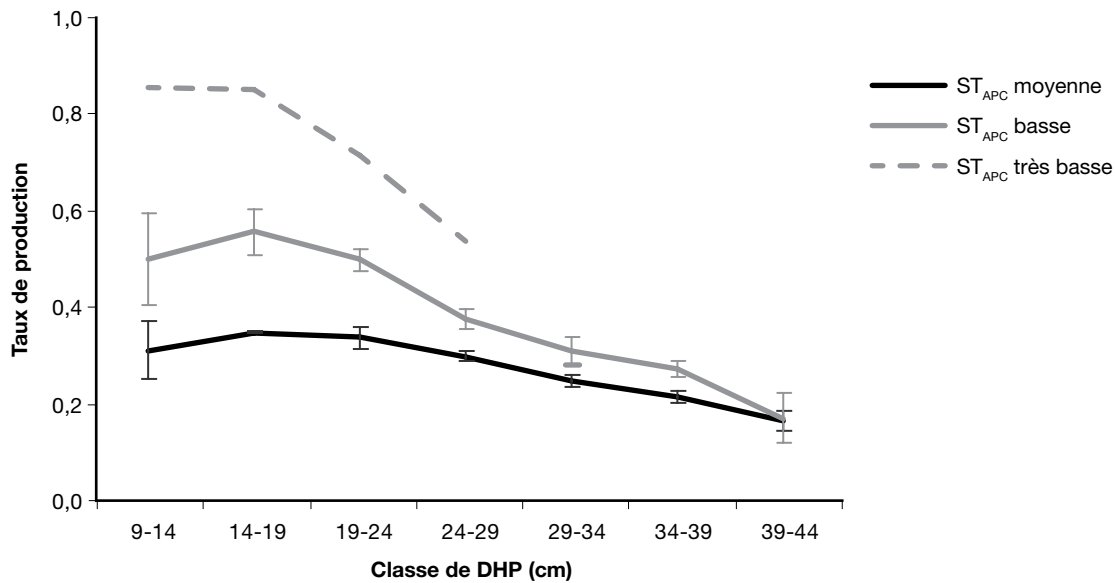


**Figure 18.** Production nette (a), production par accroissement des survivants (b), recrutement (c) et mortalité (d) du pin rouge (PIR) 10 ans après la coupe, en fonction de sa surface terrière après la coupe, pour chacune des parcelles de la pinède à pin rouge. Les lignes droites reliant les symboles illustrent la relation linéaire entre la production et la ST<sub>APC</sub> associée à chacun des regroupements de ST; la pente de ces droites indique leur taux de production.

sont observées dans les regroupements de ST<sub>APC</sub> très basse, de ST<sub>APC</sub> basse et de ST<sub>APC</sub> moyenne, respectivement. À partir de la classe de DHP de 19–24 cm, le taux de production diminue graduellement, et donc, pour une même ST<sub>APC</sub>, les petits PIR présentent un taux de production supérieur à celui des gros PIR. Cette différence est d'autant plus grande que la ST<sub>APC</sub> est faible.

#### 2.1.4.3. Pin blanc

Pour une même ST<sub>APC</sub> en PIB, la PROD<sub>nette</sub> du PIB a augmenté avec la diminution de la ST<sub>APC</sub> totale. Par exemple, pour les parcelles 01 (regroupement de ST<sub>APC</sub> moyenne) et 02 (regroupement de ST<sub>APC</sub> basse), la PROD<sub>nette</sub> en PIB variait presque du simple au double (0,9 m<sup>2</sup>/ha et 1,6 m<sup>2</sup>/ha, respectivement), pour des ST<sub>APC</sub> en PIB similaires



**Figure 19.** Taux de production par accroissement des survivants des pins rouges, par classe de DHP, pour les 3 regroupements de ST de la pinède à pin rouge. Les barres indiquent les valeurs moyennes minimales et maximales des parcelles du regroupement de ST.

(2,7 et 2,9 m<sup>2</sup>/ha) mais des ST<sub>APC</sub> totales de 23,5 et 17,4 m<sup>2</sup>/ha (Tableau 2). La PROD<sub>nette</sub> du PIB a suivi de très près la SURV des PIB, car le REC et la MORT étaient sensiblement du même ordre de grandeur. Comme les PIB étaient concentrés principalement dans les petites classes de DHP (Figure 16), l'ouverture du couvert associée à une ST<sub>APC</sub> basse avantageait particulièrement la production de ces petites tiges. Nous y reviendrons dans la section 2.2.4.2, consacrée à la production des PIB dans la pinède à pin blanc.

#### 2.1.4.4. Pin rouge et pin blanc

Dix ans après la coupe, la PROD<sub>nette</sub> des PIR et PIB variait peu entre les 5 parcelles (de 5,0 à 5,2 m<sup>2</sup>/ha), malgré d'importantes variations de la ST<sub>APC</sub> pour ces 2 espèces (de 8,0 à 20,7 m<sup>2</sup>/ha, tableau 2). En analysant les différentes composantes de la PROD<sub>nette</sub>, on remarque que les SURV et le REC variaient peu entre les parcelles. La MORT variait un peu plus, avec des valeurs de 0,3 à 0,6 m<sup>2</sup>/ha.

#### 2.1.4.5. Autres espèces

Dix ans après la coupe, la PROD<sub>nette</sub> des feuillus, qui présentaient des ST<sub>APC</sub> assez semblables à celles du PIB, était moindre que celle de ce dernier (Tableau 2). En effet, dans les parcelles 03 et 16, la ST<sub>APC</sub> en PIB (3,3 et 3,5 m<sup>2</sup>/ha) était semblable à celle des feuillus (de 3,3 et 3,2 m<sup>2</sup>/ha), mais la PROD<sub>nette</sub> des feuillus (0,6 m<sup>2</sup>/ha) était moins de la moitié de celle du PIB (de 1,2 et 2,1 m<sup>2</sup>/ha). Ces écarts s'expliquent en grande partie par la SURV et la MORT, le REC des feuillus étant semblable ou légèrement supérieur à celui du PIB. En effet, la

MORT des feuillus était 2 à 3 fois plus forte que celle du PIB, et leur SURV était presque 2 fois moindre que celle du PIB.

Les résineux autres que le PIR et le PIB (pin gris, épinette blanche [*Picea glauca* (Moench) Voss] et sapin baumier) ont montré une PROD<sub>nette</sub> nulle ou négative (Tableau 2). La MORT était plus élevée (jusqu'à près de 4 fois supérieure) ou semblable à leur PROD<sub>brute</sub>. La parcelle 16 avait un REC et une MORT de beaucoup supérieurs à ceux des autres parcelles.

#### 2.1.4.6. Toutes les espèces (DHP > 23,0 cm)

Si l'on ne considère que les tiges de dimension de bois d'œuvre (DHP > 23,0 cm), la PROD<sub>nette</sub> 23+ a varié de 6,3 à 7,3 m<sup>2</sup>/ha sur les 10 ans après la coupe, pour l'ensemble des espèces (Tableau 3). Cela représente de 0,7 à 1,9 m<sup>2</sup>/ha de plus que la PROD<sub>nette</sub> des tiges de 9+. Ce résultat s'explique par un REC 23+ plus fort, de même que par une MORT 23+ de 4 à 12 fois moindre.

La PROD<sub>nette</sub> 23+ a diminué légèrement avec la ST<sub>APC</sub> 23+ (Figure 20a). Ainsi, pour une ST<sub>APC</sub> 23+ de 8,3 m<sup>2</sup>/ha, la PROD<sub>nette</sub> 23+ était de 6,9 m<sup>2</sup>/ha, alors que pour une ST<sub>APC</sub> 23+ de 17,0 m<sup>2</sup>/ha, la PROD<sub>nette</sub> 23+ n'a atteint que 6,3 m<sup>2</sup>/ha. En analysant les différentes composantes de la PROD<sub>nette</sub> 23+, on remarque que la SURV 23+ a augmenté rapidement en fonction de la ST<sub>APC</sub> des SURV 23+ (Figure 20b), tandis que le REC 23+ a diminué rapidement en fonction de la ST<sub>APC</sub> 23+ (Figure 20c), et que la MORT 23+ a peu varié et est demeurée très faible (de l'ordre de 0,1 à 0,3 m<sup>2</sup>/ha, figure 20d). Puisque

**Tableau 3.** Surface terrière (ST) avant la coupe (AVC), après la coupe (APC), après la coupe (APC) et 10 ans après la coupe, bilan de production 10 ans après la coupe, par espèce ou groupe d'espèces de DHP de plus de 23,0 cm (23+), dans chacune des parcelles de la pinède à pin rouge.

Espèce ou groupe d'espèces	Regroupement de ST	Parcelle	ST (m <sup>2</sup> /ha)		Bilan de production 10 ans après la coupe <sup>†</sup>						Proportion de la ST <sub>23+</sub> après la coupe <sup>‡</sup> (%)	Taux de production par accroissement des survivants <sup>§</sup>
			AVC	APC	10 ans	SURV	REC	PROD <sub>brute</sub>	MORT	PROD <sub>nette</sub>		
Toutes les espèces 23+	ST <sub>APC</sub> moyenne	01	30,3	17,0	23,3	4,2	2,4	6,6	0,3	6,3	72	0,25
		03	26,5	15,1	21,6	3,5	3,2	6,7	0,2	6,5	64	0,23
	ST <sub>APC</sub> basse	02	22,5	8,3	15,2	2,4	4,6	7,0	0,1	6,9	48	0,30
		04	22,7	11,5	18,1	3,3	3,4	6,7	0,2	6,6	59	0,29
PIR <sub>23+</sub>	ST <sub>APC</sub> très basse	16	19,9	4,0	11,2	1,5	6,0	7,5	0,2	7,3	30	0,41
		01	20,4	15,3	20,3	3,7	1,4	5,2	0,2	5,0	85	0,25
	ST <sub>APC</sub> moyenne	03	14,3	11,8	16,8	2,8	2,3	5,0	0,0	5,0	74	0,24
		02	7,0	5,6	10,5	1,7	3,2	4,9	0,1	4,8	55	0,31
PIR <sub>23+</sub> et PIB <sub>23+</sub>	ST <sub>APC</sub> basse	04	7,5	6,6	10,2	1,9	1,6	3,6	0	3,6	82	0,30
		16	1,7	0,8	5,2	0,4	4,0	4,4	0	4,4	19	0,51
	ST <sub>APC</sub> moyenne	01	22,8	16,2	21,9	4,0	1,9	5,9	0,2	5,7	78	0,25
		03	16,0	13,1	19,4	3,2	3,2	6,4	0,1	6,3	68	0,25
ST <sub>APC</sub> basse	02	8,4	6,7	12,9	2,1	4,2	6,3	0,1	6,2	52	0,32	
	04	13,9	10,8	16,9	3,2	2,9	6,1	0,1	6,1	70	0,30	
ST <sub>APC</sub> très basse	ST <sub>APC</sub> très basse	16	2,9	2,1	9,0	1,2	5,8	6,9	0	6,9	26	0,56

<sup>†</sup> SURV = Production par accroissement des survivants; REC = Recrutement; PROD<sub>brute</sub> = Production brute; MORT = Mortalité; PROD<sub>nette</sub> = Production nette.

<sup>‡</sup> Rapport de la ST après la coupe des arbres de DHP > 23,0 cm divisée par celle des arbres de DHP > 9,0 cm.

<sup>§</sup> Rapport de la SURV divisée par la différence entre la ST après la coupe et la MORT.

la diminution du REC 23+ était un peu plus forte que l'augmentation de la SURV 23+ en fonction de la  $ST_{APC}$  23+, la  $PROD_{nette}$  23+ a diminué légèrement en fonction de la  $ST_{APC}$  23+.

#### 2.1.4.7. Pin rouge (DHP > 23,0 cm)

Dans toutes les parcelles sauf la parcelle 04, la  $PROD_{nette}$  des PIR de DHP > 23,0 cm ( $PIR_{23+}$ ) a peu varié avec la  $ST_{APC}$  des  $PIR_{23+}$  (Figure 21). L'analyse des différentes composantes de la  $PROD_{nette}$  révèle que les  $PIR_{23+}$  ont suivi les mêmes tendances que l'ensemble des espèces 23+ (Figure 20). Ainsi, la SURV des  $PIR_{23+}$  a augmenté rapidement en fonction de leur  $ST_{APC}$  (Figure 21b). À l'inverse, le REC en  $PIR_{23+}$  a diminué rapidement avec la  $ST_{APC}$  des  $PIR_{23+}$  (Figure 21c). Comme la  $ST_{APC}$  des  $PIR_{23+}$  était corrélée à la  $ST_{APC}$  totale ( $R^2 = 0,93$ , résultats non présentés), la densité du couvert a nu à la croissance en diamètre des PIR plus petits (DHP ≤ 23,0 cm), ce qui a diminué leur REC (Figure 22). Comme la diminution du REC des  $PIR_{23+}$  était comparable à l'augmentation de la SURV des  $PIR_{23+}$ , la  $PROD_{nette}$  des  $PIR_{23+}$  a peu varié en fonction de la  $ST_{APC}$  23+ (Figure 21). Dans la parcelle 04, la  $PROD_{nette}$  des  $PIR_{23+}$  a été inférieure à celle de toutes les autres parcelles, en raison d'un REC en  $PIR_{23+}$  nettement plus faible causé par la présence après la coupe d'un moins grand nombre de PIR de DHP ≤ 23,0 cm (Figure 8).

Le REC en  $PIR_{23+}$ , 10 ans après la coupe, s'est fait parmi les tiges de DHP > 16,0 cm (Figure 22). La proportion des PIR des classes de DHP de 16, 18, 20 et 22 cm qui ont franchi le seuil de recrutement de 23,0 cm a diminué avec l'augmentation de la  $ST_{APC}$ , de même qu'avec l'ampleur de l'écart les séparant de ce seuil. Par exemple, pour les PIR de la classe de DHP de 18 cm, on observe en moyenne que 80, 45 et 8 % des tiges sont devenues des recrues dans les regroupements de  $ST_{APC}$  très basse, de  $ST_{APC}$  basse et de  $ST_{APC}$  moyenne, respectivement. De même, pour un regroupement de ST donné, par exemple celui de la  $ST_{APC}$  moyenne, la proportion des PIR qui ont franchi le seuil de 23,0 cm a progressé de 2 à 96 % entre la classe de DHP de 16 cm et celle de 22 cm.

#### 2.1.4.8. Simulation de la production nette du pin rouge

##### 2.1.4.8.1. Pin rouge de dimension marchande (9+)

Les simulations nous laissent croire que, pour une même proportion de la  $ST_{APC}$  en PIR, la  $PROD_{nette}$  est plus forte pour le regroupement de  $ST_{APC}$  basse que pour le regroupement de  $ST_{APC}$  moyenne. Ainsi, avec une proportion de la  $ST_{APC}$  totale en PIR de 80 %, on prévoit des rendements en PIR de 5,1 et 4,3 m<sup>2</sup>/ha pour les regroupements de  $ST_{APC}$  basse et de  $ST_{APC}$  moyenne, respectivement (Figure 23a).

Les simulations montrent aussi que pour une même  $ST_{APC}$  en PIR, la  $PROD_{nette}$  en PIR 10 ans après la coupe est plus élevée pour le regroupement de  $ST_{APC}$  basse que pour le regroupement de  $ST_{APC}$  moyenne, et que l'écart s'accroît avec l'augmentation de la  $ST_{APC}$  en PIR (Figure 23b). Par exemple, pour une  $ST_{APC}$  en PIR de 15 m<sup>2</sup>/ha, on prévoit des rendements de 5,2 et 3,5 m<sup>2</sup>/ha pour des regroupements de  $ST_{APC}$  basse et de  $ST_{APC}$  moyenne, respectivement. Une même  $PROD_{nette}$  en PIR peut être obtenue avec différentes combinaisons de  $ST_{APC}$  totale et de  $ST_{APC}$  en PIR. Par exemple, les simulations prévoient un rendement de 4,0 m<sup>2</sup>/ha en PIR, 10 ans après la coupe, pour des  $ST_{APC}$  en PIR de 11,6 et 17,3 m<sup>2</sup>/ha dans les regroupements de  $ST_{APC}$  basse et de  $ST_{APC}$  moyenne, respectivement (Figure 23b).

##### 2.1.4.8.2. Pin rouge de dimension de bois d'œuvre (23+)

Les simulations montrent que le rapport de la  $ST_{APC}$  en  $PIR_{23+}$  divisée par la  $ST_{APC}$  en  $PIR_{9+}$  ( $ST_{PIR_{23+}}/PIR_{9+}$ ) influence la  $PROD_{nette}$  des  $PIR_{23+}$ . En effet, plus ce rapport est faible, plus la  $PROD_{nette}$  des  $PIR_{23+}$  augmente (Figure 24a). Ainsi, pour une proportion de la  $ST_{APC}$  en PIR égale à 80 %, la  $PROD_{nette}$  des  $PIR_{23+}$  augmente d'environ 0,6 m<sup>2</sup>/ha pour chaque diminution de 0,1 du rapport  $ST_{PIR_{23+}}/PIR_{9+}$ .

Contrairement à la production des  $PIR_{9+}$ , les simulations montrent que, pour une même proportion de la  $ST_{APC}$  totale en  $PIR_{23+}$ , la  $PROD_{nette}$  des  $PIR_{23+}$  serait sensiblement la même, 10 ans après la coupe, pour les regroupements de  $ST_{APC}$  basse ou de  $ST_{APC}$  moyenne. Par exemple, avec 80 % de la  $ST_{APC}$  totale en PIR et un rapport  $ST_{PIR_{23+}}/PIR_{9+}$  de 0,8, la  $PROD_{nette}$  des  $PIR_{23+}$  10 ans après la coupe serait de 5,5 m<sup>2</sup>/ha, autant pour le regroupement de  $ST_{APC}$  basse que celui de  $ST_{APC}$  moyenne (Figure 24a).

Comme pour la production des  $PIR_{9+}$ , les simulations montrent que pour une même  $ST_{APC}$  en  $PIR_{23+}$ , la  $PROD_{nette}$  des  $PIR_{23+}$  a été plus forte dans les parcelles du regroupement de  $ST_{APC}$  basse que dans celles du regroupement de  $ST_{APC}$  moyenne, et que l'écart de production s'accroît légèrement avec l'augmentation de la ST en  $PIR_{23+}$  (Figure 24b). Par exemple, pour une  $ST_{APC}$  en  $PIR_{23+}$  de 12 m<sup>2</sup>/ha et un rapport  $ST_{PIR_{23+}}/PIR_{9+}$  de 0,8, on prévoit des rendements de 5,6 et 4,4 m<sup>2</sup>/ha pour des  $ST_{APC}$  totales de 18,5 et 23,5 m<sup>2</sup>/ha, respectivement (regroupements de  $ST_{APC}$  basse et de  $ST_{APC}$  moyenne).

TOUTES LES ESPÈCES - DHP > 23,0 cm

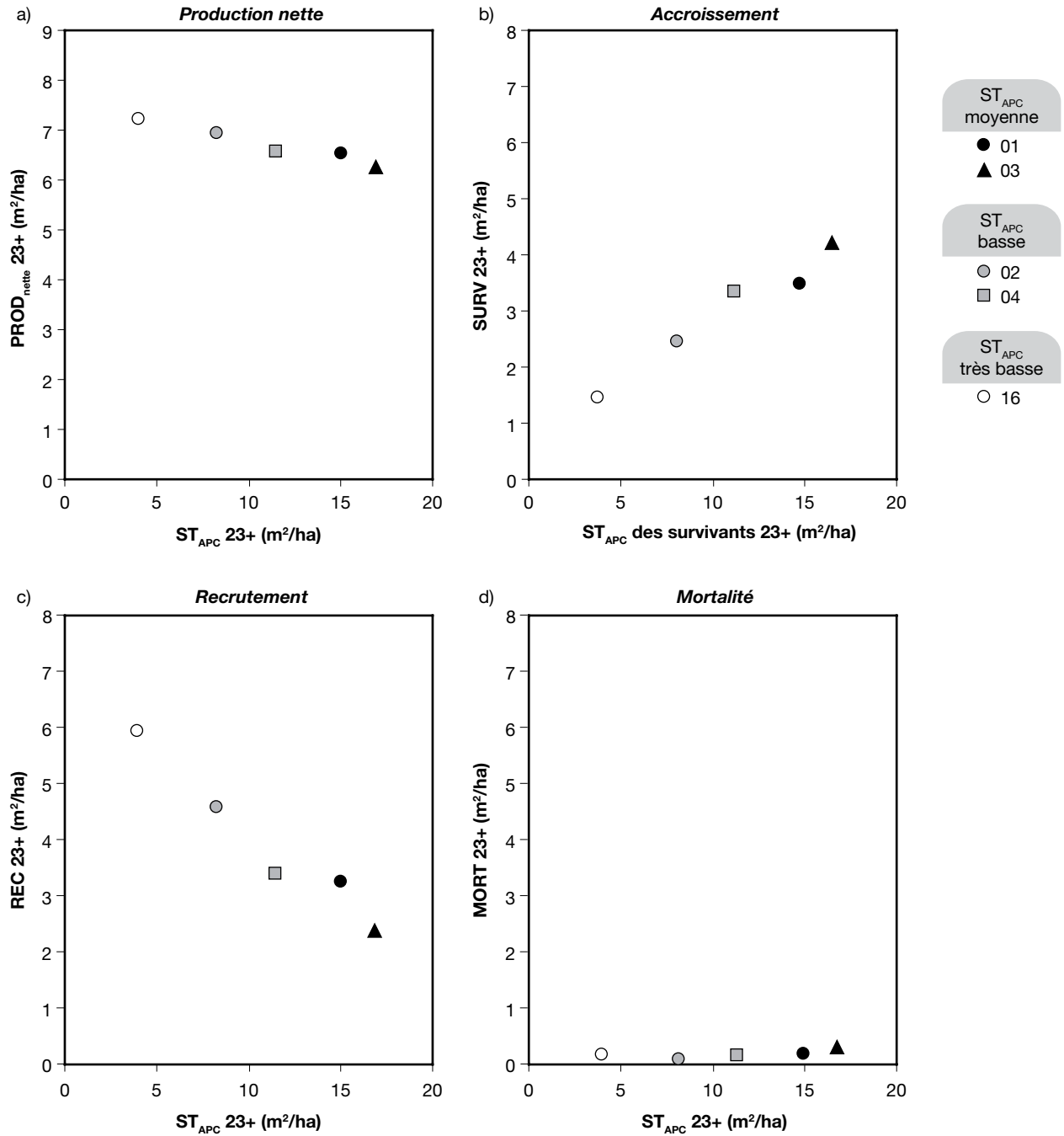
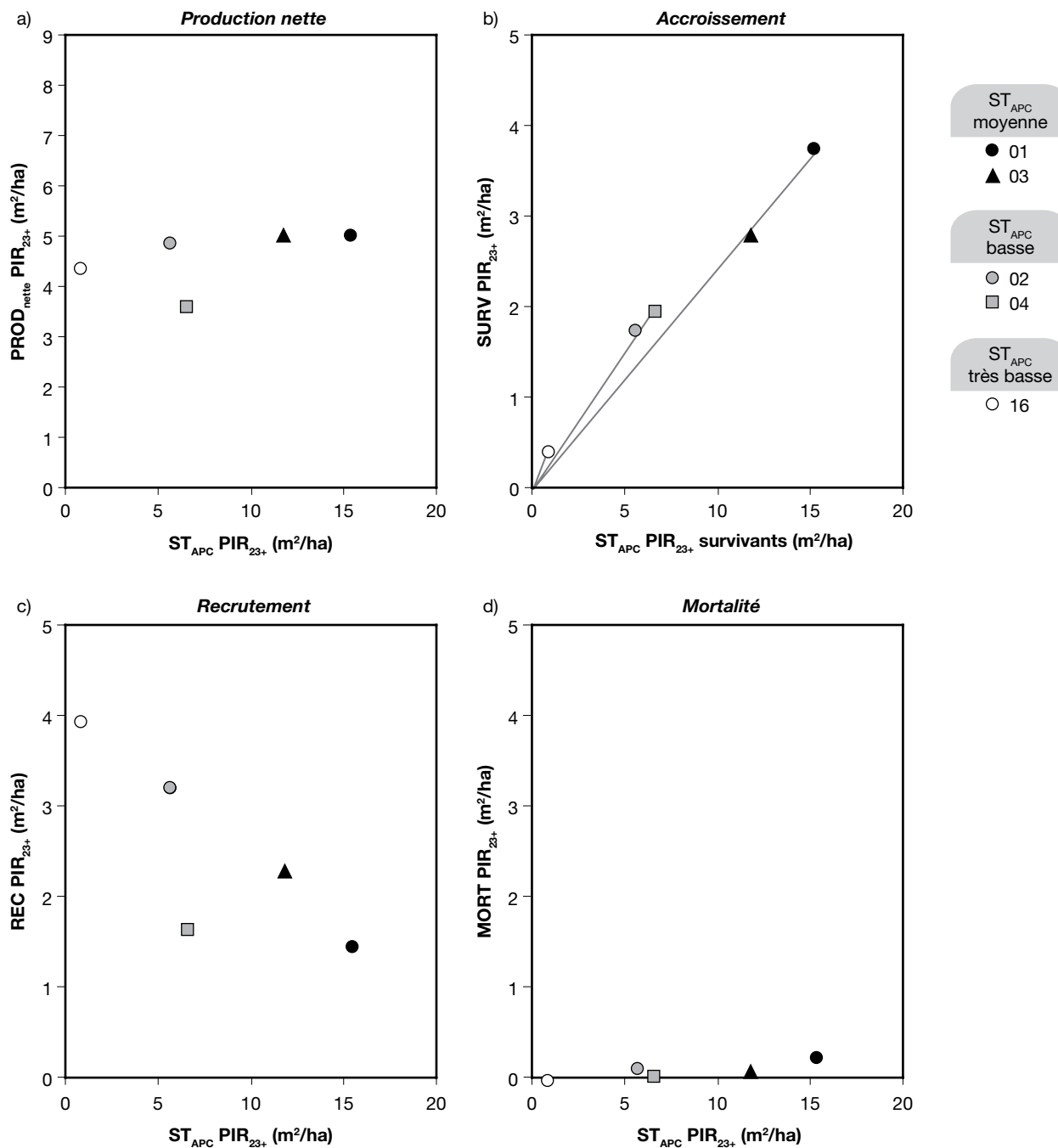
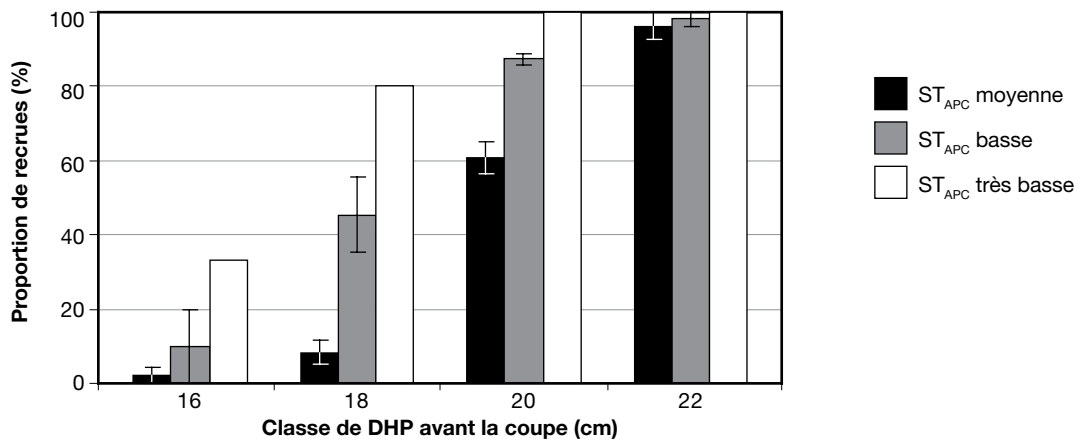


Figure 20. Production nette (a), production par accroissement des survivants (b), recrutement (c) et mortalité (d) de l'ensemble des espèces de DHP de plus de 23,0 cm, 10 ans après la coupe, en fonction de leur surface terrière après la coupe, pour chacune des parcelles de la pinède à pin rouge.

## PIN ROUGE - DHP &gt; 23,0 cm

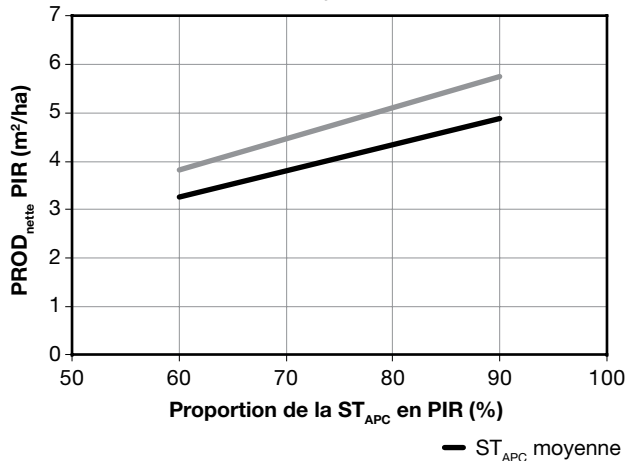


**Figure 21.** Production nette (a), production par accroissement des survivants (b), recrutement (c) et mortalité (d) des pins rouges de DHP de plus de 23,0 cm ( $PIR_{23+}$ ), 10 ans après la coupe, en fonction de leur surface terrière après la coupe, pour chacune des parcelles de la pinède à pin rouge. Les lignes droites illustrent la relation linéaire entre la production et la  $ST_{APC}$  associée à chacun des regroupements de ST; la pente de ces droites indique leur taux de production.

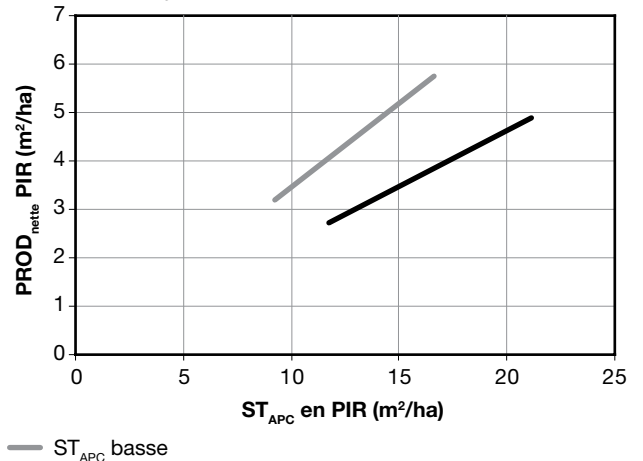


**Figure 22.** Proportion des PIR de chacune des classes de DHP après la coupe qui ont franchi le seuil de DHP de 23,0 cm après 10 ans, pour les 3 regroupements de ST. Les barres délimitent l'intervalle entre la plus petite et la plus grande valeur moyenne des parcelles du regroupement de ST.

**a) Selon la proportion de la ST<sub>APC</sub> en PIR**

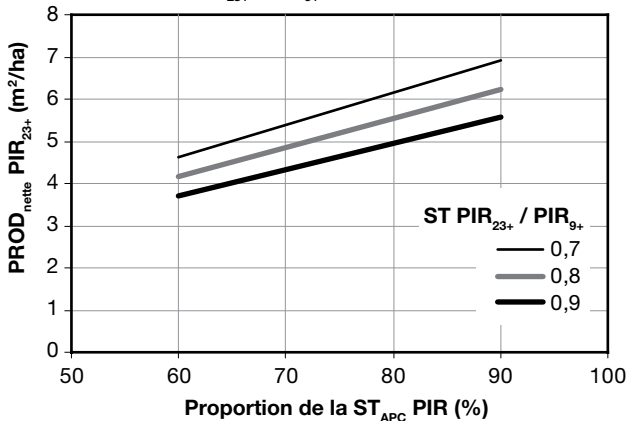


**b) Selon la ST<sub>APC</sub> en PIR**

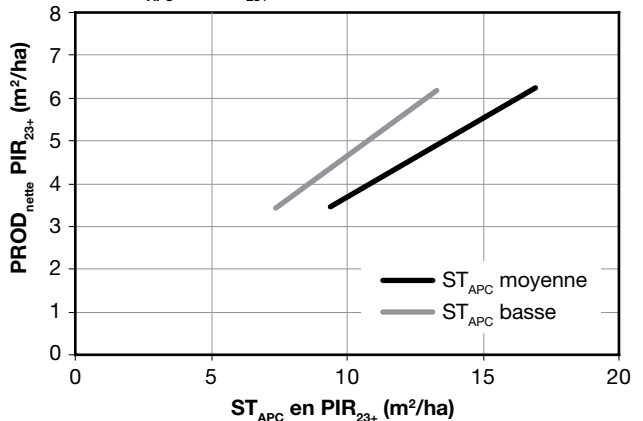


**Figure 23.** Simulation de la production nette en pin rouge (PIR) pour les regroupements de ST<sub>APC</sub> moyenne et de ST<sub>APC</sub> basse (a) selon la proportion de la ST<sub>APC</sub> totale en PIR et (b) selon la ST<sub>APC</sub> en PIR.

**a) Selon le rapport PIR<sub>23+</sub> / PIR<sub>9+</sub>**



**b) Selon la ST<sub>APC</sub> en PIR<sub>23+</sub>**



**Figure 24.** Simulation de la production nette en pin rouge de DHP de plus de 23,0 cm (PIR<sub>23+</sub>) pour les regroupements de ST<sub>APC</sub> moyenne et de ST<sub>APC</sub> basse, (a) selon la proportion de la ST<sub>APC</sub> en PIR pour différents rapports ST PIR<sub>23+</sub>/PIR<sub>9+</sub>, et (b) selon la ST<sub>APC</sub> en PIR<sub>23+</sub> pour un rapport ST PIR<sub>23+</sub>/PIR<sub>9+</sub> de 0,8.

## 2.2. Pinède à pin blanc

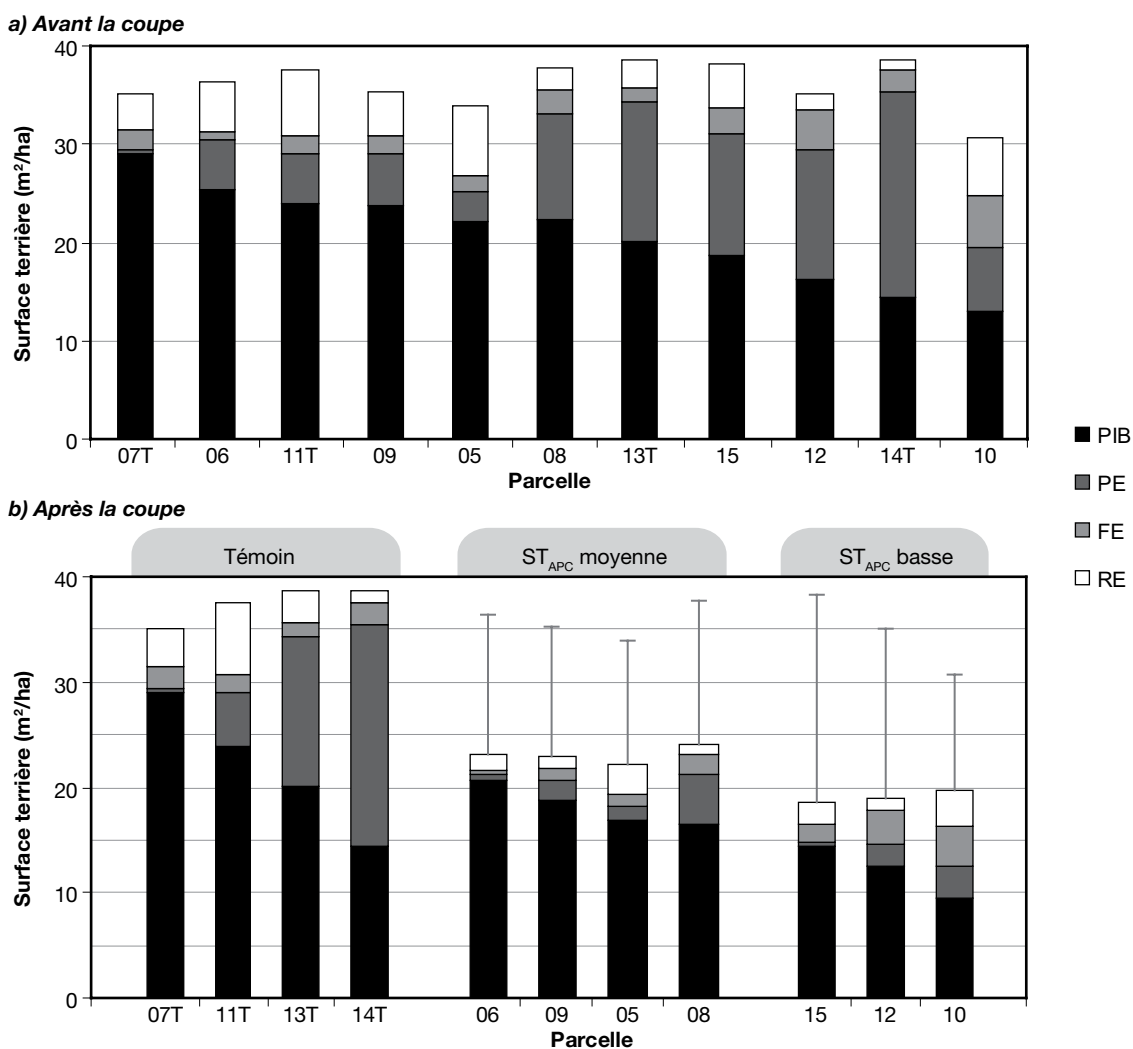
### 2.2.1. Avant la coupe

Après le PIB, qui domine largement la ST de la pinède à pin blanc, l'épinette blanche est le second résineux en importance (avec les deux tiers de ses tiges dans les perches, c'est-à-dire des tiges dont le DHP est compris entre 9,1 et 23,0 cm), suivie par le sapin baumier (presque entièrement restreint aux perches), le PIR et le pin gris (Annexe 4). Parmi les feuillus, c'est le peuplier à grandes dents qui domine très largement, suivi par le peuplier faux-tremble et l'érable rouge (qui est presque entièrement restreint aux perches). Le chêne rouge et le hêtre à grandes feuilles sont présents en petit nombre dans presque toutes les parcelles, et le hêtre à grandes feuilles est exclusivement restreint aux perches. L'érable à sucre (*Acer saccharum* Marsh.) est présent dans plusieurs parcelles; le bouleau jaune (*Betula alleghaniensis* Britt.), le tilleul d'Amérique (*Tilia*

*americana* L.), l'ostryer de Virginie (*Ostrya virginiana* [Mill.] K. Koch) ainsi que le frêne noir (*Fraxinus nigra* Marsh.) se retrouvent dans quelques parcelles.

Avant la coupe, les parcelles présentaient des ST variant de 30,8 à 38,6 m<sup>2</sup>/ha et un VMB variant de 273 à 410 m<sup>3</sup>/ha (Annexe 6). Le PIB occupait de 37 à 83 % de la ST totale (Annexe 4). La seconde espèce en importance pour l'ensemble des parcelles était le peuplier à grandes dents (Annexe 4). Ensemble, le PIB et les peupliers représentaient de 74 à 92 % de la ST totale des parcelles, sauf dans la parcelle 10, où ces espèces ne représentaient que 63 % de la ST totale.

Les ST avant la coupe du PIB et du peuplier suivaient un gradient pour l'ensemble des parcelles (Figure 25a). Ainsi, la ST en PIB tendait à diminuer lorsque celle en peuplier augmentait, sauf dans la parcelle 10, où la ST totale était nettement plus faible, et dans laquelle l'érable rouge était fortement représenté.



**Figure 25.** Surface terrière par espèce ou groupe d'espèces dans chacune des parcelles de la pinède à pin blanc, avant la coupe (a) et après la coupe (b). PIB : pin blanc; PE : peupliers; FE : feuillus autres que les peupliers; RE : résineux autres que le pin blanc.

Le nombre total de tiges variait de 556 à 870 à l'hectare (Annexe 5). Les PIB représentaient de 46 à 61 % (314 à 410 tiges/ha) du nombre total de tiges pour l'ensemble des parcelles, sauf dans les parcelles 10 et 12, où cette proportion n'atteignait que 17 et 35 % (141 et 274 tiges/ha), respectivement, en raison d'un nombre très élevé de tiges de petits diamètres chez les autres espèces.

La structure diamétrale de la pinède à pin blanc était irrégulière, et le nombre de tiges diminuait avec l'augmentation du DHP (Figure 26). La structure diamétrale du PIB suivait généralement celle de l'ensemble des espèces, sauf pour la plus petite classe de DHP (9–14 cm), dans laquelle le PIB était relativement moins abondant que dans la classe suivante. Dans les classes de petits diamètres, l'érable rouge dominait largement, suivi du sapin baumier, de l'épinette blanche et des peupliers. La parcelle 10 se distinguait par son nombre très élevé de tiges de petits diamètres, dont la moitié était composée d'érable rouge. La parcelle 12, quant à elle, comptait un grand nombre de petits peupliers et une présence marquée d'érables à sucre.

Pour l'ensemble des espèces, le DHPq par parcelle variait de 21,7 à 28,3 cm, et celui du PIB variait de 22,4 à 34,3 cm (Annexe 6). Le DHPq des PIB faisant partie du couvert dominant (les 100 plus grosses tiges à l'hectare) variait de 40,4 à 48,1 cm, avec des DHP minimaux de 34 à 39 cm et des DHP maximaux de 43 à 82 cm (résultats non présentés).

La hauteur dominante des arbres dans la pinède à pin blanc était estimée à  $28,8 \pm 1,8$  m. La hauteur moyenne estimée de la composante PIB était un peu plus élevée, à  $30,1 \pm 2,1$  m. L'indice de qualité de station pour le PIB a été estimé à 18,9 m à 50 ans selon Plonski (Payandeh 1991) et à 17,9 m à 50 ans selon Woods et Miller (1996).

L'âge des PIB échantillonnés dans les 4 parcelles témoins (07T, 11T, 13T et 14T), et mesuré à 1,3 m du sol, couvrait un grand intervalle, de 32 à 125 ans. La structure d'âge du PIB montrait un patron en forme de cloche étirée vers la gauche, dans lequel les classes d'âge de 90 et de 100 ans étaient les plus représentées (Figure 27). Un âge moyen de 67 ans (de 32 à 98 ans) a été observé sur les 52 PIB carottés dont le DHP variait de 9,1 à 13,8 cm (Figure 28). L'âge moyen était de 95 ans (de 48 à 126 ans) pour les PIB de DHP de 20–45 cm, et de 100 ans (de 75 à 125 ans) pour les PIB de DHP > 45 cm. À partir d'un DHP de 20 cm, l'âge maximal des PIB plafonnait à environ 120 ans, alors que l'âge minimal semblait augmenter jusqu'à un DHP de 35 cm, après quoi il demeurait stable à environ 80 ans (Figure 28). En tenant compte de la structure diamétrale du PIB

dans les parcelles, on peut déduire que le couvert forestier en PIB de la pinède à pin blanc était formé d'arbres dont l'âge variait d'environ 80 à 120 ans. Des âges de plus de 100 ans ont également été observés chez le peuplier à grandes dents, l'épinette blanche, le pin gris ainsi que le PIR.

Pour les 4 parcelles témoins, un peu plus de 14 % des 327 PIB carottés présentaient de la carie à 1,3 m du sol. La carie était plus fréquente dans les classes de DHP de 14–19 à 24–29 cm, avec des incidences de 16 à 25 % (Figure 29). Pour les classes de DHP de 29–34 à 39–44 cm, les proportions de PIB cariés variaient de 8 à 13 %. Aucune carie n'a été décelée sur les 36 PIB échantillonnés de DHP > 44,0 cm.

Pour le peuplier à grandes dents, 54 des 61 individus carottés (soit près de 90 %) présentaient de la carie. L'incidence de la carie augmentait rapidement avec la grosseur des tiges (Figure 30), de sorte qu'à partir de la classe de DHP de 29–34 cm, 80 à 100 % des arbres présentaient de la carie.

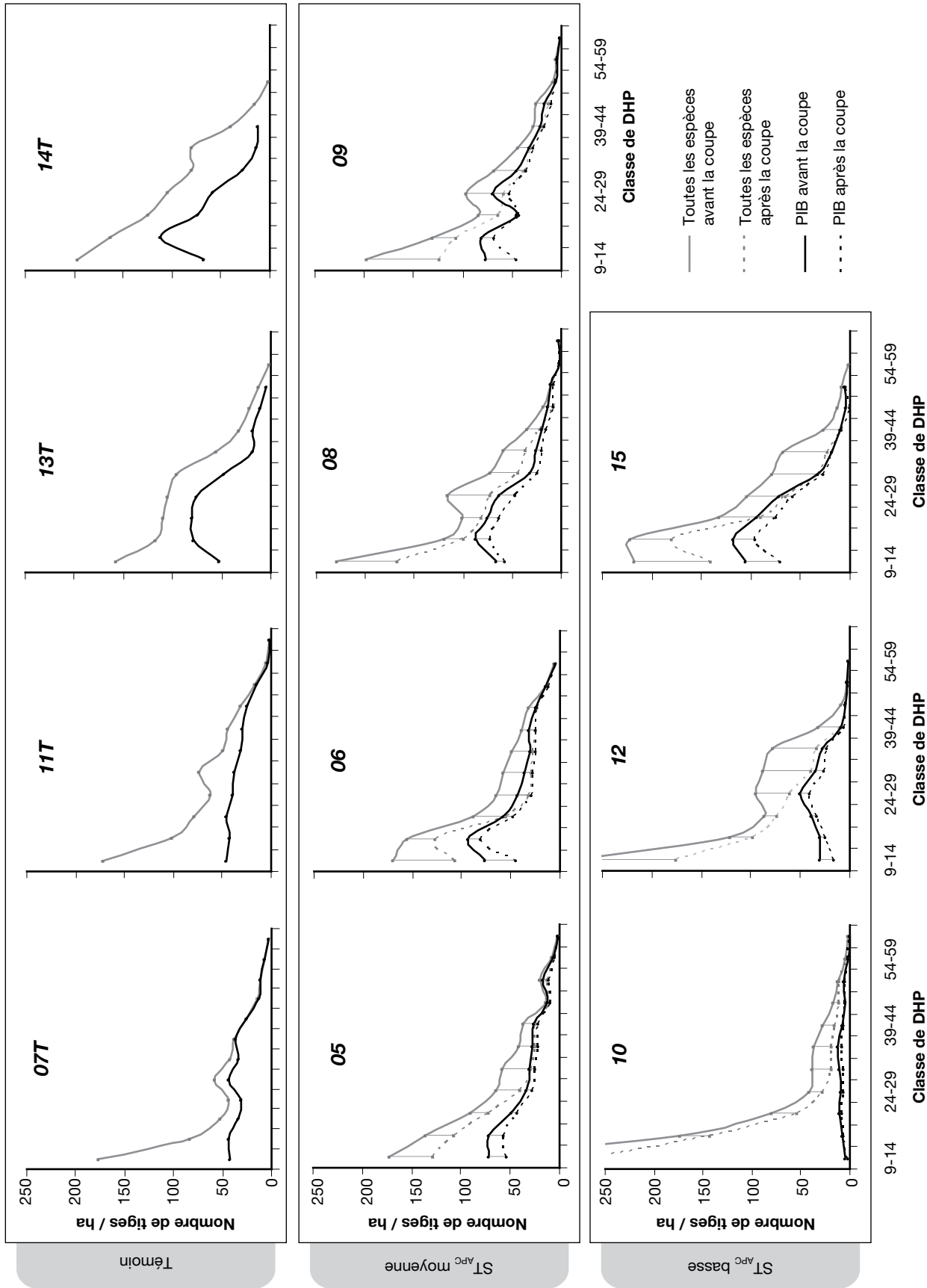
L'abondance des peupliers a influencé la croissance en diamètre du PIB dans le passé. On observe qu'avant la coupe, le DHPq du PIB diminuait progressivement de 33,7 à 22,4 cm lorsque la proportion de la ST en peupliers dans les parcelles augmentait de 0,01 à 0,55 (Figure 31a). Cet effet est linéaire et très significatif ( $p = 0,002$ ). Le DHPq du PIB diminuait à la fois parce que la quantité de PIB de petits diamètres augmentait et parce que celle des PIB de gros diamètres diminuait (Figure 31b).

### 2.2.2. Après la coupe

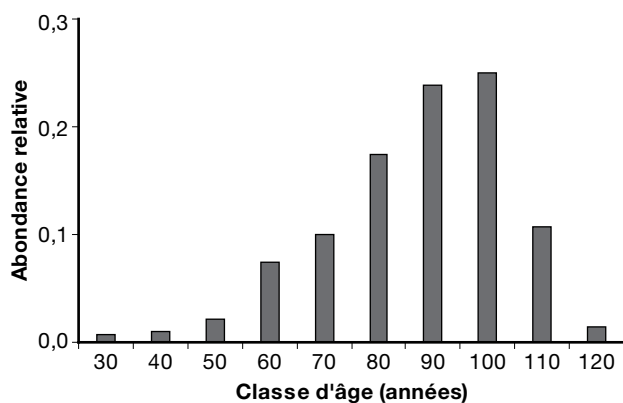
Parmi les 11 parcelles de la pinède à pin blanc, 7 ont fait l'objet d'une coupe d'éclaircie et 4 ont été laissées intactes, à titre de témoins. L'éclaircie visait à enlever en priorité les arbres peu vigoureux, défectueux ou de mauvaise qualité ainsi que les gros peupliers, de façon à dégager les tiges d'avenir et à en uniformiser la répartition spatiale (Brown 1994b). Le martelage des arbres a été effectué par la compagnie forestière responsable de la coupe.

Après la coupe, le VMB total variait de 168 à 264 m<sup>3</sup>/ha (Annexe 6). Le prélèvement d'environ 100 à 200 m<sup>3</sup>/ha représentait environ la moitié du VMB initial dans les parcelles 12 et 15 et le tiers dans les 5 autres parcelles. De 18 à 27 % du VMB initial en PIB a été prélevé par la coupe (Annexe 6).

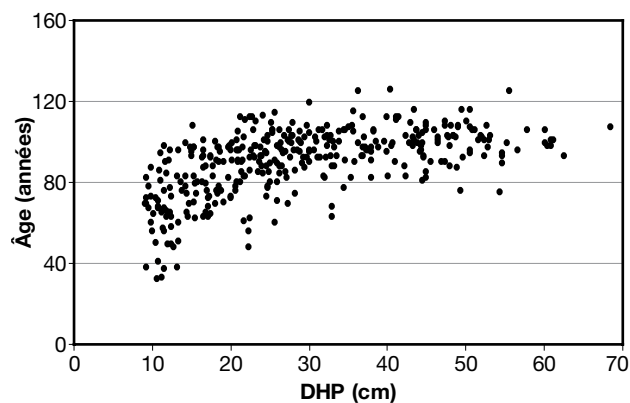
La  $ST_{APC}$  totale variait de 18,6 à 24,1 m<sup>2</sup>/ha dans les parcelles éclaircies, et de 35,0 à 38,6 m<sup>2</sup>/ha dans les parcelles témoins (Annexe 6). La  $ST_{APC}$  du PIB variait de 9,4 à 20,6 m<sup>2</sup>/ha dans les parcelles éclaircies et de 14,4 à 29,0 m<sup>2</sup>/ha dans les parcelles témoins



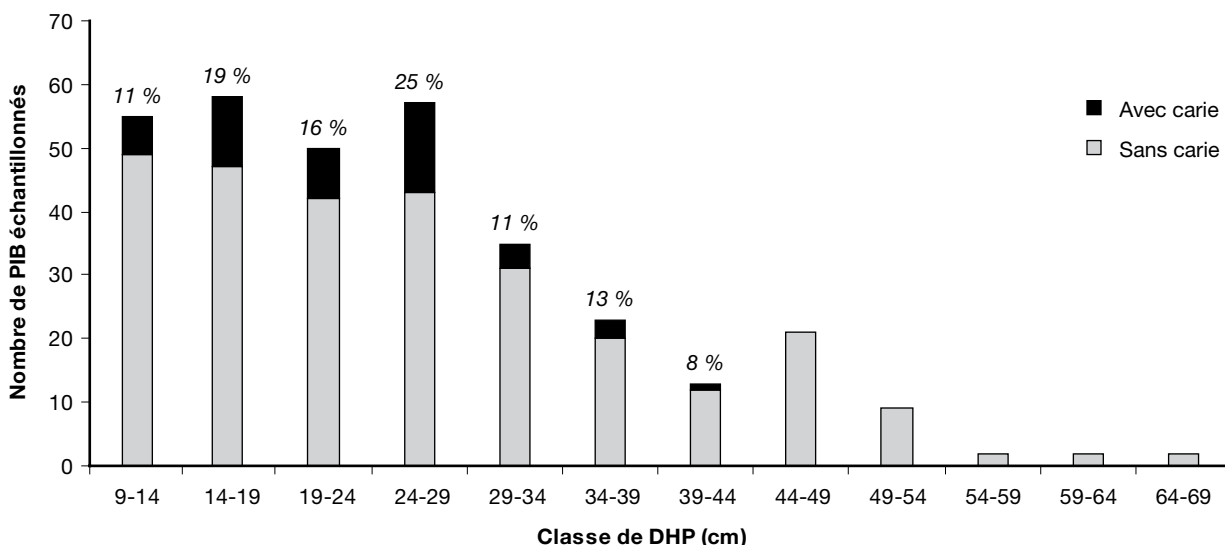
**Figure 26.** Structure diamétrale avant et après la coupe, pour toutes les espèces ainsi que pour le pin blanc (PIB), dans chacune des parcelles de la pinède à pin blanc (identifiées par le numéro situé au-dessus de chaque graphique).



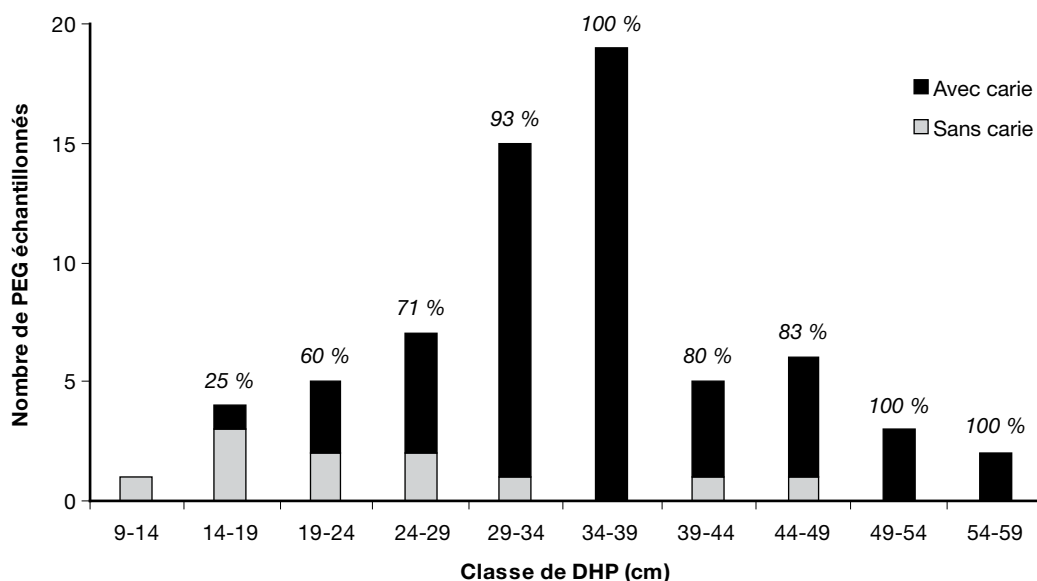
**Figure 27.** Structure d'âge du pin blanc pour les 4 parcelles témoins (07T, 11T, 13T et 14T; âge mesuré à 1,3 m du sol; n = 280).



**Figure 28.** Relation entre l'âge mesuré à 1,3 m du sol et le DHP du pin blanc avant la coupe, dans les parcelles de la pinède à pin blanc.

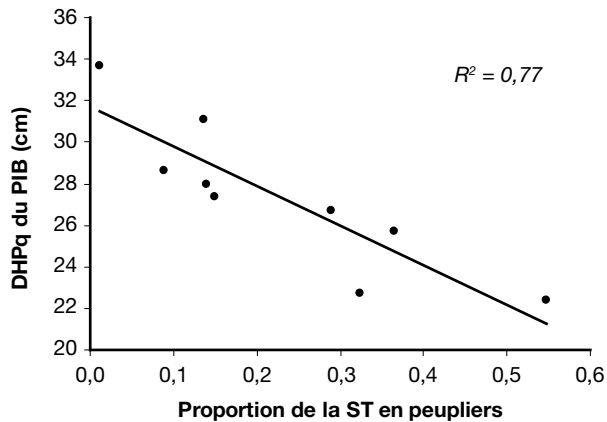


**Figure 29.** Présence de carie à 1,3 m du sol chez le pin blanc (PIB), dans les 4 parcelles témoins (07T, 11T, 13T et 14T), selon la classe de DHP. Le pourcentage en haut de chaque colonne, le cas échéant, indique la proportion d'arbres avec carie.

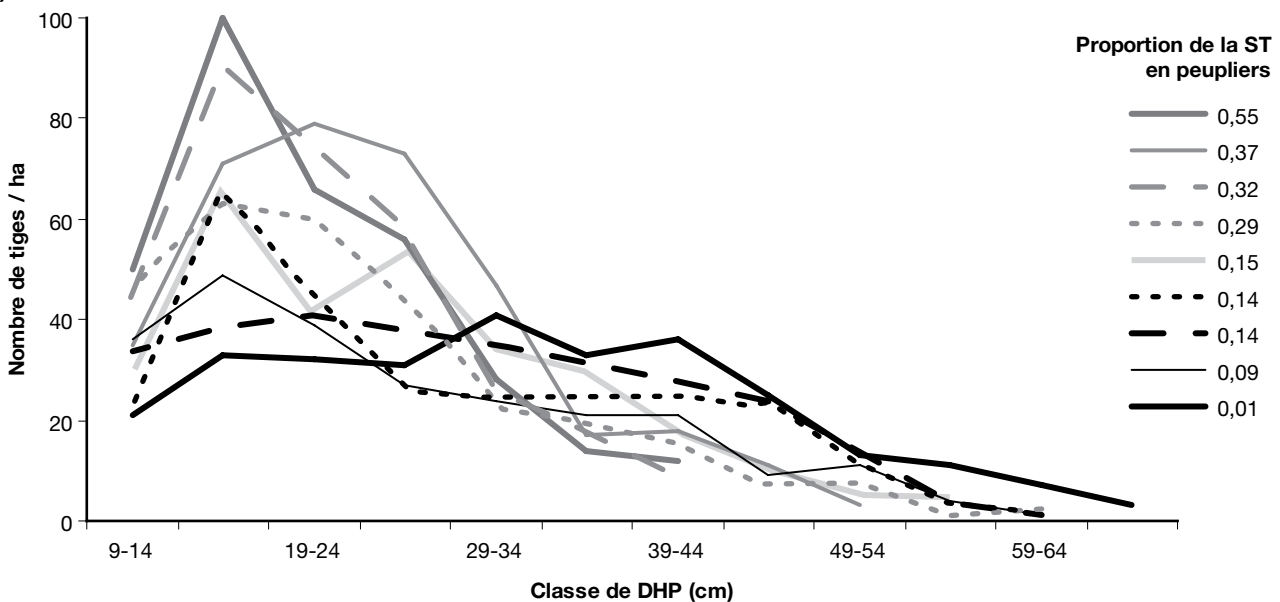


**Figure 30.** Présence de carie à 1,3 m du sol chez le peuplier à grandes dents (PEG), dans les 4 parcelles témoins (07T, 11T, 13T et 14T), selon la classe de DHP. Le pourcentage en haut de chaque colonne, le cas échéant, indique la proportion d'arbres avec carie.

## a) DHPq du PIB



## b) Structure diamétrale du PIB



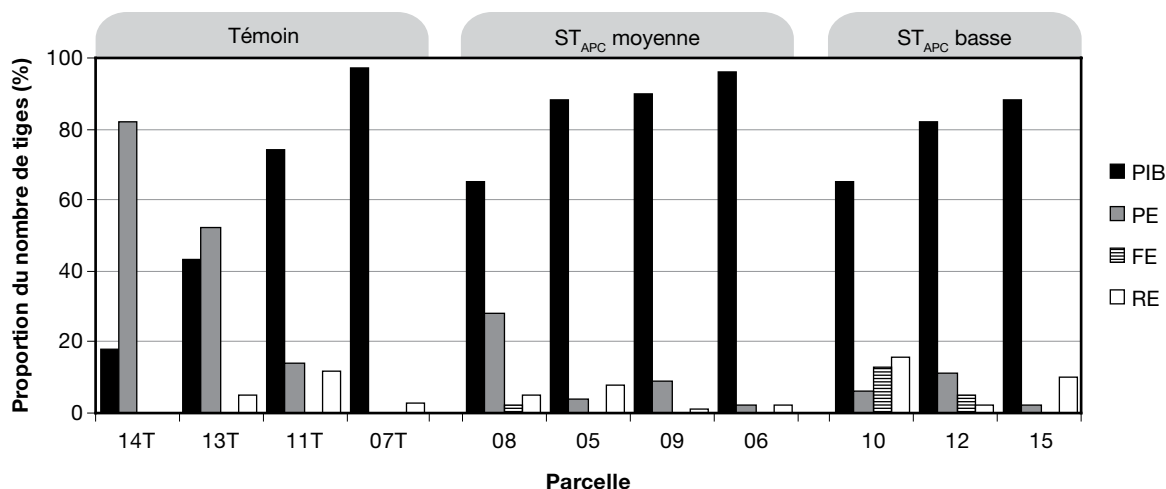
**Figure 31.** Effet de la proportion de la surface terrière (ST) en peupliers sur le DHP du pin blanc (PIB) dans les parcelles de la pinède à pin blanc : a) effet de la proportion de la surface terrière en peupliers sur le DHP moyen quadratique (DHPq) du pin blanc; b) structure diamétrale du pin blanc. Deux parcelles n'ont pas été représentées parce que la surface terrière avant la coupe y était trop différente des autres ou que la proportion de la surface terrière des autres feuillus y était importante ( $> 0,1$ ).

(Annexe 6). L'ordre de classement des parcelles éclaircies est demeuré le même qu'avant la coupe, pour ce qui est de la  $ST_{APC}$  en PIB (Figure 25b). Les proportions en ST de PIB ont augmenté, passant de 42–70 % avant l'éclaircie à 48–89 % après la coupe, et ce, malgré un prélèvement de 19 à 28 % de la ST initiale en PIB (Annexe 6). Quant aux  $PIB_{23+}$ , leur ST a diminué de 18 à 28 % après la coupe ( $ST_{APC}$  en  $PIB_{23+}$  variant de 8,8 à 16,9  $m^2/ha$ , annexe 6); ces PIB représentaient de 67 à 93 % de la  $ST_{APC}$  en PIB (Annexe 6). La  $ST_{APC}$  en peupliers a fortement diminué dans les parcelles éclaircies, avec un taux de prélèvement variant de 53 à 97 % de leur ST initiale (résultats non présentés).

À la suite de la coupe, le DHPq du PIB a peu changé (de -0,4 à 1,3 cm, annexe 6). Le PIB formait plus de 80 % des tiges du couvert dominant dans 5 des 7 parcelles éclaircies, et près des deux tiers dans les 2 autres (parcelles 08 et 10, figure 32). Dans les parcelles témoins, la proportion de PIB dans le couvert dominant était beaucoup plus variable (de 18 à 97 % du nombre de tiges).

### 2.2.3. Dix ans après la coupe

Rappelons que les parcelles ont été regroupées selon 3 intervalles de ST aux fins de l'analyse. Le regroupement de  $ST_{APC}$  basse comprend les parcelles éclaircies 10, 12 et 15, avec des valeurs de 18,6 à 19,7  $m^2/ha$ . Le regroupement de  $ST_{APC}$



**Figure 32.** Composition du couvert dominant (100 plus grosses tiges à l’hectare) après la coupe, pour chacune des parcelles de la pinède à pin blanc. PIB : pin blanc; PE : peupliers; FE : feuillus autres que les peupliers; RE : résineux autres que le pin blanc.

moyenne comprend les parcelles éclaircies 05, 06, 08 et 09, avec des valeurs de 22,2 à 24,1 m<sup>2</sup>/ha. Le regroupement Témoin comprend les parcelles non éclaircies 07T, 11T, 13T et 14T, avec des valeurs de 35,0 à 38,6 m<sup>2</sup>/ha.

### 2.2.3.1. Généralités

Dix ans après la coupe, le nombre total de tiges n’avait que très légèrement diminué. Ainsi, par rapport aux valeurs après la coupe, le nombre total de tiges est passé, en moyenne, de 500 à 491 tiges/ha (-9 tiges) dans les parcelles éclaircies et de 676 à 652 tiges/ha (-24 tiges) dans les parcelles témoins (Annexe 6). Le nombre moyen de tiges de PIB est passé de 267 à 246 tiges/ha (-21 tiges) dans les parcelles éclaircies et de 348 à 319 tiges/ha (-29 tiges) dans les parcelles témoins; celui des tiges de PIB<sub>23+</sub> a augmenté de 21 tiges/ha (de 128 à 149 tiges) dans les parcelles éclaircies et de 10 tiges/ha (de 177 à 187 tiges) dans les parcelles témoins.

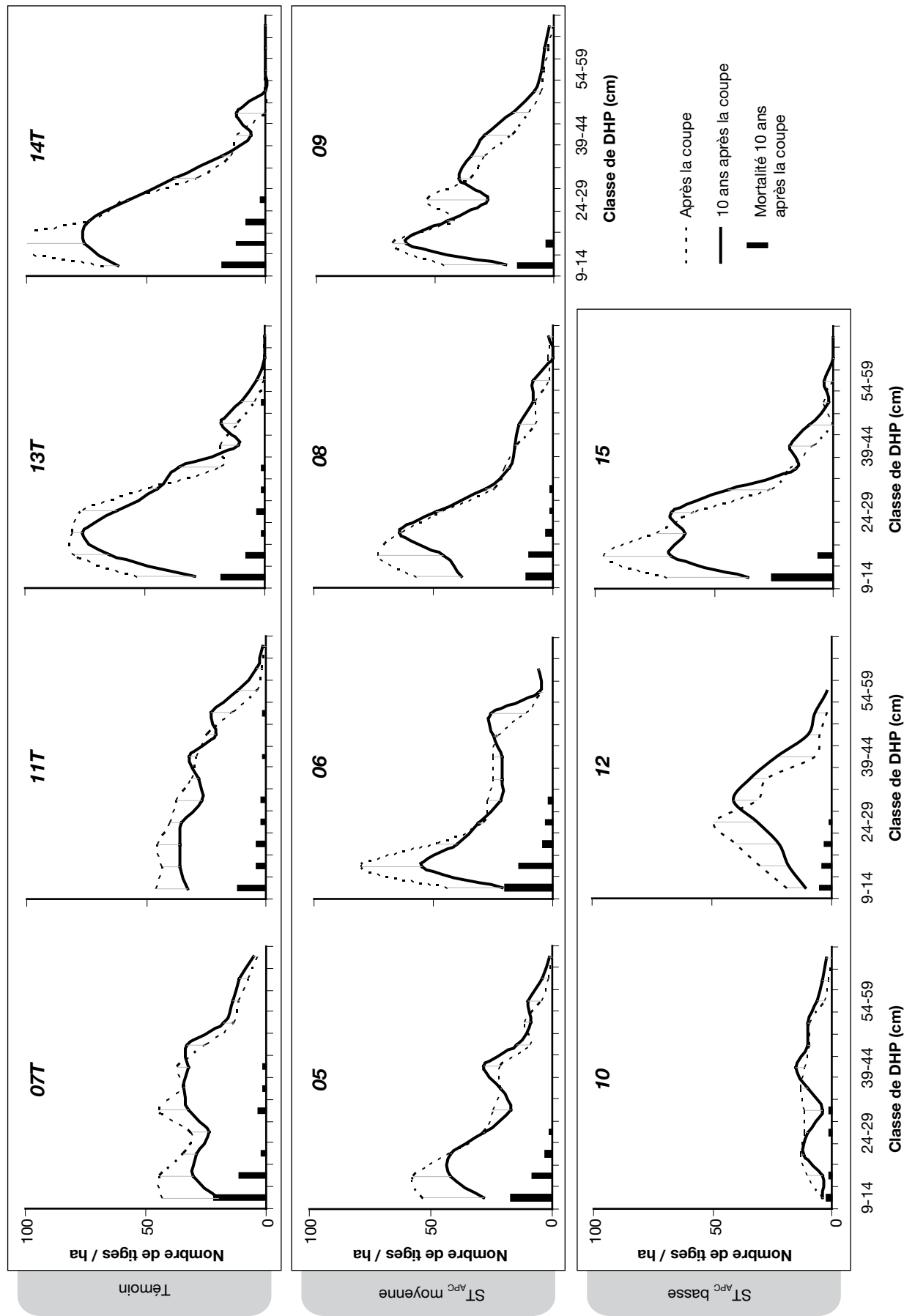
En 10 ans, pour l’ensemble des espèces, le DHPq a augmenté, en moyenne, de 23,4 à 26,0 cm (+2,6 cm) dans les parcelles éclaircies, et de 26,7 à 28,3 cm (+1,6 cm) dans les parcelles témoins (Annexe 6). Pour le PIB, le DHPq a augmenté davantage, en moyenne : de 28,1 à 32,5 cm dans les parcelles éclaircies (+4,4 cm) et de 28,2 à 31,4 cm dans les parcelles témoins (+3,1 cm). Le DHPq des PIB<sub>23+</sub> a augmenté, en moyenne, de 35,5 à 38,5 cm dans les parcelles éclaircies (+2,9 cm) et de 35,2 à 37,5 cm (+2,3 cm) dans les parcelles témoins.

La ST totale est passée, en moyenne, de 21,4 à 25,9 m<sup>2</sup>/ha (+4,5 m<sup>2</sup>/ha) dans les parcelles éclaircies et de 37,4 à 40,5 m<sup>2</sup>/ha (+3,1 m<sup>2</sup>/ha) dans les parcelles témoins (Annexe 6). Pour le PIB, la

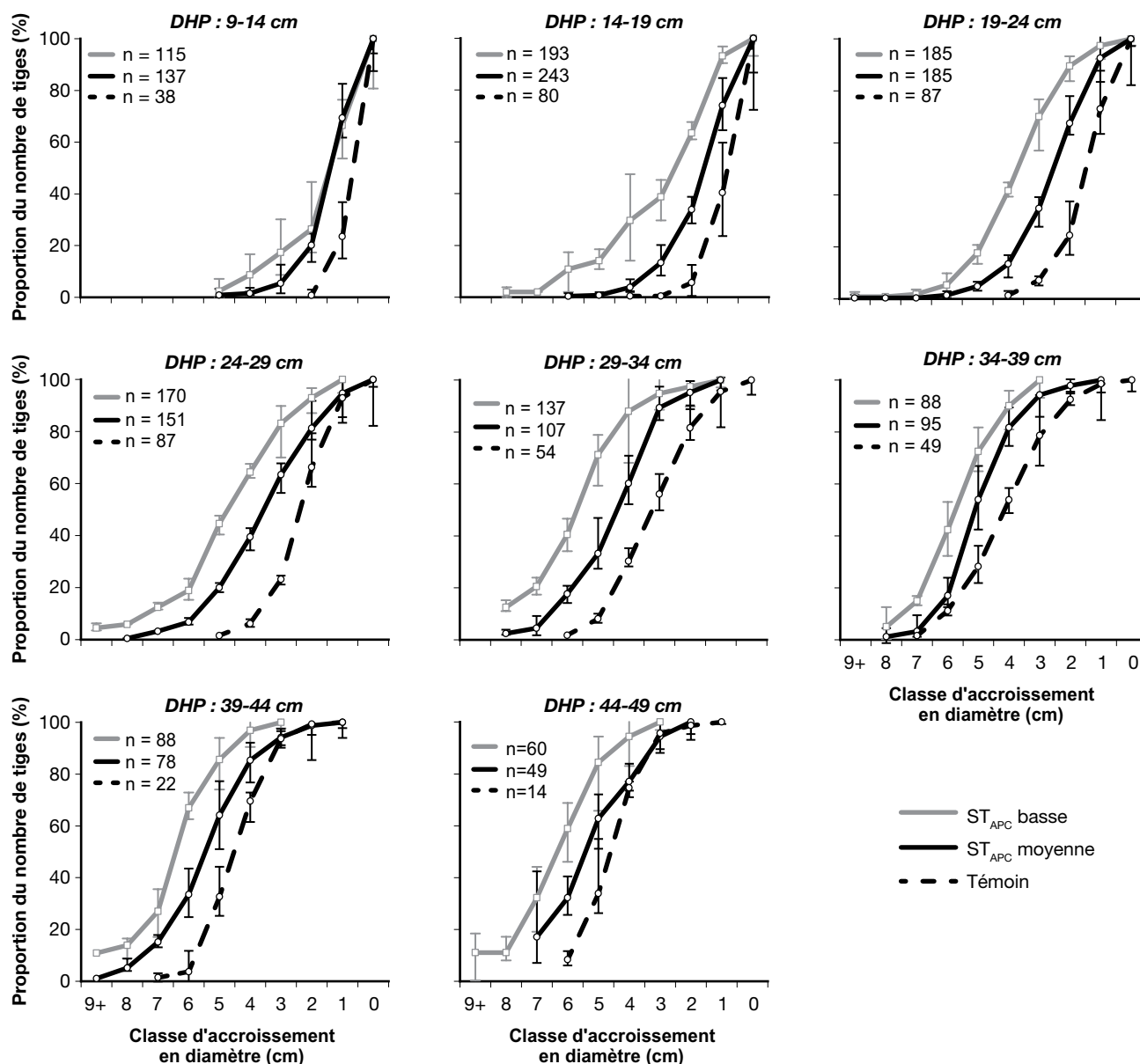
ST moyenne est passée de 15,6 à 19,3 m<sup>2</sup>/ha (+3,6 m<sup>2</sup>/ha) dans les parcelles éclaircies et de 21,8 à 24,6 m<sup>2</sup>/ha (+2,8 m<sup>2</sup>/ha) dans les parcelles témoins. Dans 3 des 7 parcelles éclaircies, la ST du PIB avant la coupe s’est pratiquement reconstituée (différence maximale de 0,2 m<sup>2</sup>/ha, annexe 6). La ST des PIB<sub>23+</sub> a augmenté en moyenne de 12,5 à 16,9 m<sup>2</sup>/ha (+4,4 m<sup>2</sup>/ha) dans les parcelles éclaircies, et de 18,0 à 21,6 m<sup>2</sup>/ha (+3,5 m<sup>2</sup>/ha) dans les parcelles témoins. La ST du PIB<sub>23+</sub> a dépassé celle d’avant la coupe dans 4 des 7 parcelles éclaircies, et a presque été reconstituée (écart à combler de 0,3 à 0,7 m<sup>2</sup>/ha) dans les 3 autres (Annexe 6).

En 10 ans, le VMB de l’ensemble des espèces a augmenté, en moyenne, de 221 à 278 m<sup>3</sup>/ha (+57 m<sup>3</sup>/ha) dans les parcelles éclaircies et de 396 à 440 m<sup>3</sup>/ha (+44 m<sup>3</sup>/ha) dans les parcelles témoins (Annexe 6). Pour le PIB, le VMB moyen a augmenté de 179 à 230 m<sup>3</sup>/ha (+51 m<sup>3</sup>/ha) dans les parcelles éclaircies et de 251 à 291 m<sup>3</sup>/ha (+40 m<sup>3</sup>/ha) dans les parcelles témoins. Le VMB moyen des PIB<sub>23+</sub> a augmenté de 152 à 208 m<sup>3</sup>/ha (+56 m<sup>3</sup>/ha) dans les parcelles éclaircies et de 217 à 264 m<sup>3</sup>/ha (+47 m<sup>3</sup>/ha) dans les parcelles témoins. Pour les PIB<sub>23+</sub>, le VMB a dépassé ou pratiquement rejoint les valeurs d’avant la coupe dans toutes les parcelles éclaircies. Le VMB des PIB dans la classe de DHP de 10–22 cm a diminué dans toutes les parcelles (Figure 33). Celui des PIB dans la classe de DHP de 24–38 cm, correspondant aux classes de qualité inférieures de sciage (classes H et I, Lemieux 2011), a diminué dans la plupart des cas. Le VMB des PIB de la classe de DHP ≥ 40 cm, correspondant aux dimensions de la classe supérieure de qualité sciage (Classe G), a augmenté et même dépassé les valeurs avant la coupe dans toutes les parcelles.





**Figure 34.** Structure diamétrale du pin blanc après la coupe et 10 ans après la coupe, et mortalité du pin blanc par classe de DHP 10 ans après la coupe, pour chacune des parcelles de la pinède à pin blanc (identifiées par le numéro situé au-dessus de chaque graphique).



**Figure 35.** Fréquence cumulative de l'accroissement en diamètre du pin blanc par classe de DHP et par regroupement de ST pour la pinède à pin blanc. Les barres délimitent l'intervalle entre la plus petite et la plus grande valeur moyenne des parcelles du regroupement de ST; n = nombre de pins blancs.

### 2.2.3.2. Patron de structure diamétrale

Dix ans après la coupe, la structure diamétrale de l'ensemble des espèces montre toujours un patron irrégulier, avec un grand nombre de tiges de petit diamètre et une diminution graduelle du nombre de tiges de plus en plus grosses (résultats non présentés). La mortalité plus importante chez les petites tiges n'a pas changé la forme générale de la courbe. De même, pour le PIB, la structure diamétrale est restée sensiblement la même, malgré une courbe au sommet moins élevée pour les petits diamètres, attribuable principalement à la mortalité et au faible recrutement dans ces classes

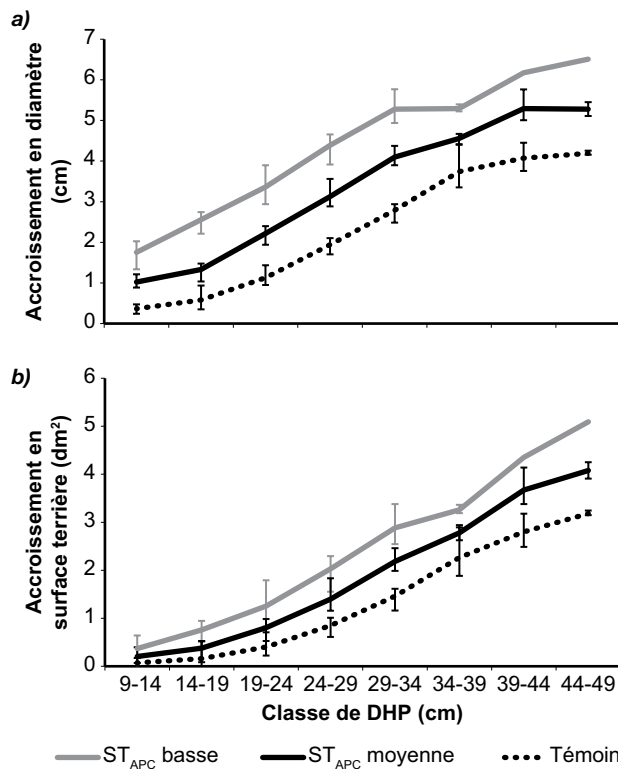
(Figure 34). On note aussi un certain décalage vers la droite de la courbe de distribution, occasionné par la croissance en diamètre des tiges.

### 2.2.3.3. Croissance en diamètre

Les accroissements en diamètre du PIB par classe de DHP montrent une grande variabilité, allant de quelques millimètres à 12 cm (Figure 35). L'accroissement en diamètre augmente avec la classe de DHP des tiges, au moins jusqu'à la classe de 44–49 cm, et ce, pour les 3 regroupements de ST (Figure 36a). Pour la classe de DHP de 39–44 cm, les valeurs moyennes atteignent 6,2, 5,3 et 4,1 cm pour

les regroupements de ST<sub>APC</sub> basse, ST<sub>APC</sub> moyenne et Témoin, respectivement, alors que pour la classe de DHP de 14–19 cm, elles ne sont que de 2,6, 1,3 et 0,6 cm, respectivement.

En moyenne, l'accroissement en diamètre tend à diminuer avec l'augmentation de la ST<sub>APC</sub>. Statistiquement, les différences entre les 3 regroupements de ST ne sont significatives que pour les petits DHP (14 et 20 cm), puis elles s'estompent (Annexe 7.1.2). Les différences sont toutefois toujours significatives entre les regroupements de ST<sub>APC</sub> basse et Témoin. Toutefois, on peut noter que dans chacune des classes de DHP, une plus grande proportion de PIB montre des accroissements en diamètre plus grands à une ST<sub>APC</sub> basse qu'à une ST<sub>APC</sub> moyenne, et à une ST<sub>APC</sub> moyenne que pour le Témoin (Figure 35). Par exemple, pour la classe de DHP de 29–34 cm, 71, 33 et 8 % des PIB montrent des accroissements en diamètre de plus de 5 cm pour la ST<sub>APC</sub> basse, la ST<sub>APC</sub> moyenne et le Témoin, respectivement.

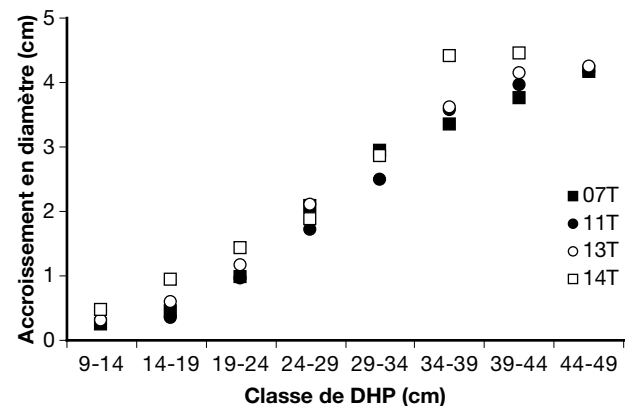


**Figure 36.** Croissance du pin blanc en 10 ans, par classe de DHP et par regroupement de ST pour la pinède à pin blanc. a) Accroissement en diamètre; b) accroissement en surface terrière. Les barres délimitent l'intervalle entre la plus petite et la plus grande valeur moyenne des parcelles du regroupement de ST.

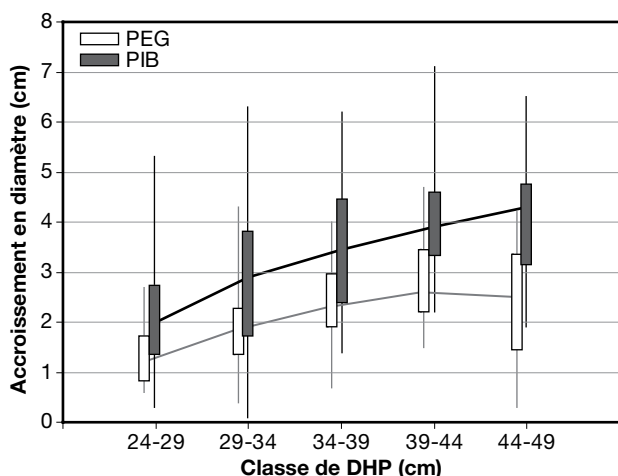
L'accroissement en surface terrière par tige de PIB (Figure 36b), tout comme l'accroissement en diamètre, est proportionnel au DHP. Les courbes d'accroissement en surface terrière adoptent une forme linéaire ou légèrement concave jusqu'à des DHP de 50 cm, où elles ne semblent pas encore avoir atteint leur maximum.

Afin de vérifier si l'accroissement en diamètre du PIB sur 10 ans a été influencé par la proportion en ST des peupliers, et en particulier celle du peuplier à grandes dents, nous avons comparé l'accroissement en diamètre dans les 4 parcelles témoins, entre lesquelles la proportion de la ST en peupliers suit un gradient (Figure 37). En moyenne, l'accroissement du PIB est semblable entre les parcelles; si une tendance est présente, elle est à l'effet que la croissance augmente légèrement avec la proportion en peupliers pour certaines classes de DHP, en particulier dans la parcelle 14T, qui présente la plus forte proportion de ST en peupliers. La croissance ne tend pas à diminuer avec l'augmentation de la ST en peupliers.

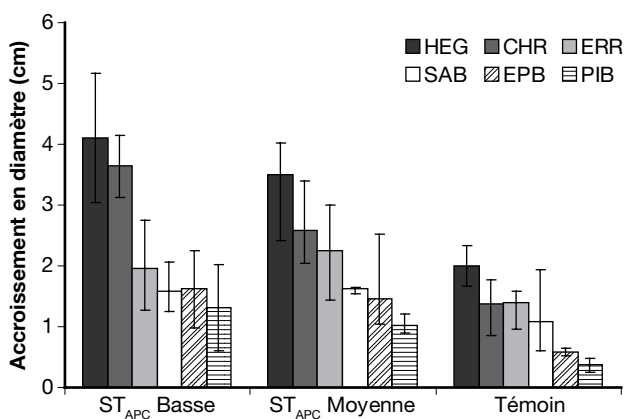
Comme le peuplier à grandes dents constitue la seconde espèce en importance après le PIB, nous avons comparé l'accroissement en diamètre de ces deux espèces. La parcelle témoin 13T a été choisie pour ces comparaisons parce qu'elle contenait le plus grand nombre de peupliers à grandes dents. L'accroissement en diamètre du PIB y est nettement supérieur à celui du peuplier à grandes dents, et la différence augmente avec le DHP (Figure 38). Des différences significatives (de 1,0 à 1,8 cm) ont été décelées pour chacune des classes de DHP de 29–34 à 44–49 cm (Annexe 7.3); les valeurs sont de



**Figure 37.** Accroissement en diamètre du pin blanc par classe de DHP, sur une période de 10 ans, dans les 4 parcelles témoins de la pinède à pin blanc pour lesquelles la proportion en surface terrière en peupliers suit un gradient : 07T = 1 %; 11T = 14 %; 13T = 37 % et 14T = 55 %.



**Figure 38.** Comparaison de l'accroissement en diamètre du pin blanc (PIB) et du peuplier à grandes dents (PEG) en 10 ans, par classe de DHP, dans la parcelle témoin 13T de la pinède à pin blanc. Les quartiles (groupe de 25 percentiles) sont définis successivement par la barre verticale inférieure (de la valeur minimale au 25<sup>e</sup> percentile), le rectangle (du 25<sup>e</sup> au 75<sup>e</sup> percentile) et la barre verticale supérieure (du 75<sup>e</sup> percentile à la valeur maximale); les courbes passent par la médiane (50<sup>e</sup> percentile).



**Figure 39.** Croissance moyenne en diamètre, sur une période de 10 ans, de plusieurs espèces appartenant à la classe de DHP de 9–14 cm, en fonction des 3 regroupements de ST, dans la pinède à pin blanc. Les barres délimitent l'intervalle entre la plus petite et la plus grande valeur moyenne des parcelles du regroupement de ST. CHR : chêne rouge; EPB : épinette blanche; ERR : érable rouge; HEG : hêtre à grandes feuilles; PIB : pin blanc; SAB : sapin baumier.

42 à 70 % plus élevées pour le PIB. Des écarts d'au moins 2 cm en faveur du PIB sont observés entre les valeurs maximales dans toutes les classes de DHP (Figure 38).

Nous avons aussi comparé l'accroissement en diamètre de plusieurs autres espèces, soit 3 feuillus (hêtre à grandes feuilles, chêne rouge, érable rouge) et 2 résineux (sapin baumier, épinette blanche), avec celui du PIB. Comme ces espèces étaient peu représentées dans la pinède à pin blanc, nous n'avons examiné que la classe de DHP de 9–14 cm, dans laquelle le nombre de tiges était suffisant. En moyenne, les feuillus montrent des accroissements en diamètre plus grands que les résineux (Figure 39). Le hêtre à grandes feuilles montre les valeurs moyennes d'accroissement les plus fortes, et le PIB montre les valeurs les plus faibles. Le hêtre à grandes feuilles et le chêne rouge sont les 2 espèces dont le gradient d'accroissement en diamètre suit le mieux le gradient en ST des regroupements.

#### 2.2.3.4. Recrutement

Dix ans après la coupe, le recrutement moyen se chiffre à 56 tiges/ha (de 30 à 93 tiges/ha, selon la parcelle) avec 44 feuillus pour 12 résineux, soit 3,6 fois de feuillus que de résineux (Tableau 4). Il ne varie pas significativement entre les parcelles éclaircies et les parcelles témoins.

Le REC a été nettement dominé par l'érable rouge, avec une moyenne générale de 32 tiges/ha (de 14 à 55 tiges/ha), suivi du sapin baumier et du hêtre à grandes feuilles, avec des moyennes de 8 tiges/ha (Tableau 4). Le REC en hêtre à grandes feuilles varie moins entre les parcelles que celui du sapin baumier. Aucune recrue de pin gris ou de PIR n'a été observée. Une nouvelle espèce, l'orme d'Amérique (*Ulmus americana* L.), s'est ajoutée à la composition des tiges 9+ de la pinède à pin blanc (1 seule tige dans la parcelle 10).

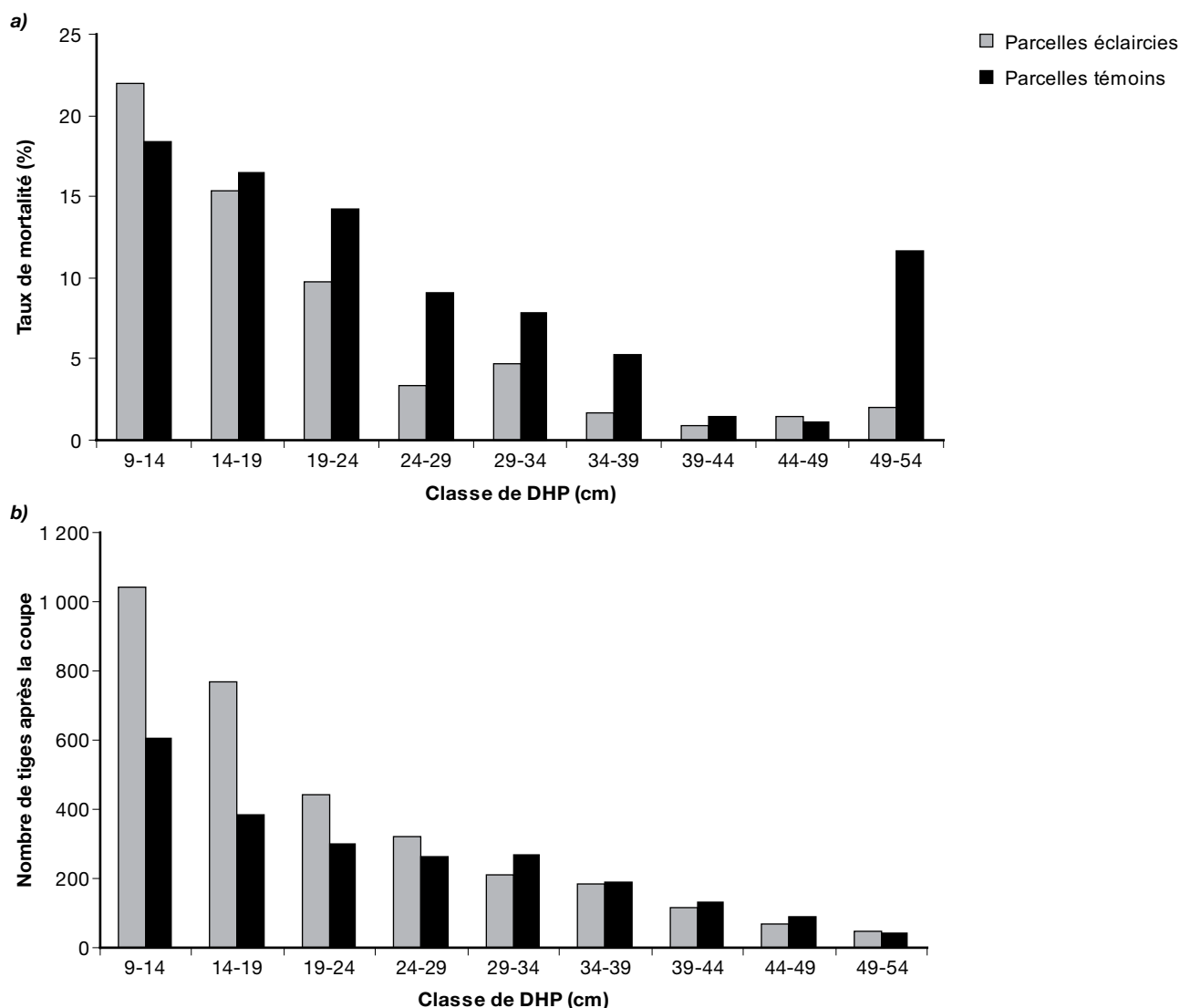
#### 2.2.3.5. Mortalité

Le taux de mortalité a varié selon la classe de DHP, les espèces et la ST. Il diffère significativement entre les parcelles témoins et les parcelles éclaircies (ST<sub>APC</sub> basse et ST<sub>APC</sub> moyenne) pour les tiges de DHP ≥ 20 cm, mais pas pour les petites tiges (DHP de 14 cm, annexe 7.2). Aucune différence significative n'a été décelée entre les 2 regroupements de ST des parcelles éclaircies.

Globalement, le taux de mortalité diminue avec l'augmentation du DHP (Figure 40). Dans les parcelles éclaircies, il atteint 22 % pour les tiges de la classe de DHP de 9–14 cm, et chute rapidement à 3 % dans la classe de DHP de 24–29 cm, ce qui

**Tableau 4.** Recrutement observé 10 ans après la coupe, par espèce ou groupe d'espèces et par regroupement de surface terrière (ST), dans chacune des parcelles de la pinède à pin blanc.

Espèce ou groupe d'espèces	Recrutement par parcelle (nombre de tiges/ha)											Moyenne
	Parcelles éclaircies							Parcelles témoins				
	ST <sub>APC</sub> moyenne			ST <sub>APC</sub> basse				Témoin				
	05	06	08	09	10	12	15	07T	11T	13T	14T	
<b>Feuillus</b>	28	24	54	40	78	58	20	41	47	62	30	44
Érable rouge	21	18	26	32	55	28	14	38	39	52	24	32
Hêtre à grandes feuilles	5	3	19	6	8	15	6	2	5	9	6	8
Autres feuillus	2	3	9	2	15	15	0	1	3	1	0	6
<b>Résineux</b>	18	18	3	14	15	3	10	20	11	5	18	12
Pin blanc	3	1	2	3	2	2	6	0	1	1	18	4
Sapin baumier	13	16	1	11	10	1	0	20	9	4	0	8
Épinette blanche	2	1	0	0	3	0	4	0	1	0	0	2
<b>Total</b>	46	42	57	54	93	61	30	61	58	67	48	56



**Figure 40.** Taux moyen de mortalité (toutes les espèces, sur la base du nombre de tiges) 10 ans après la coupe (a) et nombre total de tiges (toutes les espèces) après la coupe (b), par classe de DHP, dans les 7 parcelles éclaircies (superficie totale : 6,5 ha) et les 4 parcelles témoins (3,5 ha) de la pinède à pin blanc.

représente une diminution moyenne de 6 % par classe de DHP de 5 cm. Dans les parcelles témoins, il est de 18 % pour les tiges de la classe de DHP de 9–14 cm et diminue progressivement à 9 % dans la classe de DHP de 24–29 cm, ce qui représente une diminution moyenne de 3 % par classe de 5 cm de DHP. Le taux de mortalité devient minime dans plusieurs des parcelles éclaircies à partir de la classe de DHP de 34–39 cm. Dans les parcelles témoins, c'est plutôt à partir de la classe de DHP de 39–44 cm que la mortalité devient minime, bien qu'elle soit très variable d'une parcelle à l'autre.

Le taux de mortalité en ST fluctue fortement selon les espèces (Figure 41a). Pour les résineux, les valeurs sont assez semblables dans les parcelles éclaircies et témoins. Cependant, chez les feuillus, elles sont plus élevées dans les parcelles éclaircies que dans les parcelles témoins, notamment pour le bouleau à papier et le peuplier faux-tremble.

Pour l'épinette blanche, le taux de mortalité en nombre de tiges est semblable dans les parcelles éclaircies et témoins (16 %, figure 42). C'est dans la classe de DHP de 19–24 cm que le taux de mortalité est le plus élevé (28 %). La mortalité est observée jusque dans la classe de DHP de 34–39 cm. Pour le sapin baumier, le taux de mortalité augmente avec la classe de DHP, passant de 29 % (parcelles témoins) et 40 % (parcelles éclaircies) dans la classe de DHP de 9–14 cm à 100 % dans la classe de 24–29 cm, puisque les 2 seules tiges présentes dans cette classe sont mortes. La mortalité totale est plus forte dans les parcelles éclaircies (41 %) que dans les parcelles témoins (34 %); la différence provient principalement des petites tiges. Pour le PIR, la mortalité est restreinte aux tiges de DHP  $\leq 24,0$  cm (Figure 42); la mortalité totale est moins forte dans les parcelles éclaircies (11 %) que dans les parcelles témoins (16 %).

Pour le PIB, le taux de mortalité diminue rapidement avec l'augmentation du DHP, passant de 32 % dans la classe de DHP de 9–14 cm à environ 5 % dans celle de 19–24 cm (Figure 43). Le taux de mortalité totale est semblable dans les parcelles éclaircies et témoins, soit de 9 à 10 %. On observe des PIB morts jusque dans la classe de DHP de 49–54 cm dans les parcelles témoins, mais seulement jusqu'à la classe de DHP de 29–34 cm dans les parcelles éclaircies.

Pour le peuplier à grandes dents, le taux de mortalité totale est plus élevé dans les parcelles éclaircies (23 %) que dans les parcelles témoins (16 %, figure 44). Dans les parcelles éclaircies, 39 % des peupliers à grandes dents de la classe de DHP de 9–14 cm sont morts. Cette proportion baisse à

20 % dans la classe de DHP de 29–34 cm. Dans les parcelles témoins, un taux élevé de mortalité (de 38 à 58 %) est observé chez les peupliers à grandes dents de DHP  $\leq 24,0$  cm. Il diminue rapidement à 24 % pour la classe de DHP de 24–29 cm, puis plus progressivement jusqu'à la classe de DHP de 34–39 cm.

Pour le bouleau à papier, la mortalité n'est observée que pour les tiges de DHP  $\leq 24,0$  cm (Figure 45). Pour chacune des classes de DHP, le taux de mortalité est plus élevé dans les parcelles éclaircies que dans les parcelles témoins. Pour l'érable rouge comme pour le chêne rouge, le taux de mortalité total est faible (7 %, figure 45). Pour le hêtre à grandes feuilles, aucune mortalité n'est observée parmi les 55 tiges presque toutes confinées à la classe de DHP de 9–14 cm (Figure 45).

## 2.2.4. Production

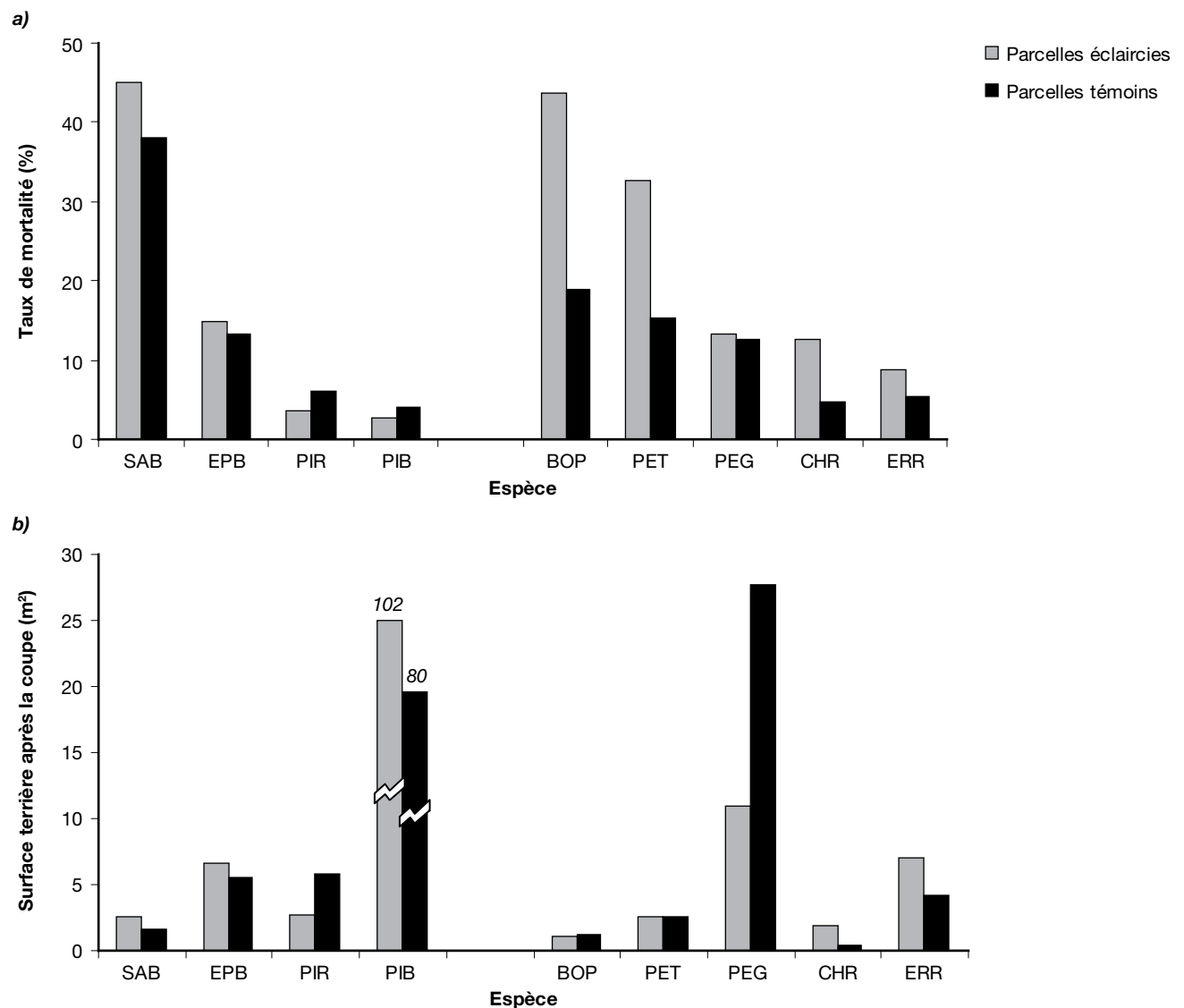
### 2.2.4.1. Toutes les espèces

Sur une période de 10 ans, la  $PROD_{nette}$  de l'ensemble des espèces a varié de 3,7 à 5,2 m<sup>2</sup>/ha dans les parcelles éclaircies (regroupements de  $ST_{APC}$  basse et de  $ST_{APC}$  moyenne), et de 1,8 à 4,0 m<sup>2</sup>/ha dans les parcelles témoins (Tableau 5). En analysant les différentes composantes de la production, on note que la SURV varie de 4,7 à 6,2 m<sup>2</sup>/ha dans les parcelles éclaircies et de 5,1 à 5,6 m<sup>2</sup>/ha dans les parcelles témoins. Le REC est faible (de 0,2 à 0,8 m<sup>2</sup>/ha), et la  $PROD_{brute}$  varie de 5,1 à 7,0 m<sup>2</sup>/ha pour toutes les parcelles. La MORT, quant à elle, est élevée dans les parcelles éclaircies (de l'ordre de 0,8 à 1,8 m<sup>2</sup>/ha), et encore plus dans les parcelles témoins (de 2,1 à 3,9 m<sup>2</sup>/ha).

La  $PROD_{nette}$  de l'ensemble des espèces tend à diminuer avec l'augmentation de la ST (Figure 46a). Cette relation est exacerbée par une forte MORT dans les parcelles témoins 13T et 14T (Figure 46d) due aux peupliers à grandes dents qui y sont très abondants. Dans les parcelles témoins, la MORT plus élevée est en grande partie responsable de la baisse de la  $PROD_{nette}$ , puisque le REC est semblable à celui dans les parcelles des regroupements de  $ST_{APC}$  basse et de  $ST_{APC}$  moyenne, et que la SURV y diffère peu (Figure 46b et c). Dans les parcelles éclaircies, la SURV détermine largement la  $PROD_{nette}$ , car le REC et la MORT diffèrent peu entre les 2 regroupements de ST.

### 2.2.4.2. Pin blanc

Le bilan de production après 10 ans dans les parcelles éclaircies (regroupements de  $ST_{APC}$  basse et de  $ST_{APC}$  moyenne), dont la  $ST_{APC}$  en PIB variait de 9,4 à 20,6 m<sup>2</sup>/ha, indique que la  $PROD_{nette}$  du PIB atteint 2,8 à 4,6 m<sup>2</sup>/ha. Dans les parcelles



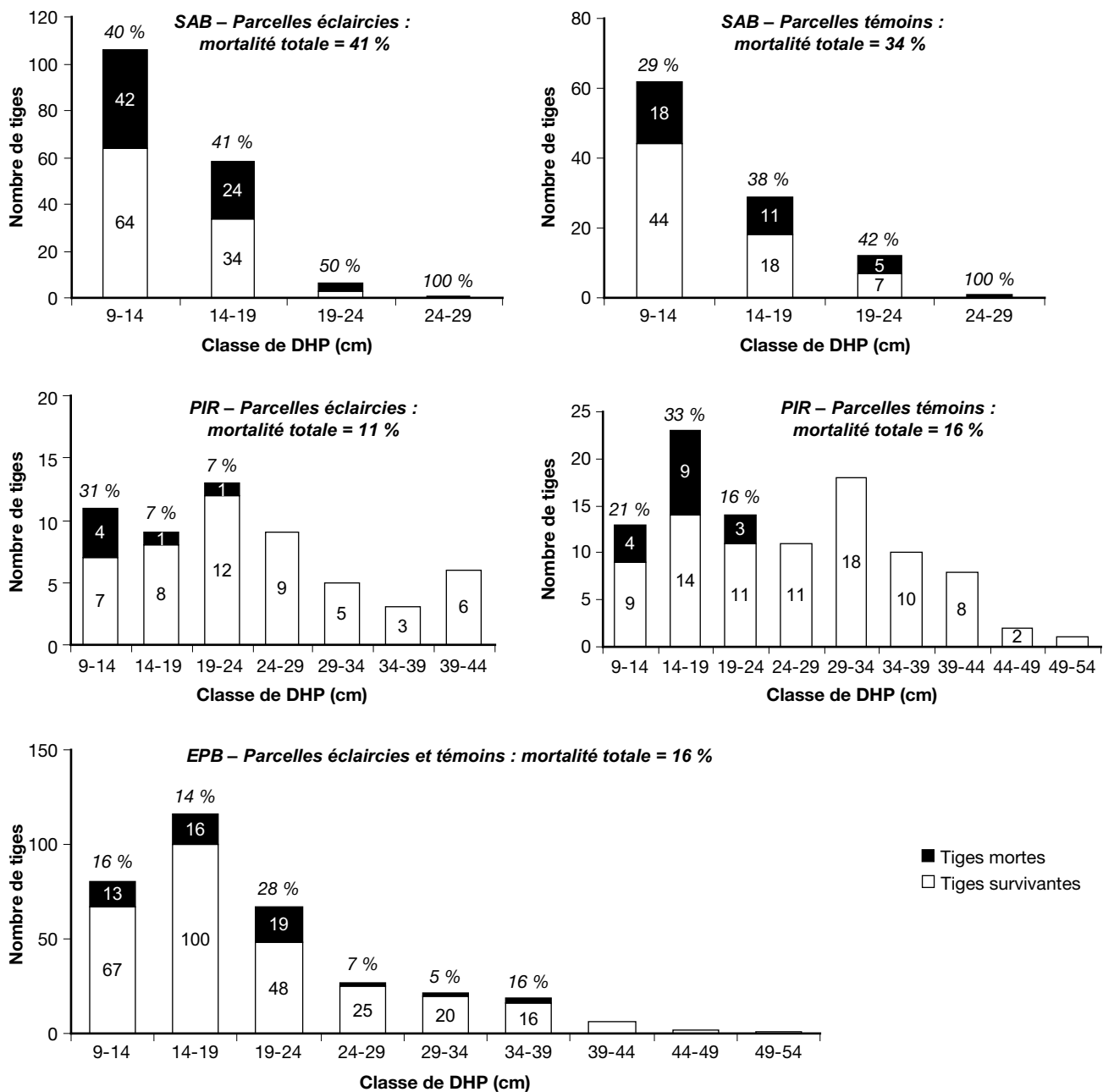
**Figure 41.** Taux moyen de mortalité par espèce (basé sur la surface terrière) 10 ans après la coupe (a), et surface terrière par espèce après la coupe (b), pour l’ensemble des 7 parcelles éclaircies (6,5 ha) et l’ensemble des 4 parcelles témoins (3,5 ha) de la pinède à pin blanc. BOP : bouleau à papier; CHR : chêne rouge; EPB : épinette blanche; ERR : érable rouge; PEG : peuplier à grandes dents; PET : peuplier faux-tremble; PIB : pin blanc; PIR : pin rouge; SAB : sapin baumier.

témoins, dont la ST initiale en PIB variait de 14,4 à 29,0 m<sup>2</sup>/ha, la PROD<sub>nette</sub> du PIB varie de 1,6 à 3,9 m<sup>2</sup>/ha (Tableau 6). La PROD<sub>nette</sub> en PIB est déterminée en grande partie par la composante SURV des PIB (Figure 47b), et dans une moindre mesure, par la MORT en PIB qui tend à augmenter avec la ST<sub>APC</sub> totale et la ST<sub>APC</sub> en PIB (Tableau 6, figure 47d), le REC étant pratiquement inexistant (0 à 0,12 m<sup>2</sup>/ha). La MORT est généralement plus faible dans les parcelles éclaircies (de 0,2 à 0,5 m<sup>2</sup>/ha, sauf dans la parcelle 06, où elle atteint 0,9 m<sup>2</sup>/ha) que dans les parcelles témoins (de 0,8 à 1,0 m<sup>2</sup>/ha).

Pour un même regroupement de ST, la SURV des PIB est linéairement corrélée à la ST<sub>APC</sub> en PIB survivants (Figure 47b). Cette relation peut être mise en

évidence en comparant les taux de production par accroissement des PIB survivants, qui varient de 31 à 34 % dans le regroupement de ST<sub>APC</sub> basse, de 23 à 26 % dans le regroupement de ST<sub>APC</sub> moyenne, et de 17 à 18 % dans les parcelles témoins (Tableau 6).

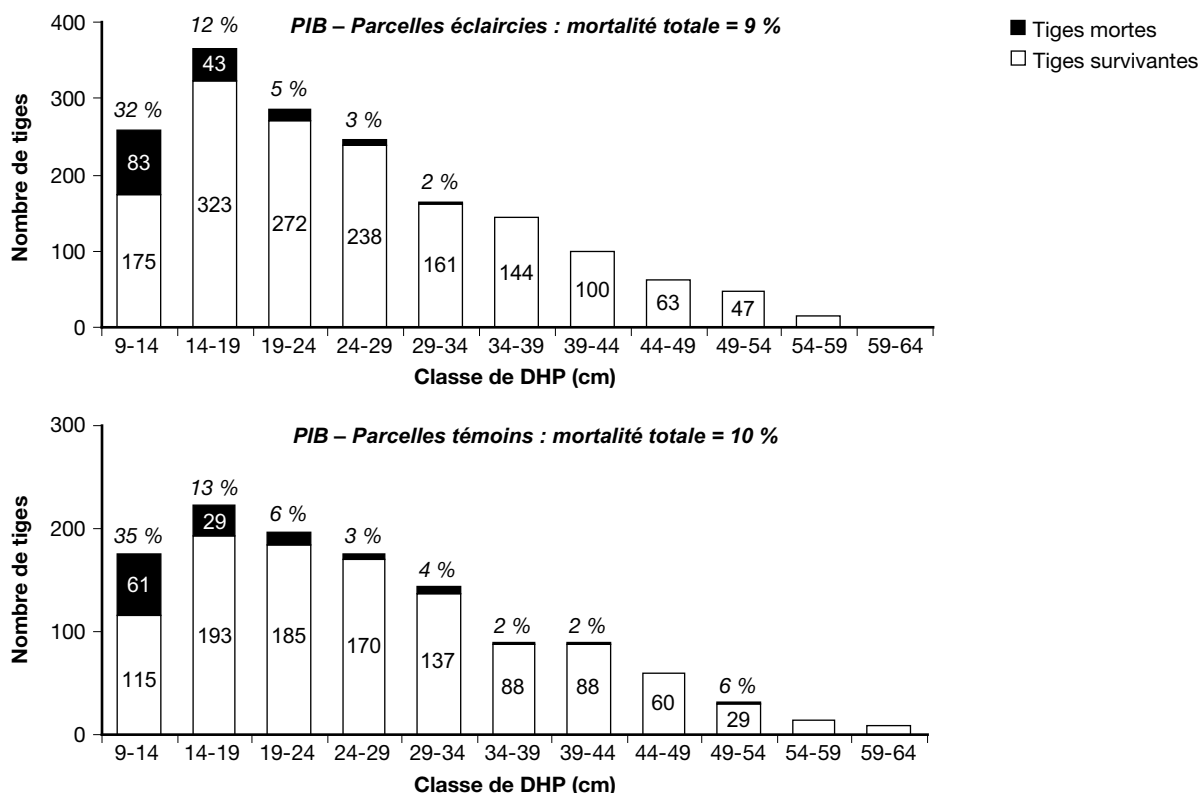
Pour une même ST<sub>APC</sub> en PIB survivants, la SURV des PIB diminue avec l’augmentation de la ST<sub>APC</sub> totale (Figure 47b). Par exemple, pour à peu près la même ST en PIB survivants (19,7 et 19,2 m<sup>2</sup>/ha), les PIB de la parcelle 06 ont produit 4,6 m<sup>2</sup>/ha en PIB, alors que ceux de la parcelle 13T n’en ont produit que 3,2 m<sup>2</sup>/ha, entre autres parce que la ST<sub>APC</sub> totale est plus faible dans la parcelle 06 que dans la parcelle 13T (23,2 vs 38,6 m<sup>2</sup>/ha, tableau 5).



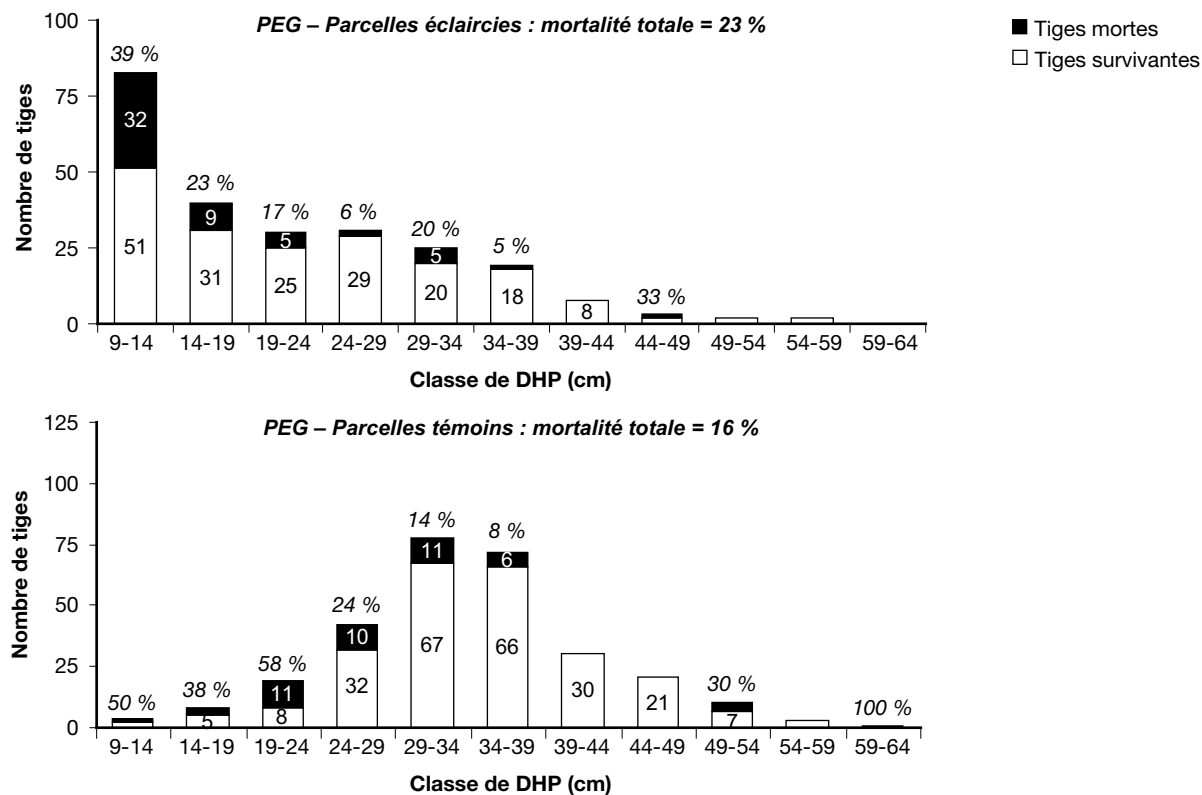
**Figure 42.** Nombre de tiges mortes et survivantes 10 ans après la coupe, par classe de DHP, pour le sapin baumier (SAB) et le pin rouge (PIR), dans les 7 parcelles éclaircies (6,5 ha) et les 4 parcelles témoins (3,5 ha) de la pinède à pin blanc, ainsi que pour l'épinette blanche (EPB) dans les 11 parcelles de la pinède à pin blanc (10 ha). Le pourcentage en haut de chaque colonne, le cas échéant, indique le taux de mortalité.

Afin de comparer la productivité de diverses grosseurs de PIB selon les regroupements de ST, nous avons calculé le taux de production par accroissement des survivants pour chacune des classes de DHP, défini comme la production par accroissement des PIB survivants par unité de  $ST_{APC}$  des PIB survivants. Le taux de production du PIB varie avec le DHP et la  $ST_{APC}$  totale (Figure 48). Il augmente d'abord avec le DHP, plafonne, puis diminue. Les valeurs sont les plus élevées pour le

regroupement de  $ST_{APC}$  basse et les plus faibles pour le regroupement Témoin, mais les différences entre les regroupements s'amenuisent à partir de la classe de DHP de 34–39 cm, et disparaissent à partir de la classe de DHP de 49–54 cm. Les meilleurs taux de production par regroupement de ST s'obtiennent pour des diamètres croissants selon les regroupements de  $ST_{APC}$  (Figure 48). Ainsi, pour le regroupement de  $ST_{APC}$  basse, on obtient un taux maximal de 0,34 à 0,36 dans les classes de DHP



**Figure 43.** Nombre de tiges mortes et survivantes de pin blanc (PIB) 10 ans après la coupe, par classe de DHP, dans les 7 parcelles éclaircies (6,5 ha) et les 4 parcelles témoins (3,5 ha) de la pinède à pin blanc. Le pourcentage en haut de chaque colonne, le cas échéant, indique le taux de mortalité.



**Figure 44.** Nombre de tiges mortes et survivantes de peuplier à grandes dents (PEG) 10 ans après la coupe, par classe de DHP, dans les 7 parcelles éclaircies (6,5 ha) et les 4 parcelles témoins (3,5 ha) de la pinède à pin blanc. Le pourcentage en haut de chaque colonne, le cas échéant, indique le taux de mortalité.

**Tableau 5.** Surface terrière (ST) avant la coupe (AVC), après la coupe (APC) et 10 ans après la coupe, bilan de production 10 ans après la coupe, bilan de production 10 ans après la coupe, proportion de la ST en PIB et PIR après la coupe et taux de production par accroissement des survivants, pour l'ensemble des espèces, dans chacune des parcelles de la pinède à pin blanc.

Regroupement de ST	Parcelle	ST (toutes les espèces, m <sup>2</sup> /ha)		Bilan de production 10 ans après la coupe <sup>†</sup>					Proportion de la ST en PIB + PIR après la coupe <sup>‡</sup> (%)	Taux de production par accroissement des survivants <sup>§</sup>	
		AVC	APC	10 ans	SURV	REC	PROD <sub>brute</sub>	MORT			PROD <sub>nette</sub>
ST <sub>APC</sub> basse	15	38,2	18,6	23,4	5,4	0,2	5,6	0,8	4,8	85	0,30
	12	35,1	18,9	23,7	5,7	0,5	6,2	1,4	4,8	67	0,32
	10	30,8	19,7	24,9	6,2	0,8	7,0	1,8	5,2	51	0,35
ST <sub>APC</sub> moyenne	09	35,3	22,9	27,6	5,4	0,5	5,9	1,2	4,7	83	0,25
	06	36,3	23,2	27,4	5,1	0,4	5,5	1,3	4,2	89	0,23
	08	37,7	24,1	28,1	4,9	0,5	5,3	1,3	4,0	71	0,21
	05	34,0	22,2	25,8	4,7	0,4	5,1	1,4	3,7	79	0,23
	07T	35,0		39,0	5,6	0,5	6,1	2,1	4,0	85	0,17
Témoin	11T	37,5		41,4	5,6	0,5	6,0	2,2	3,8	72	0,16
	13T	38,6		40,4	5,3	0,5	5,8	3,9	1,8	56	0,15
	14T	38,6		41,0	5,1	0,4	5,4	3,1	2,4	39	0,14

<sup>†</sup> SURV = Production par accroissement des survivants; REC = Recrutement; PROD<sub>brute</sub> = Production brute; PROD<sub>nette</sub> = Production nette.

<sup>‡</sup> Rapport de la ST après la coupe du PIR et du PIB divisée par celle de l'ensemble des espèces.

<sup>§</sup> Rapport de la SURV divisée par la différence entre la ST après la coupe et la MORT.

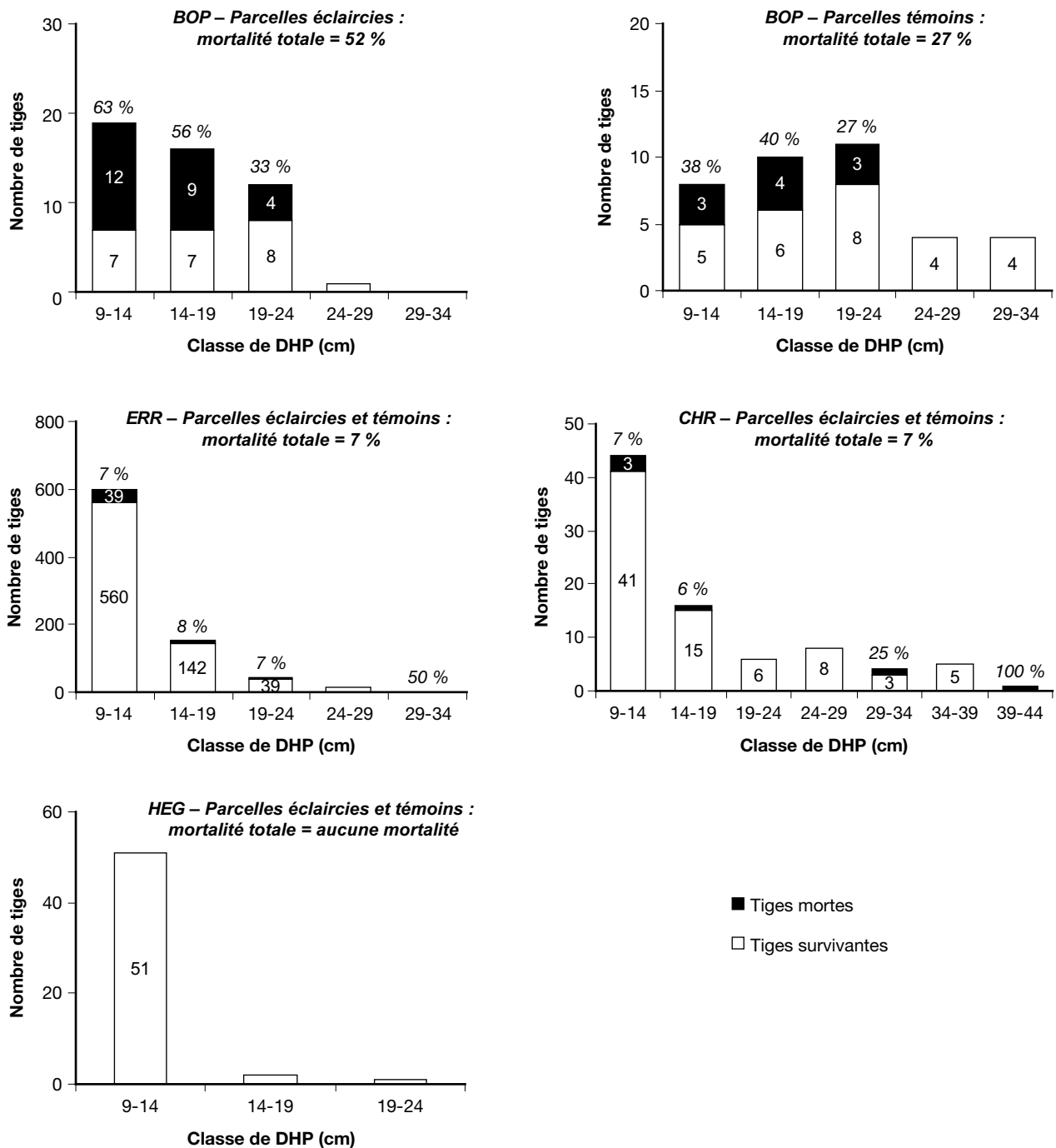
**Tableau 6.** Surface terrière (ST) avant la coupe (AVC), après la coupe (APC) et 10 ans après la coupe, bilan de production 10 ans après la coupe, proportion de la ST après la coupe et taux de production par accroissement des survivants, pour le PIB, dans chacune des parcelles de la pinède à pin blanc.

Regroupement de ST	Parcelle	ST PIB (m <sup>2</sup> /ha)		Bilan de production 10 ans après la coupe <sup>†</sup>					Proportion de la ST en PIB après la coupe <sup>‡</sup> (%)	Taux de production par accroissement des PIB survivants <sup>§</sup>	
		AVC	APC	10 ans	SURV	REC	PROD <sub>brute</sub>	MORT			PROD <sub>nette</sub>
ST <sub>APC</sub> basse	15	18,6	14,4	18,5	4,4	0,05	4,4	0,4	4,1	77	0,31
	12	16,2	12,6	16,5	4,2	0,02	4,2	0,3	3,9	67	0,34
	10	13,0	9,4	12,3	3,0	0,02	3,0	0,2	2,8	48	0,32
ST <sub>APC</sub> moyenne	09	23,7	18,8	23,5	4,8	0,02	4,9	0,2	4,6	82	0,26
	06	25,3	20,6	24,3	4,6	0,01	4,6	0,9	3,7	89	0,23
	08	22,3	16,5	19,7	3,7	0,01	3,7	0,5	3,2	69	0,23
	05	22,2	16,9	20,1	3,7	0,02	3,7	0,5	3,2	76	0,23
	07T	29,0		33,0	5,0	0,00	5,0	1,0	3,9	83	0,18
Témoin	11T	23,9		27,0	4,0	0,01	4,0	0,9	3,1	64	0,17
	13T	20,1		22,4	3,2	0,01	3,2	0,9	2,3	52	0,17
	14T	14,4		16,0	2,3	0,12	2,4	0,8	1,6	37	0,17

<sup>†</sup> SURV = Production par accroissement des survivants; REC = Recrutement; PROD<sub>brute</sub> = Production brute; PROD<sub>nette</sub> = Production nette.

<sup>‡</sup> Rapport de la ST après la coupe du PIB divisée par celle de l'ensemble des espèces.

<sup>§</sup> Rapport de la SURV du PIB divisée par la différence entre la ST du PIB après la coupe et la MORT du PIB.



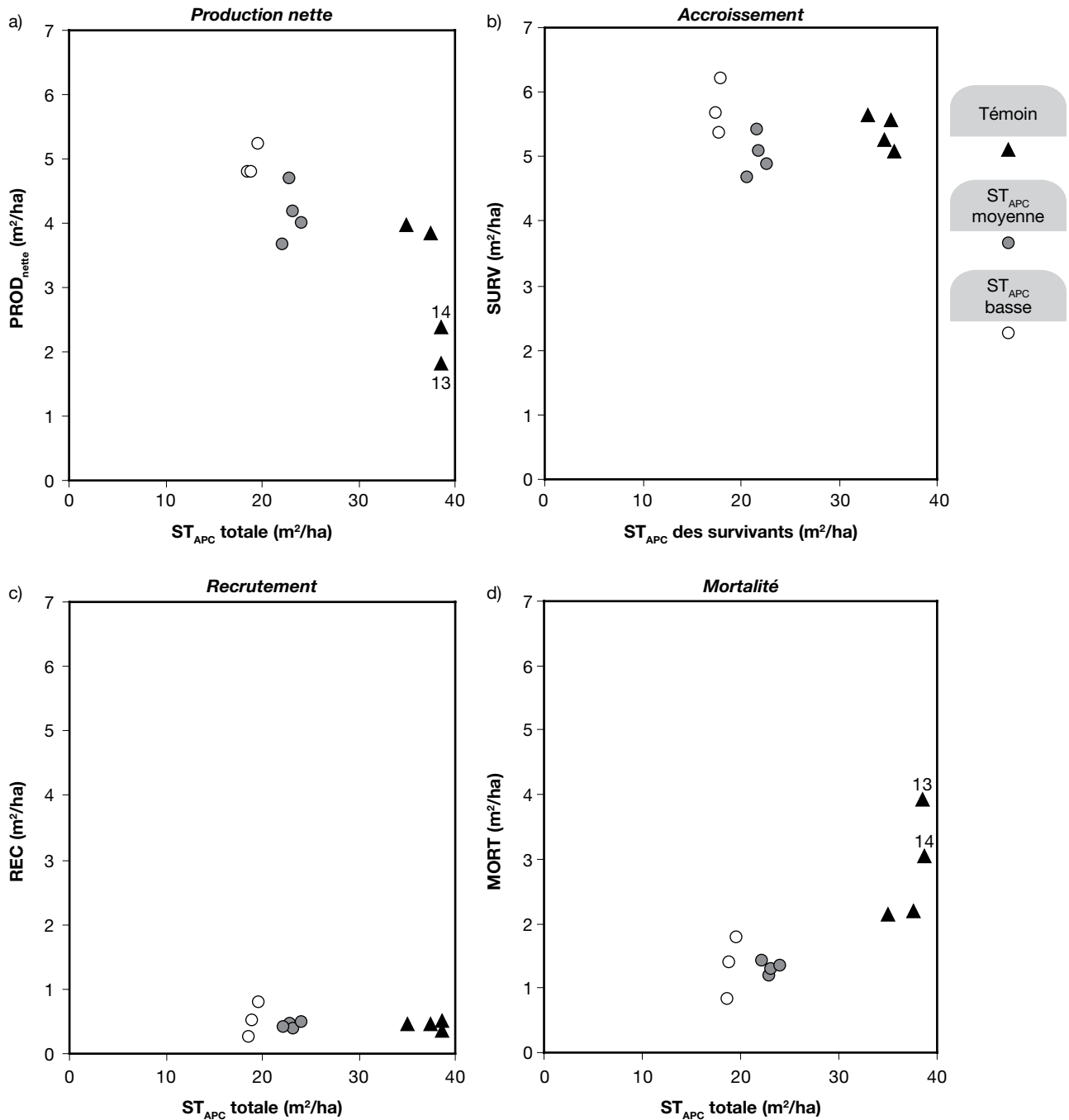
**Figure 45.** Nombre de tiges mortes et survivantes 10 ans après la coupe, par classe de DHP, pour le bouleau à papier (BOP) dans les 7 parcelles éclaircies (6,5 ha) et les 4 parcelles témoins (3,5 ha) de la pinède à pin blanc, ainsi que pour l’érable rouge (ERR), le chêne rouge (CHR) et le hêtre à grandes feuilles (HEG) dans les 11 parcelles (10 ha) de la pinède à pin blanc. Le pourcentage en haut de chaque colonne, le cas échéant, indique le taux de mortalité.

de 14–19 à 29–34 cm. Pour le regroupement de  $ST_{APC}$  moyen, le taux de production maximal atteint 0,26 à 0,28 dans les classes de 24–29 à 39–44 cm. Finalement, pour les parcelles témoins, le maximum de 0,19 à 0,22 s’observe dans les classes de 29–34 à 49–54 cm.

#### 2.2.4.3. Autres résineux

Dix ans après la coupe, la ST des résineux autres que le PIB, soit l’épinette blanche, le PIR, le sapin baumier et le pin gris, n’a pratiquement pas augmenté dans les parcelles éclaircies et a diminué dans les parcelles témoins (Tableau 7). Des valeurs négatives de  $PROD_{nette}$  ont été observées pour le

## TOUTES LES ESPÈCES

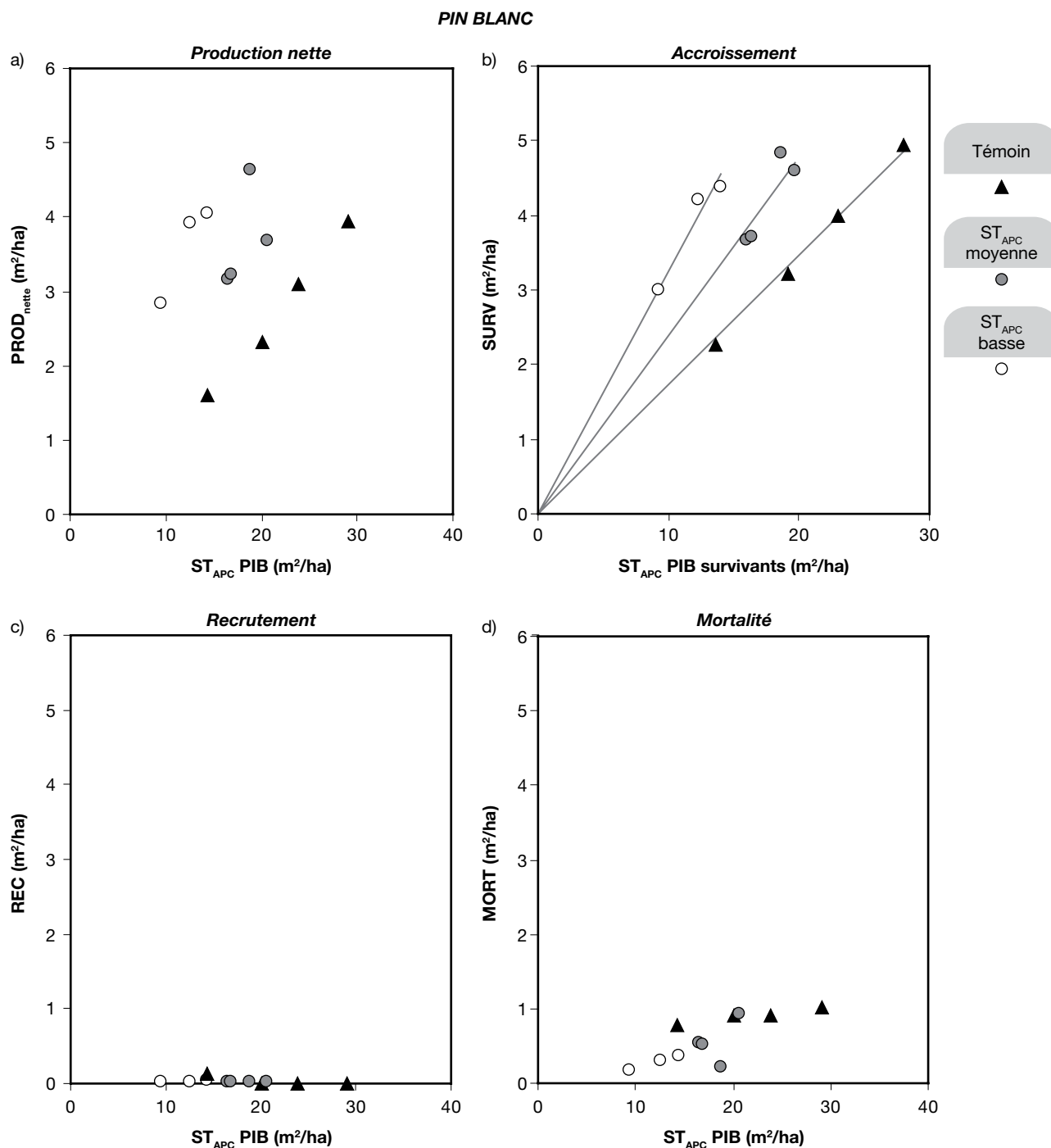


**Figure 46.** Production nette (a), production par accroissement des survivants (b), recrutement (c) et mortalité (d) de l'ensemble des espèces 10 ans après la coupe, en fonction de la surface terrière totale après la coupe, pour chacune des parcelles de la pinède à pin blanc.

sapin baumier et le pin gris dans les parcelles éclaircies et témoins, ainsi que pour l'épinette blanche dans les parcelles témoins. Elles sont engendrées par une faible  $SURV$  qui, dans le cas du pin gris, est presque nulle, ainsi que par une  $MORT$  élevée.

#### 2.2.4.4. Feuillus

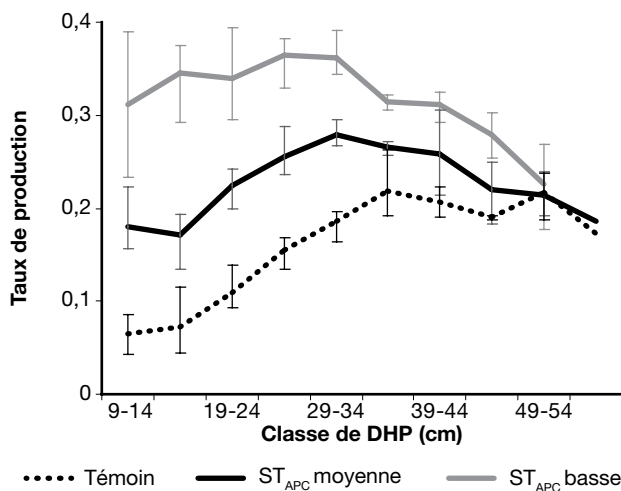
La  $PROD_{nette}$  des feuillus, représentés surtout par les peupliers et l'érable rouge, a été plus forte dans les parcelles éclaircies ( $0,77 m^2/ha$  après 10 ans) que dans les parcelles témoins ( $0,49 m^2/ha$ ), et ce, malgré une  $ST$  plus faible initialement ( $3,9$  vs  $12,0 m^2/ha$ , tableau 7). Cette meilleure production



**Figure 47.** Production nette (a), production par accroissement des survivants (b), recrutement (c) et mortalité (d) du pin blanc (PIB) 10 ans après la coupe, en fonction de sa surface terrière après la coupe, pour chacune des parcelles de la pinède à pin blanc. Les lignes droites illustrent la relation linéaire entre la production et la ST<sub>APC</sub> associée à chacun des regroupements de ST; la pente de ces droites indique leur taux de production.

dans les parcelles éclaircies est attribuable au taux de production par accroissement des survivants qui est 2 fois plus grand que dans les parcelles témoins, alors que le taux de moyen de mortalité est semblable pour les 2 groupes et que le REC est semblable en valeur absolue. Des valeurs négatives de PROD<sub>nette</sub> ont été observées pour le peuplier faux-tremble et

le bouleau à papier, en raison d'une MORT relativement élevée et d'un REC presque nul. L'érable rouge et le hêtre à grandes feuilles ont montré des valeurs élevées de PROD<sub>nette</sub> relativement à leur ST<sub>APC</sub>, en raison de valeurs relativement élevées de SURV et de REC et, pour le hêtre à grandes feuilles, par une absence de MORT (Tableau 7). Pour ces 2 dernières



**Figure 48.** Taux de production par accroissement des survivants des pins blancs par classe de DHP, pour les 3 regroupements de ST de la pinède à pin blanc. Les barres indiquent les valeurs moyennes minimales et maximales des parcelles du regroupement de ST.

espèces, les taux de production par accroissement des survivants sont respectivement de 0,34 et 0,80 dans les parcelles éclaircies et de 0,24 et 0,42 dans les parcelles témoins.

#### 2.2.4.5. Toutes les espèces (DHP > 23,0 cm)

Si l'on ne considère que les tiges de dimension de bois d'œuvre (23+), la  $PROD_{nette}$  10 ans après la coupe est généralement plus grande dans les parcelles éclaircies (de 4,3 à 5,6 m<sup>2</sup>/ha) que dans les parcelles témoins (de 2,2 à 4,5 m<sup>2</sup>/ha) (Tableau 8). Cela représente une  $PROD_{nette}$  moyenne supérieure de 0,6 m<sup>2</sup>/ha pour les tiges 23+ que pour les tiges 9+ (Tableau 5). Cette plus grande  $PROD_{nette}$  23+ est due à un REC plus important, de même qu'à une MORT moindre, malgré une SURV plus faible (Tableau 8 vs tableau 5).

La  $PROD_{nette}$  23+ diminue graduellement avec l'augmentation de la  $ST_{APC}$  23+ (Figure 49a). Cette relation est influencée par chacune des composantes de la  $PROD_{nette}$  23+. En effet, la SURV 23+ et la MORT 23+ montrent toutes deux une relation proportionnelle à la  $ST_{APC}$  des tiges 23+ (Figure 49b et d), alors que pour le REC 23+, une relation inverse est observée (Figure 49c). Comme le REC 23+ se fait à partir des tiges de DHP ≤ 23,0 cm, il semblerait que plus la  $ST_{APC}$  23+ est grande, moins il y a de nouvelles tiges qui franchissent le seuil de DHP de 23,0 cm, probablement à cause du couvert qu'exercent les grosses tiges sur les plus petites (Voir la section 2.2.4.6).

Une même valeur de SURV 23+ peut être obtenue pour des  $ST_{APC}$  23+ différentes lorsque la  $ST_{APC}$  totale diffère. Par exemple, le tableau 8 montre que la même SURV de 3,4 à 3,6 m<sup>2</sup>/ha est obtenue autant avec des  $ST_{APC}$  23+ de 11,1 m<sup>2</sup>/ha (parcelle 15) et 12,4 m<sup>2</sup>/ha (parcelle 10) du regroupement de  $ST_{APC}$  basse, qu'avec des  $ST_{APC}$  23+ de 16,4 m<sup>2</sup>/ha (parcelle 05) et 17,8 m<sup>2</sup>/ha (parcelle 08) du regroupement de  $ST_{APC}$  moyenne. Cette relation se reflète d'ailleurs par le taux de production par accroissement des survivants qui diminue en fonction de la ST (Tableau 8).

#### 2.2.4.6. Pin blanc (DHP > 23,0 cm)

La  $PROD_{nette}$  du PIB<sub>23+</sub> est assez semblable dans les parcelles éclaircies (de 3,0 à 5,0 m<sup>2</sup>/ha) et témoins (de 2,8 à 4,7 m<sup>2</sup>/ha) (Tableau 9). En comparaison de la  $PROD_{nette}$  des PIB<sub>9+</sub> (Tableau 6), cela représente une augmentation moyenne de  $PROD_{nette}$  de 0,8 m<sup>2</sup>/ha. L'écart s'explique par un REC beaucoup plus important ainsi que par une MORT moindre, malgré une SURV plus faible. Le REC en PIB<sub>23+</sub> a varié de 0,3 à 2,0 m<sup>2</sup>/ha dans les parcelles éclaircies et de 0,4 à 1,2 m<sup>2</sup>/ha dans les parcelles témoins. La MORT en PIB<sub>23+</sub> est généralement très faible dans les parcelles éclaircies (inférieure à 0,1 m<sup>2</sup>/ha dans 6 des 7 parcelles, Tableau 9). Dans les parcelles témoins, plus denses, la MORT a été plus élevée dans 3 des 4 parcelles (0,5 à 0,6 m<sup>2</sup>/ha), et du même ordre de grandeur que le REC (écart d'environ 0,1 m<sup>2</sup>/ha).

La  $PROD_{nette}$  en PIB<sub>23+</sub> est déterminée en grande partie par la SURV, et à un degré moindre, par la composante REC, qui montre une relation inverse avec la  $ST_{APC}$  en PIB<sub>23+</sub> (Figure 50). La MORT en PIB<sub>23+</sub> est minimale dans les parcelles éclaircies et augmente légèrement avec l'augmentation de la ST (parcelles témoins, figure 50d).

Pour un même regroupement de ST, la SURV des PIB<sub>23+</sub> est linéairement corrélée à la  $ST_{APC}$  en PIB<sub>23+</sub> survivants (Figure 50b). Cette relation peut être mise en évidence en comparant les taux de production par accroissement des PIB<sub>23+</sub> survivants, qui varient de 0,31 à 0,34 dans le regroupement de  $ST_{APC}$  basse, de 0,23 à 0,27 dans le regroupement de  $ST_{APC}$  moyenne, et de 0,18 à 0,19 dans le regroupement Témoin (Tableau 9).

Par ailleurs, pour une même  $ST_{APC}$  en PIB<sub>23+</sub> survivants, la SURV des PIB<sub>23+</sub> diminue avec l'augmentation de la  $ST_{APC}$  totale (Figure 50b). Par exemple, pour à peu près la même ST en PIB<sub>23+</sub> survivants (15,6 et 15,4 m<sup>2</sup>/ha), les PIB<sub>23+</sub> de la parcelle 09 ont produit 4,3 m<sup>2</sup>/ha en PIB<sub>23+</sub>, alors que ceux de la

**Tableau 7.** Surface terrière (ST) moyenne avant la coupe (AVC), après la coupe (APC) et 10 ans après la coupe (APC) et 10 ans après la coupe, bilan de production moyen 10 ans après la coupe, taux moyen de production par accroissement des survivants et taux moyen de mortalité, par espèce ou groupe d'espèces, dans les 7 parcelles éclaircies et les 4 parcelles témoins de la pinède à pin blanc. L'astérisque (\*) indique une valeur non nulle et positive, mais < 0,01 m<sup>2</sup>/ha.

Espèce ou groupe d'espèces	Groupe de parcelles	ST moyenne (m <sup>2</sup> /ha)			Bilan moyen de production <sup>†</sup> 10 ans après la coupe (ST, en m <sup>2</sup> /ha)					Taux moyen de production par accroissement des survivants <sup>‡</sup>	Taux moyen de mortalité <sup>§</sup> (%)
		AVC	APC	10 ans	SURV	REC	PROD <sub>brute</sub>	MORT	PROD <sub>nette</sub>		
Toutes	Éclaircies	35,3	21,4	25,9	5,3	0,47	5,8	1,3	4,5	0,27	6
	Témoins	37,4	-	40,5	5,4	0,45	5,8	2,8	3,0	0,16	8
Pin blanc	Éclaircies	20,2	15,6	19,3	4,1	0,02	4,1	0,43	3,6	0,27	3
	Témoins	21,8	-	24,6	3,6	0,03	3,6	0,90	2,7	0,17	4
Autres résineux	Éclaircies	4,4	1,9	1,9	0,33	0,07	0,40	0,34	0,06	0,21	18
	Témoins	3,6	-	3,3	0,26	0,07	0,32	0,55	-0,22	0,09	15
Pin rouge	Éclaircies	1,1	0,50	0,60	0,12	0	0,12	0,01	0,11	0,25	3
	Témoins	1,5	-	1,6	0,15	0	0,15	0,09	0,06	0,10	6
Épinette blanche	Éclaircies	1,9	1,0	1,0	0,15	0,01	0,16	0,14	0,02	0,18	14
	Témoins	1,4	-	1,3	0,08	*	0,08	0,19	-0,11	0,06	13
Sapin baumier	Éclaircies	0,7	0,37	0,32	0,06	0,06	0,12	0,17	-0,05	0,28	45
	Témoins	0,4	-	0,36	0,03	0,06	0,10	0,16	-0,07	0,12	38
Pin gris	Éclaircies	0,9	0,04	0,02	*	0	*	0,02	-0,02	0,03	51
	Témoins	0,2	-	0,08	*	0	*	0,15	-0,15	0,02	64
Feuillus	Éclaircies	10,7	3,9	4,6	0,95	0,37	1,32	0,55	0,77	0,28	14
	Témoins	12,0	-	12,5	1,52	0,35	1,87	1,4	0,49	0,14	11
Peuplier à grandes dents	Éclaircies	6,8	1,6	1,7	0,30	*	0,31	0,21	0,10	0,22	13
	Témoins	9,4	-	9,4	1,07	*	1,08	1,07	*	0,13	11
Érable rouge	Éclaircies	1,5	1,2	1,6	0,36	0,24	0,59	0,10	0,49	0,34	9
	Témoins	1,3	-	1,8	0,28	0,30	0,58	0,07	0,50	0,24	6
Peuplier faux-tremble	Éclaircies	2,2	0,65	0,59	0,15	*	0,16	0,21	-0,05	0,35	33
	Témoins	0,7	-	0,71	0,10	0	0,10	0,14	-0,03	0,17	19
Bouleau à papier	Éclaircies	0,4	0,16	0,10	0,01	*	0,02	0,07	-0,06	0,15	47
	Témoins	0,4	-	0,30	0,02	*	0,02	0,09	-0,06	0,07	24
Chêne rouge	Éclaircies	0,4	0,28	0,33	0,07	0,02	0,08	0,03	0,05	0,27	13
	Témoins	0,1	-	0,12	0,01	0	0,01	*	*	0,14	4
Hêtre à grandes feuilles	Éclaircies	0,1	0,05	0,16	0,04	0,08	0,12	0	0,12	0,80	0
	Témoins	0,1	-	0,13	0,03	0,04	0,07	0	0,07	0,42	0
Érable à sucre	Éclaircies	0,32	0,27	0,35	0,07	0,02	0,09	0,01	0,08	0,26	3
	Témoins	0,02	-	0,03	*	0	*	0	*	0,12	0
Bouleau jaune	Éclaircies	0,08	0,07	0,10	0,02	*	0,03	*	0,02	0,30	3
	Témoins	0,05	-	0,07	*	*	0,01	0	0,01	0,15	0
Tilleul d'Amérique	Éclaircies	0,26	0,23	0,30	0,06	*	0,07	0	0,07	0,27	0

<sup>†</sup> SURV = Production par accroissement des survivants; REC = Recrutement; PROD<sub>brute</sub> = Production brute; MORT = Mortalité; PROD<sub>nette</sub> = Production nette.

<sup>‡</sup> Rapport de la SURV divisée par la différence entre la ST moyenne après la coupe et la MORT.

<sup>§</sup> Rapport de la MORT divisée par la ST moyenne après la coupe.

**Tableau 8.** Surface terrière (ST) avant la coupe (AVC), après la coupe (APC) et 10 ans après la coupe, bilan de production 10 ans après la coupe, proportion de la ST après la coupe et taux de production par accroissement des survivants, pour l'ensemble des espèces de DHP de plus de 23,0 cm (23+), dans chacune des parcelles de la pinède à pin blanc.

Regroupement de ST	Parcelle	ST des arbres 23+ (m <sup>2</sup> /ha)				Bilan de production † 10 ans après la coupe (ST, en m <sup>2</sup> /ha)						Proportion de la ST des arbres 23+ après la coupe ‡ (%)	Taux de production par accroissement des survivants 23+ §
		AVC	APC	10 ans	SURV	REC	PROD <sub>brute</sub>	MORT	PROD <sub>nette</sub>	PROD <sub>nette</sub>			
ST <sub>APC</sub> basse	15	28,2	11,1	16,7	3,4	2,2	5,6	0	5,6	0	5,6	60	0,31
	12	27,3	12,9	18,3	3,8	2,0	5,9	0,5	5,4	0,5	5,4	68	0,31
	10	20,8	12,4	17,1	3,5	1,9	5,4	0,6	4,8	0,6	4,8	63	0,29
ST <sub>APC</sub> moyenne	09	28,2	17,5	22,4	4,5	0,8	5,3	0,4	4,9	0,4	4,9	76	0,26
	06	28,7	17,7	22,5	4,1	1,1	5,2	0,3	4,9	0,3	4,9	76	0,24
	08	29,8	17,8	22,6	3,6	1,7	5,3	0,5	4,8	0,5	4,8	74	0,21
	05	26,7	16,4	20,7	3,4	1,2	4,7	0,4	4,3	0,4	4,3	74	0,21
	07T	30,1		34,5	5,0	0,6	5,6	1,1	4,4	1,1	4,4	86	0,17
Témoïn	11T	31,5		36,0	4,9	0,7	5,6	1,2	4,5	1,2	4,5	84	0,16
	13T	31,4		33,6	4,5	0,7	5,2	3,1	2,2	3,1	2,2	81	0,16
	14T	29,3		33,3	4,1	1,3	5,4	1,4	4,0	1,4	4,0	76	0,15

† SURV = Production par accroissement des survivants; REC = Recrutement; PROD<sub>brute</sub> = Production brute; MORT = Mortalité; PROD<sub>nette</sub> = Production nette.

‡ Rapport de la ST après la coupe des arbres de DHP > 23,0 cm divisé par celle des arbres de DHP > 9,0 cm.

§ Rapport de la SURV divisée par la différence entre la ST après la coupe et la MORT.

**Tableau 9.** Surface terrière (ST) avant la coupe (AVC), après la coupe (APC) et 10 ans après la coupe, bilan de production 10 ans après la coupe, proportion de la ST après la coupe et taux de production par accroissement des survivants, pour le PIB de DHP de plus de 23,0 cm (PIB<sub>23+</sub>), dans chacune des parcelles de la pinède à pin blanc.

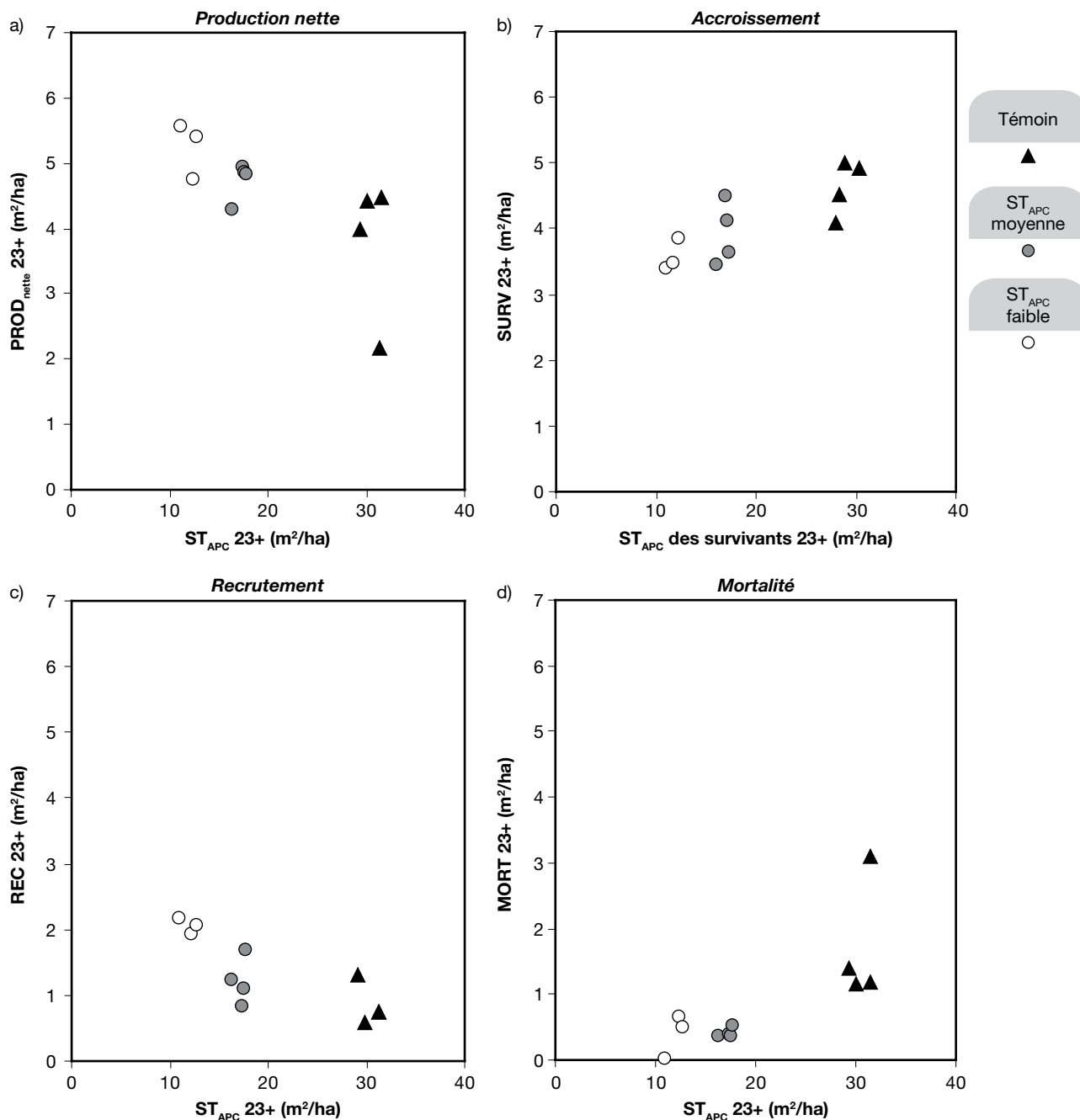
Regroupement de ST	Parcelle	ST des PIB <sub>23+</sub> (m <sup>2</sup> /ha)				Bilan de production † 10 ans après la coupe ‡ (ST, en m <sup>2</sup> /ha)						Proportion de la ST des PIB <sub>23+</sub> après la coupe ‡ (%)	Taux de production par accroissement des PIB <sub>23+</sub> survivants §
		AVC	APC	10 ans	SURV	REC	PROD <sub>brute</sub>	MORT	PROD <sub>nette</sub>	PROD <sub>nette</sub>			
ST <sub>APC</sub> basse	15	12,5	9,7	14,7	3,0	2,0	5,0	0	5,0	0	5,0	67	0,31
	12	13,8	10,6	15,6	3,5	1,5	5,0	0,0	5,0	0,0	5,0	84	0,34
	10	12,2	8,8	11,9	2,8	0,3	3,2	0,1	3,0	0,1	3,0	93	0,33
ST <sub>APC</sub> moyenne	09	19,8	15,6	20,5	4,3	0,6	4,9	0	4,9	0	4,9	83	0,27
	06	20,7	16,9	21,7	4,0	1,0	5,0	0,3	4,7	0,3	4,7	82	0,24
	08	17,2	12,3	16,6	2,9	1,4	4,4	0,1	4,2	0,1	4,2	75	0,24
	05	18,4	13,8	17,7	3,1	0,8	4,0	0,1	3,9	0,1	3,9	82	0,23
	07T	26,5		31,3	4,8	0,4	5,2	0,5	4,7	0,5	4,7	91	0,18
Témoïn	11T	21,2		24,9	3,8	0,5	4,3	0,6	3,7	0,6	3,7	89	0,19
	13T	15,4		18,3	2,8	0,6	3,4	0,5	2,9	0,5	2,9	77	0,19
	14T	8,9		11,7	1,7	1,2	2,9	0,1	2,8	0,1	2,8	62	0,19

† SURV = Production par accroissement des survivants; REC = Recrutement; PROD<sub>brute</sub> = Production brute; MORT = Mortalité; PROD<sub>nette</sub> = Production nette.

‡ Rapport de la ST après la coupe des PIB de DHP > 23,0 cm divisé par celle des PIB de DHP > 9,0 cm.

§ Rapport de la SURV divisée par la différence entre la ST après la coupe et la MORT.

TOUTES LES ESPÈCES - DHP > 23,0 cm



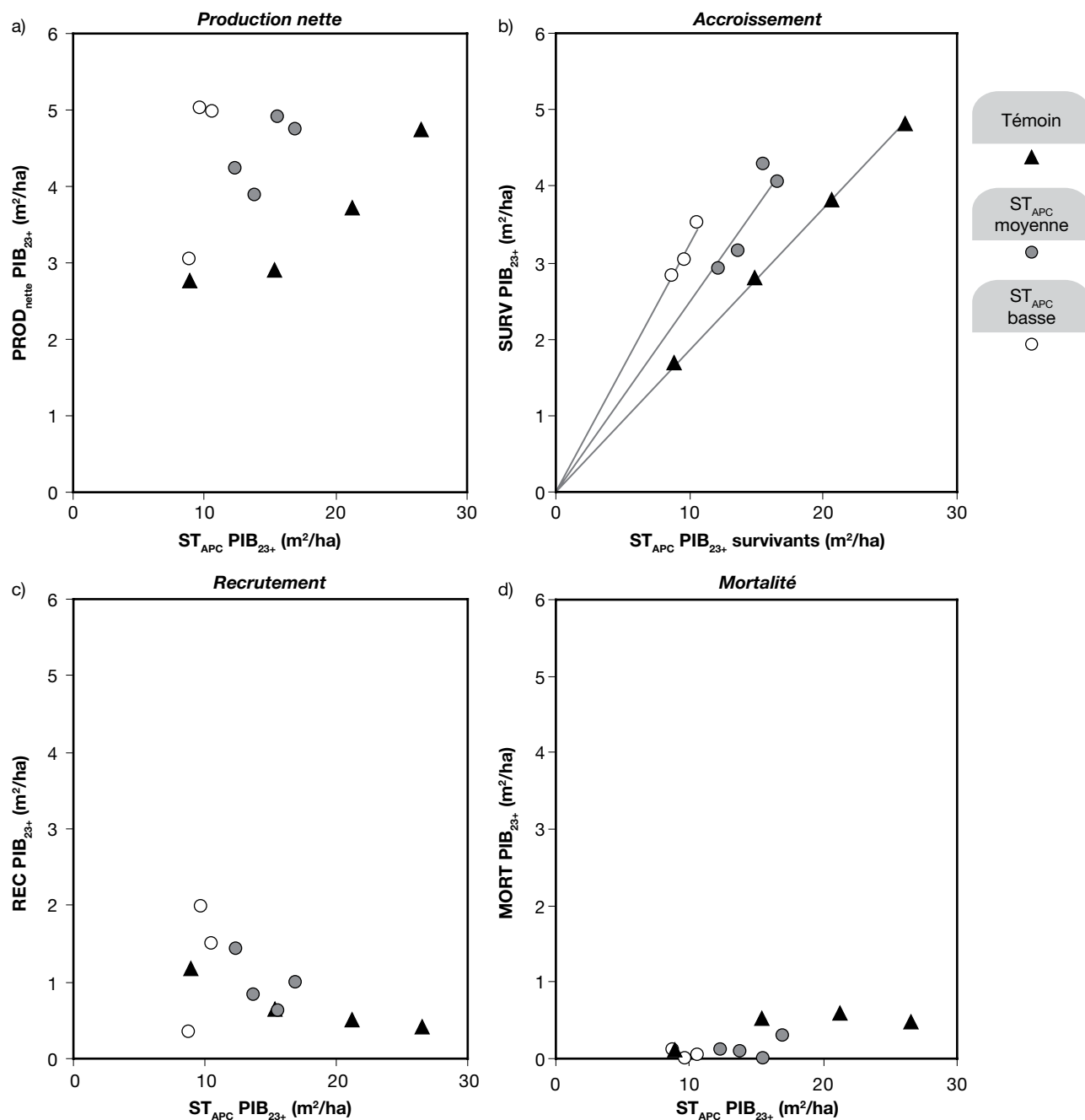
**Figure 49.** Production nette (a), production par accroissement des survivants (b), recrutement (c) et mortalité (d) de l'ensemble des espèces de DHP de plus de 23,0 cm, 10 ans après la coupe, en fonction de leur surface terrière après la coupe, pour chacune des parcelles de la pinède à pin blanc.

parcelle 13T n'en ont produit que 2,8  $m^2/ha$ , entre autres parce que la  $ST_{APC}$  totale est plus faible dans la parcelle 09 que dans la parcelle 13T (22,9 vs 38,6  $m^2/ha$ , tableau 5).

Selon les 3 regroupements de  $ST$  auxquels sont associées aussi 3 courbes de croissance en diamètre du PIB (Figure 36a), plus la  $ST_{APC}$  totale est faible, plus la proportion de PIB recrutés par

classe de DHP est grande, et plus la proportion de recrues parmi les petites classes de DHP éloignées de 23,0 cm augmente (Figure 51). Ainsi, pour les parcelles témoins, le REC provient seulement de la classe de DHP de 22 cm, alors que pour les parcelles du regroupement de  $ST_{APC}$  basse, il commence dans la classe de DHP de 18 cm.

## PIN BLANC - DHP &gt; 23,0 cm



**Figure 50.** Production nette (a), production par accroissement des survivants (b), recrutement (c) et mortalité (d) des pins blancs de DHP de plus de 23,0 cm ( $PIB_{23+}$ ), 10 ans après la coupe, en fonction de leur surface terrière après la coupe, pour chacune des parcelles de la pinède à pin blanc. Les lignes droites illustrent la relation linéaire entre la production et la  $ST_{APC}$  associée à chacun des regroupements de  $ST_{23+}$ ; la pente de ces droites indique leur taux de production.

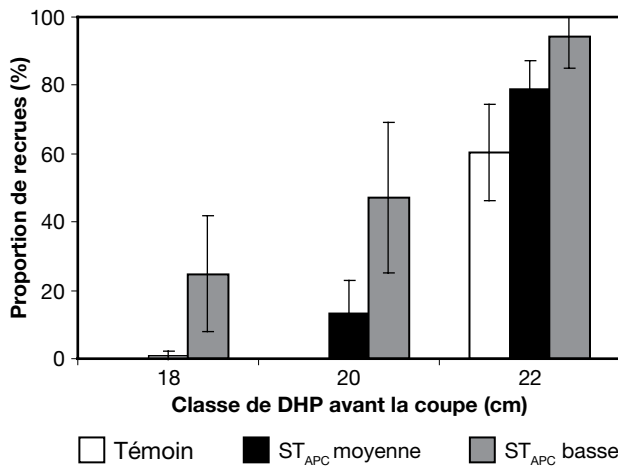
#### 2.2.4.7. Simulation de la production nette du pin blanc

##### 2.2.4.7.1. Pin blanc de dimension marchande (9+)

Les simulations laissent penser que, pour une même proportion de la  $ST_{APC}$  totale en PIB, la  $PROD_{nette}$  est légèrement plus grande dans les parcelles du regroupement de  $ST_{APC}$  basse que dans celles du regroupement Témoin, dont la  $PROD_{nette}$

est elle-même un peu plus grande que pour les parcelles du regroupement de  $ST_{APC}$  moyenne (Figure 52). Ainsi, avec 80 % de la  $ST$  totale en PIB, des rendements en PIB de 4,5, 4,0 et 3,5 m<sup>2</sup>/ha sont prévus pour les regroupements de  $ST_{APC}$  basse, Témoin et de  $ST_{APC}$  moyenne, respectivement (Figure 52a).

Les simulations montrent aussi que pour une même  $ST_{APC}$  en PIB, la  $PROD_{nette}$  en PIB 10 ans après la coupe diminue avec l'augmentation de la  $ST_{APC}$  totale, et que l'écart dans les rendements s'accroît avec l'augmentation de la  $ST_{APC}$  en PIB (Figure 52b). Par exemple, pour une  $ST_{APC}$  en PIB de 15 m<sup>2</sup>/ha, des rendements de 4,4, 2,9 et 1,7 m<sup>2</sup>/ha sont prévus respectivement pour les regroupements de  $ST_{APC}$  basse, Témoin et de  $ST_{APC}$  moyenne, respectivement. Une même  $PROD_{nette}$  en PIB peut être obtenue avec différentes combinaisons de  $ST_{APC}$  totale et de  $ST_{APC}$  en PIB. Par exemple, les simulations prévoient un rendement de 4,0 m<sup>2</sup>/ha en



**Figure 51.** Proportion des PIB de chacune des classes de DHP après la coupe qui ont franchi le seuil de DHP de 23,0 cm après 10 ans, pour les 3 regroupements de ST. Les barres délimitent l'intervalle entre la plus petite et la plus grande valeur moyenne des parcelles du regroupement de ST.

PIB 10 ans après la coupe pour des  $ST_{APC}$  en PIB de 13,6, 20,8 et 30,0 m<sup>2</sup>/ha dans les regroupements de  $ST_{APC}$  basse, de  $ST_{APC}$  moyenne et Témoin, respectivement (Figures 52b).

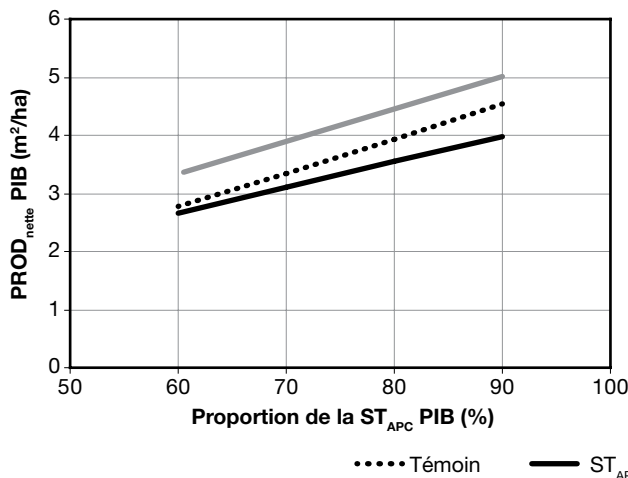
#### 2.2.4.7.2. Pin blanc de dimension de bois d'œuvre (23+)

Pour les PIB<sub>23+</sub>, comme le REC est dépendant de la quantité de PIB de DHP 17–23 cm, nous avons examiné l'influence du rapport de la  $ST_{APC}$  en PIB<sub>23+</sub> divisée par la  $ST_{APC}$  en PIB<sub>9+</sub> ( $ST_{PIB_{23+}}/ST_{PIB_{9+}}$ ) sur le rendement. Les simulations montrent que ce rapport aurait peu d'influence sur la  $PROD_{nette}$  des PIB<sub>23+</sub> pour les regroupements de  $ST_{APC}$  moyenne et Témoin (Figure 53b). Cependant, pour le regroupement de  $ST_{APC}$  basse, la  $PROD_{nette}$  augmenterait de 0,2 m<sup>2</sup>/ha lorsque ce rapport diminue de 0,1, pour une proportion de la  $ST_{APC}$  totale en PIB de 80 %.

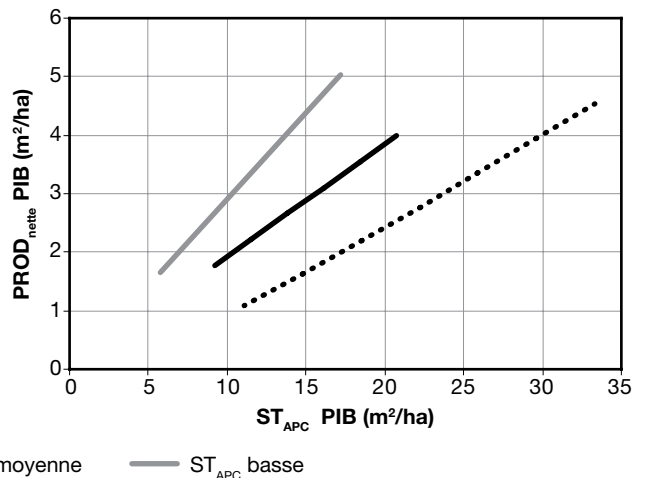
Comme pour les PIB<sub>9+</sub> (section 2.2.4.7.1), les simulations suggèrent que, pour une même proportion de la  $ST_{APC}$  totale en PIB<sub>23+</sub>, la  $PROD_{nette}$  en PIB<sub>23+</sub> est légèrement plus élevée pour le regroupement de  $ST_{APC}$  basse que pour le regroupement Témoin, dont la  $PROD_{nette}$  est elle-même un peu plus grande que pour le regroupement de  $ST_{APC}$  moyenne (Figure 53a). Ainsi, avec une proportion de la  $ST_{APC}$  totale en PIB de 80 % et un rapport  $ST_{PIB_{23+}}/ST_{PIB_{9+}}$  de 0,8, des rendements en PIB de 5,2, 5,0 et 4,4 m<sup>2</sup>/ha sont prévus pour les regroupements de  $ST_{APC}$  basse, Témoin et de  $ST_{APC}$  moyenne, respectivement.

Comme pour les PIB<sub>9+</sub>, les simulations montrent que 10 ans après la coupe, pour une même  $ST_{APC}$  en PIB<sub>23+</sub>, la  $PROD_{nette}$  en PIB<sub>23+</sub> diminue avec l'augmentation de la  $ST_{APC}$  totale, et que l'écart entre les rendements s'accroît avec l'augmentation

a) Selon la proportion de la  $ST_{APC}$  totale en PIB



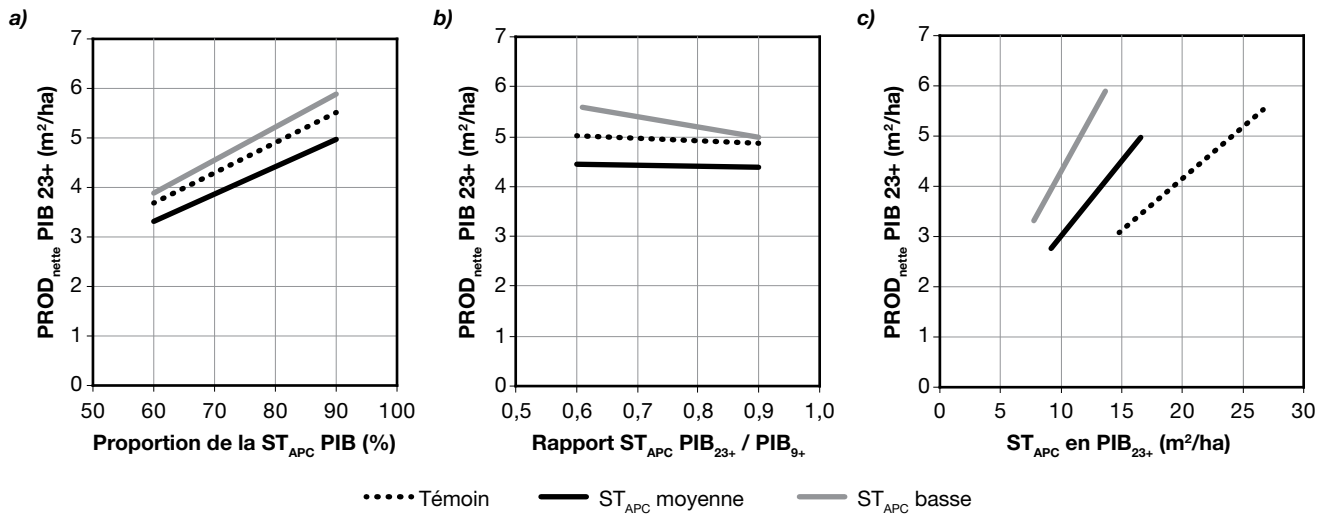
b) Selon la  $ST_{APC}$  en PIB



**Figure 52.** Simulation de la production nette en pin blanc (PIB) pour les 3 regroupements de ST, (a) selon la proportion de la  $ST_{APC}$  totale en pin blanc et (b) selon la  $ST_{APC}$  en pin blanc.

de la  $ST_{APC}$  en  $PIB_{23+}$  (Figure 53c). Par exemple, pour une  $ST_{APC}$  en  $PIB_{23+}$  de 12 m<sup>2</sup>/ha et un rapport  $ST_{APC}$  en  $PIB_{23+}/PIB_{9+}$  de 0,8, des rendements de 4,5 et 3,6 m<sup>2</sup>/ha sont prévus pour les regroupements de  $ST_{APC}$  basse et de  $ST_{APC}$  moyenne, respectivement.

Pour une  $ST_{APC}$  en  $PIB_{23+}$  de 15 m<sup>2</sup>/ha et un rapport  $ST_{APC}$  en  $PIB_{23+}/PIB_{9+}$  de 0,8, des rendements de 4,5 et 3,1 m<sup>2</sup>/ha sont prévus pour les regroupements de  $ST_{APC}$  moyenne et Témoin, respectivement.



**Figure 53.** Simulation de la production nette en pin blanc de DHP de plus de 23,0 cm ( $PIB_{23+}$ ) pour les 3 regroupements de ST, (a) selon la proportion de la  $ST_{APC}$  totale en pin blanc associée à un rapport  $ST_{APC}$  en  $PIB_{23+}/PIB_{9+}$  de 0,8; (b) selon le rapport  $ST_{APC}$  en  $PIB_{23+}/PIB_{9+}$  associé à une proportion de 80 % de la  $ST_{APC}$  totale en pin blanc; (c) selon la  $ST_{APC}$  en  $PIB_{23+}$  associée à un rapport  $ST_{APC}$  en  $PIB_{23+}/PIB_{9+}$  de 0,8.

### 2.3. Comparaisons entre la pinède à pin rouge et la pinède à pin blanc

Les comparaisons qui suivent concernent uniquement les parcelles éclaircies des regroupements de  $ST_{APC}$  basse et de  $ST_{APC}$  moyenne dans les 2 types de pinèdes. Pour alléger le texte, la mention du PIR sous-entend qu'il s'agit du PIR de la pinède à pin rouge, et la mention du PIB sous-entend qu'il s'agit du PIB de la pinède à pin blanc.

#### 2.3.1. Croissance en diamètre

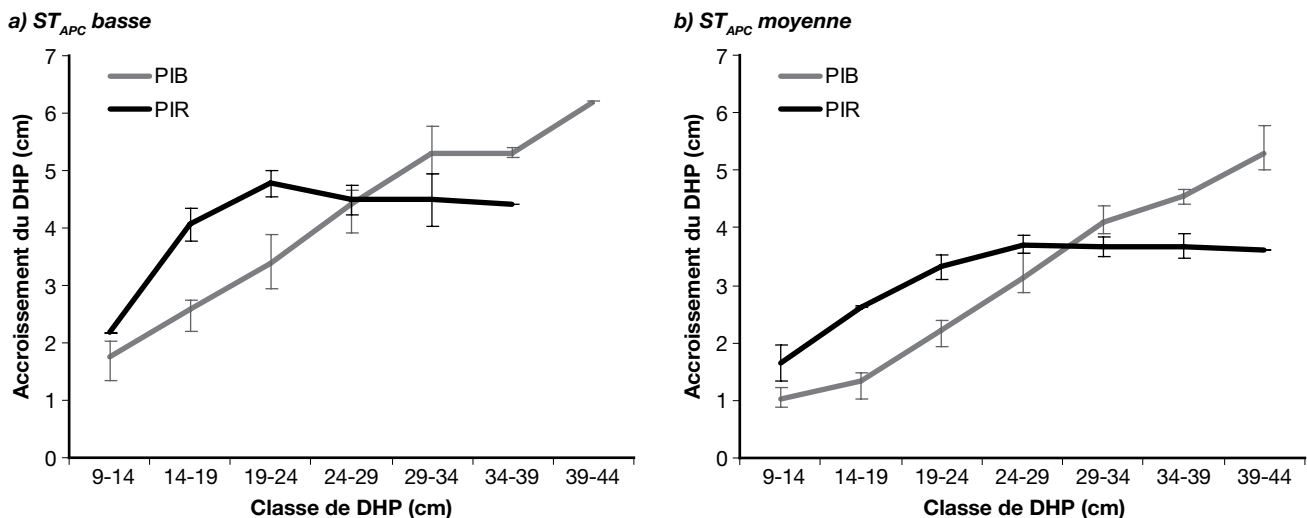
Pour les 2 regroupements de ST, le PIR présente une meilleure croissance moyenne en diamètre dans les petites classes de DHP, alors que le PIB montre une meilleure croissance moyenne en diamètre dans les classes de DHP > 34 cm (Figure 54). Ainsi, sur une période de 10 ans, la croissance moyenne du PIR dépasse celle du PIB de 1,1 à 1,5 cm pour les classes de DHP de 14–19 cm et de 19–24 cm, alors que pour la classe de DHP de 34–39 cm, celle du PIB dépasse celle du PIR par près de 1,0 cm. La forme des courbes montre que la croissance en diamètre du PIR plafonne à partir d'une certaine classe de DHP, alors que celle du PIB continue d'augmenter.

#### 2.3.2. Production

Dix ans après la coupe, la  $PROD_{nette}$  totale de la pinède à pin rouge est supérieure à celle de la pinède à pin blanc, autant pour l'ensemble des tiges marchandes (9+) que pour celles de dimension de bois d'œuvre (23+, tableau 10). L'écart en faveur de la pinède à pin rouge est plus grand pour les tiges 23+, avec une différence moyenne de 1,5 et

1,7 m<sup>2</sup>/ha comparativement à 0,9 et 1,1 m<sup>2</sup>/ha pour les tiges 9+. Pour les tiges 9+, l'écart de  $PROD_{nette}$  entre les 2 types de pinèdes est essentiellement attribuable aux valeurs plus élevées de SURV dans la pinède à pin rouge, puisque le REC et la MORT sont semblables dans les 2 types de pinèdes (Figure 55). Pour les tiges 23+, l'écart est essentiellement attribuable au REC 23+ qui est nettement plus élevé dans la pinède à pin rouge (Figure 56). D'ailleurs, on remarque que les proportions de REC par classe de DHP sont plus élevées pour le PIR que pour le PIB (Figure 57). De plus, les recrues de PIR proviennent des classes de DHP ≥ 16 cm, alors que celles de PIB proviennent des classes de DHP ≥ 18 cm.

La  $PROD_{nette}$  en PIR ou en PIB couvre une étendue de valeurs de même ordre pour les 2 types de pinèdes. Comme la quantité de ces espèces varie d'une parcelle à l'autre à l'intérieur d'un même regroupement de ST, le taux de production permet de faire de meilleures comparaisons, car il est basé sur le rapport entre la production et la quantité de départ ( $ST_{APC}$ ) de PIR ou de PIB. Pour les pins 9+, les taux de  $PROD_{nette}$  sont en moyenne légèrement plus élevés chez le PIR que le PIB (Tableau 10). Ce léger avantage est attribuable à de meilleurs taux de production par accroissement des survivants, et dans une moindre mesure, à la MORT qui est légèrement plus faible pour le PIR dans le regroupement de  $ST_{APC}$  moyenne, le REC étant négligeable (Figure 58). Pour les pins 23+, les taux de  $PROD_{nette}$  sont aussi légèrement plus élevés, en moyenne, chez le PIR que le PIB (Tableau 10); l'écart est nettement plus grand dans les parcelles du regroupement de



**Figure 54.** Comparaison de l'accroissement en diamètre des pins rouges (PIR) de la pinède à pin rouge et de celui des pins blancs (PIB) de la pinède à pin blanc, pour les regroupements de  $ST_{APC}$  basse (a) et  $ST_{APC}$  moyenne (b) des parcelles éclaircies. Les barres délimitent l'intervalle entre la plus petite et la plus grande valeur moyenne des parcelles d'un regroupement de ST.

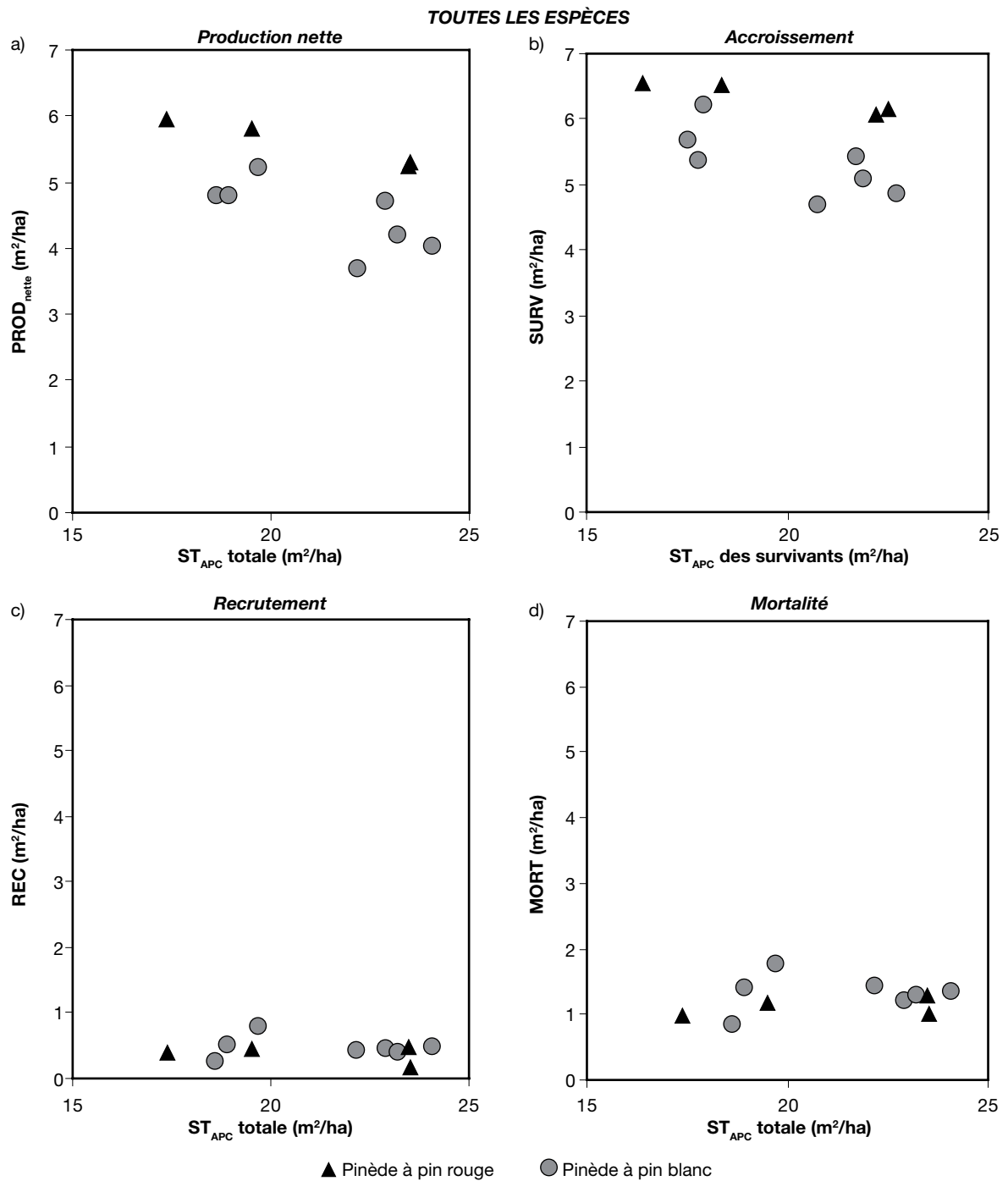
**Tableau 10.** Comparaison de la production nette (PROD<sub>nette</sub>), 10 ans après la coupe, entre les parcelles éclaircies de la pinède à pin rouge et celles de la pinède à pin blanc, pour les tiges de DHP de plus de 9,0 cm (9+) et 23,0 cm (23+) de l'ensemble des espèces et des pins seulement, par regroupement de surface terrière (ST) après la coupe (APC).

DHP	Regroupement de ST	Pinède	Parcelle	Toutes les espèces				Pins				
				ST <sub>APC</sub> (m <sup>2</sup> /ha)	PROD <sub>nette</sub> (m <sup>2</sup> /ha)	PROD <sub>nette</sub> moyenne (m <sup>2</sup> /ha)	Différence <sup>†</sup> (m <sup>2</sup> /ha)	Espèce	ST <sub>APC</sub> (m <sup>2</sup> /ha)	PROD <sub>nette</sub> (m <sup>2</sup> /ha)	Taux de PROD <sub>nette</sub> de PROD <sub>nette</sub>	Différence <sup>§</sup>
9+	ST <sub>APC</sub> basse	à pin rouge	02	17,4	6,0	5,9		PIR	10,2	3,6	0,36	
			04	19,5	5,8				8,0	2,7	0,34	
		à pin blanc	15	18,6	4,8	4,9	0,9	PIB	14,4	4,1	0,28	0,05
			12	18,9	4,8				12,6	3,9	0,31	0,30
	ST <sub>APC</sub> moyenne	à pin rouge	01	23,5	5,3	5,3		PIR	18,0	4,1	0,23	
			03	23,5	5,2				15,8	3,8	0,24	0,23
		à pin blanc	05	22,2	3,7	4,1	1,1	PIB	16,9	3,2	0,19	0,03
			06	23,2	4,2				20,6	3,7	0,18	0,20
23+	ST <sub>APC</sub> basse	à pin rouge	02	8,3	6,9	6,7		PIR	5,6	4,8	0,86	
			04	11,5	6,6				6,6	3,6	0,55	0,70
		à pin blanc	15	11,1	5,6	5,2	1,5	PIB	9,7	5,0	0,52	0,26
			10	12,4	4,8				10,6	5,0	0,47	0,45
	ST <sub>APC</sub> moyenne	à pin rouge	01	17,0	6,3	6,4		PIR	15,3	5,0	0,33	
			03	15,1	6,5				11,8	5,0	0,42	0,37
		à pin blanc	05	16,4	4,3	4,7	1,7	PIB	13,8	3,9	0,28	0,07
			06	17,7	4,9				16,9	4,7	0,28	0,30

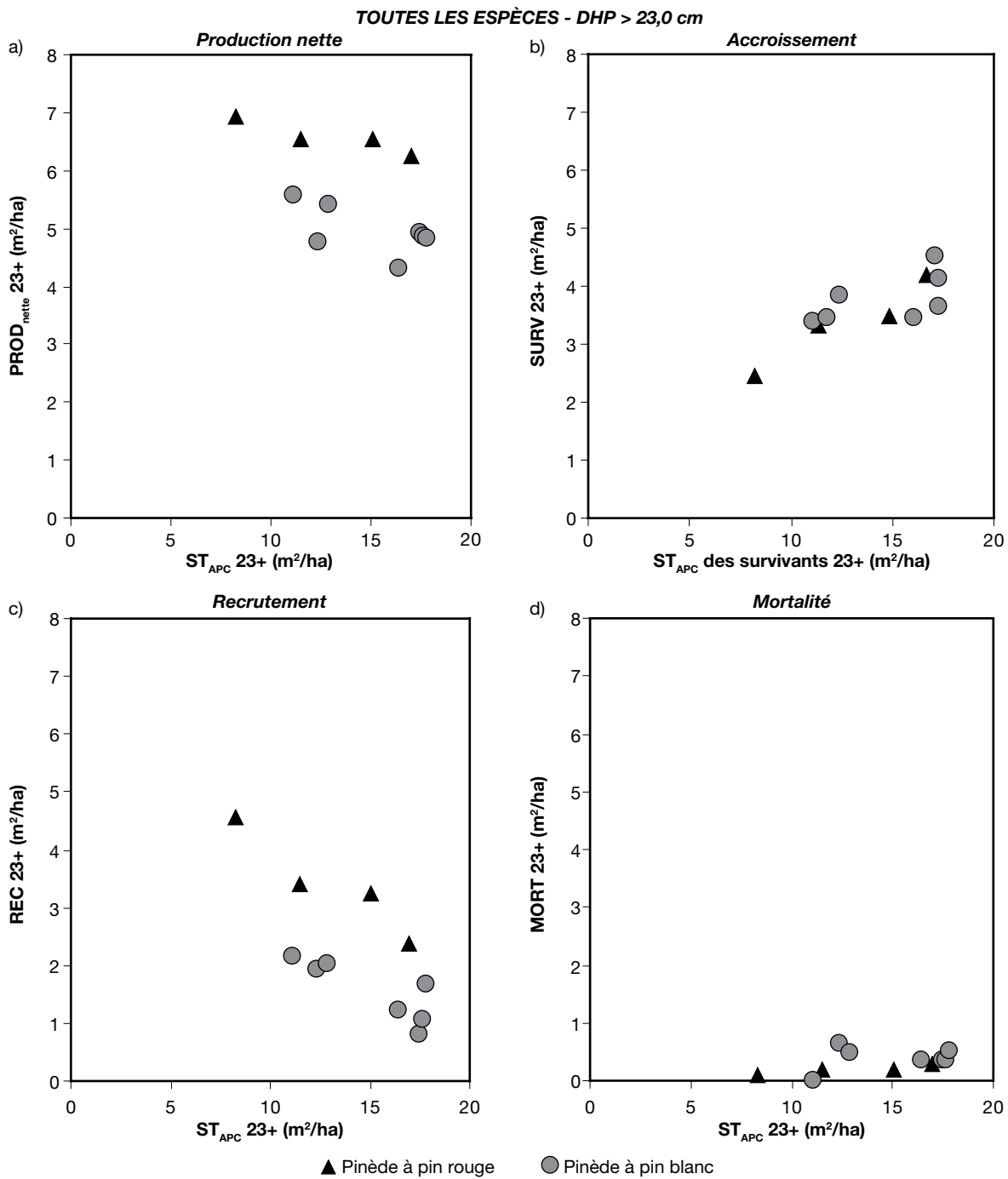
<sup>†</sup> Différence entre la PROD<sub>nette</sub> moyenne de la pinède à pin rouge et celle de la pinède à pin blanc.

<sup>‡</sup> Rapport de la PROD<sub>nette</sub> sur la ST<sub>APC</sub>.

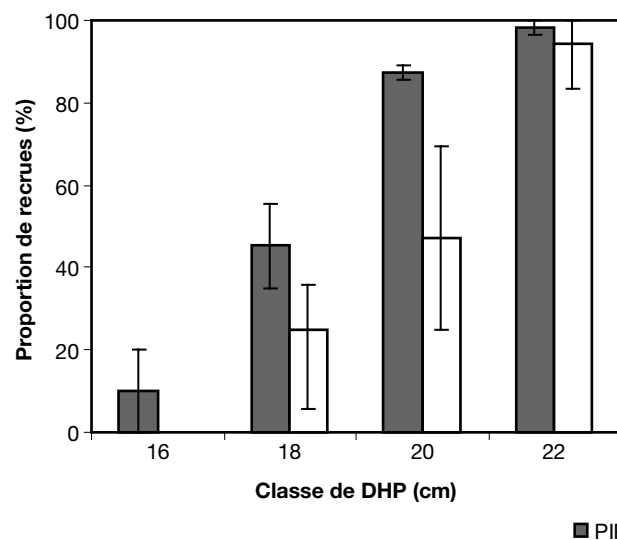
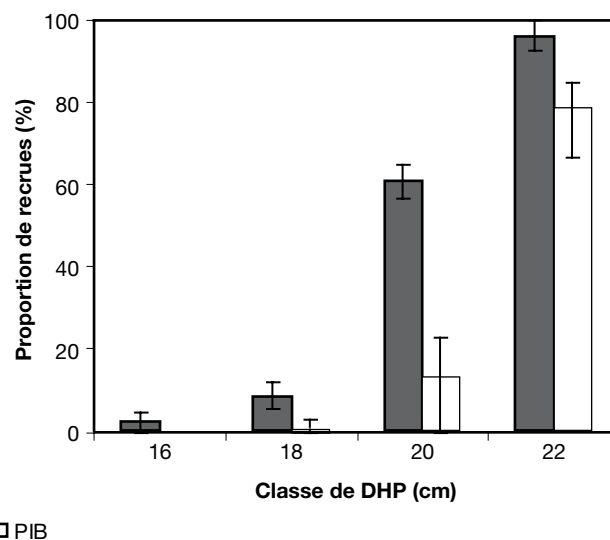
<sup>§</sup> Différence entre le taux moyen de PROD<sub>nette</sub> de la pinède à pin rouge et celui de la pinède à pin blanc.



**Figure 55.** Production nette (a), production par accroissement des survivants (b), recrutement (c) et mortalité (d) de l'ensemble des espèces, 10 ans après la coupe, en fonction de la surface terrière totale après la coupe, dans chacune des parcelles des regroupements de ST<sub>APC</sub> basse et de ST<sub>APC</sub> moyenne de la pinède à pin rouge et de la pinède à pin blanc.



**Figure 56.** Production nette (a), production par accroissement des survivants (b), recrutement (c) et mortalité (d) de l'ensemble des espèces de DHP de plus de 23,0 cm, 10 ans après la coupe, en fonction de leur surface terrière après la coupe, dans chacune des parcelles des regroupements de  $ST_{APC}$  basse et de  $ST_{APC}$  moyenne de la pinède à pin rouge et de la pinède à pin blanc.

a)  $ST_{APC}$  basseb)  $ST_{APC}$  moyenne

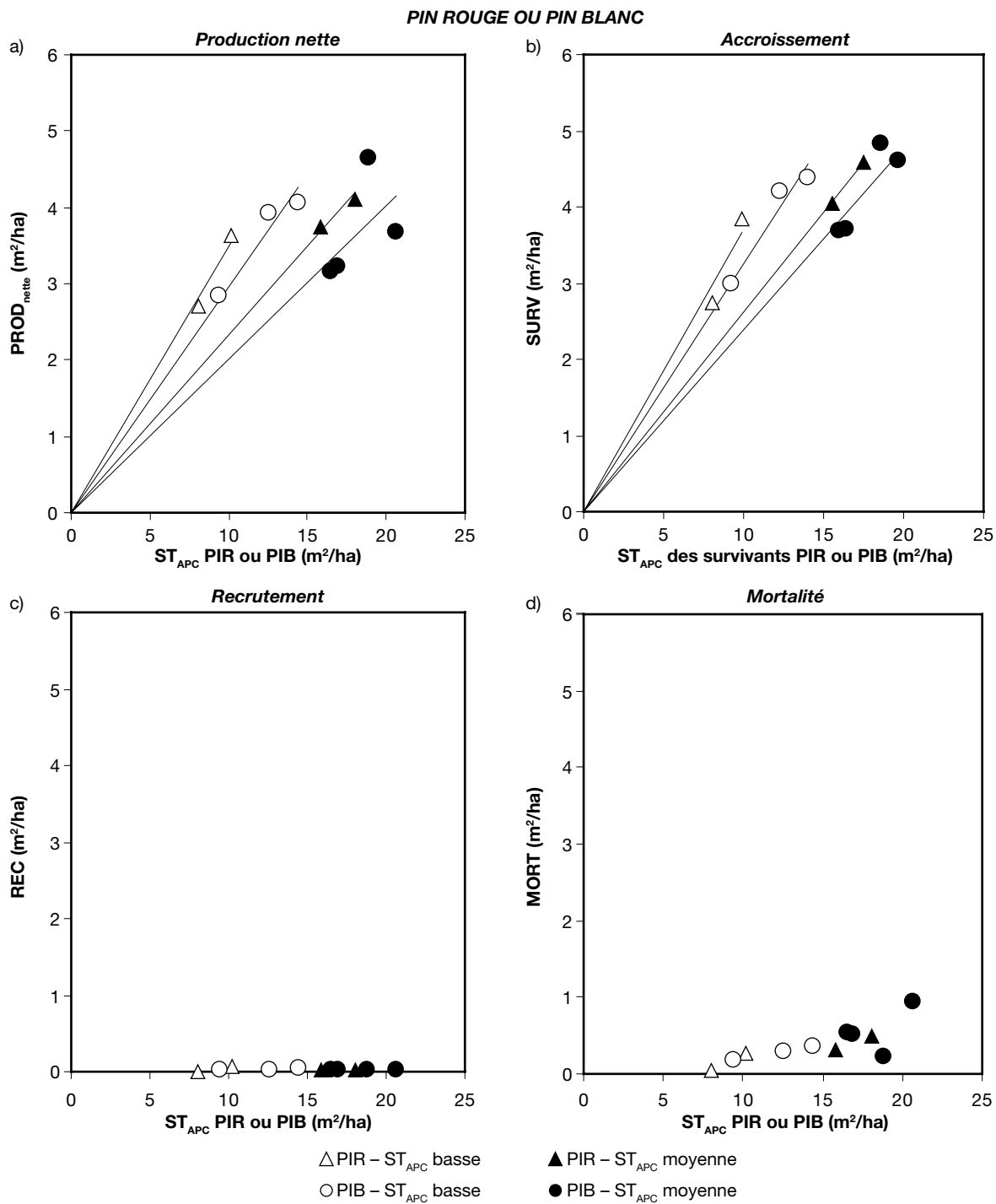
**Figure 57.** Proportion des PIR de la pinède à pin rouge et des PIB de la pinède à pin blanc de chacune des classes de DHP après la coupe qui ont franchi le seuil de DHP de 23,0 cm après 10 ans, pour les regroupements de  $ST_{APC}$  basse (a) et de  $ST_{APC}$  moyenne (b). Les barres délimitent l'intervalle entre la plus petite et la plus grande valeur moyenne des parcelles du regroupement de ST.

$ST_{APC}$  basse. Il se reflète dans le REC en PIR, qui est généralement plus fort dans la pinède à pin rouge; les taux de production par accroissement des survivants est semblable dans les 2 types de pinèdes, et la MORT est négligeable (Figure 59).

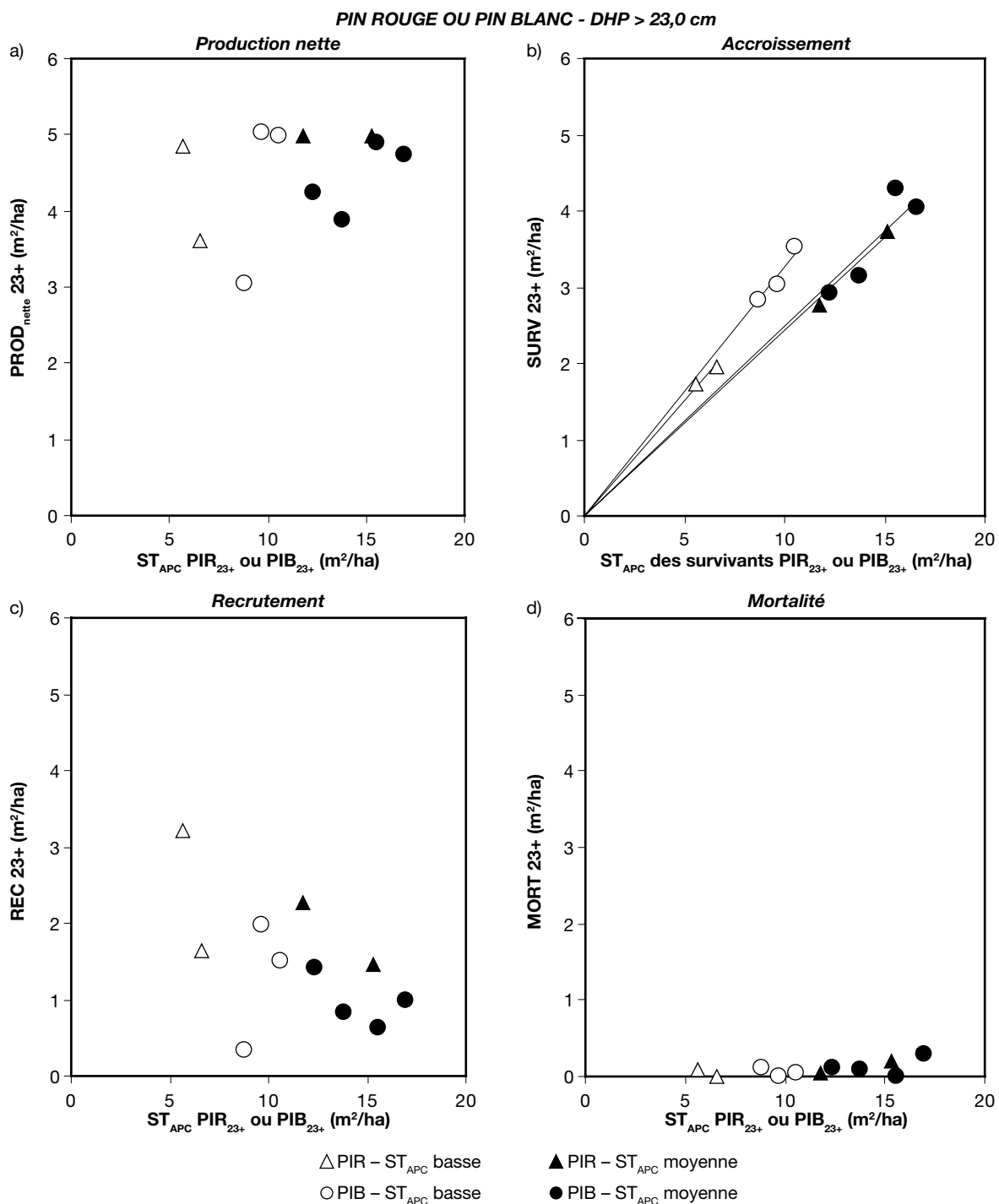
Le taux de production par accroissement des survivants des pins par classe de DHP diffère entre le PIR et le PIB (Figure 60). Pour les deux regroupements de ST, les PIR montrent des taux de production nettement plus élevés que les PIB pour les petites tiges, et des taux légèrement plus faibles pour les grosses tiges. Ce changement se réalise entre les classes de DHP de 24–29 et 29–34 cm. Pour la classe de DHP de 14–19 cm et le regroupement de  $ST_{APC}$  moyenne, des taux de production de 0,35 et 0,17 sont observés pour le PIR et le PIB, respectivement. Pour la classe de DHP de 44–49 cm, ils sont de 0,14 et 0,22. Le patron de distribution des taux de production par classe de DHP diffère entre les 2 espèces. Celui du PIR diminue dès la classe de DHP de 19–24 cm, alors que pour le PIB, il diminue seulement à partir de la classe de DHP de 34–39 cm.

### 2.3.3. Simulation de la production nette du pin rouge et du pin blanc

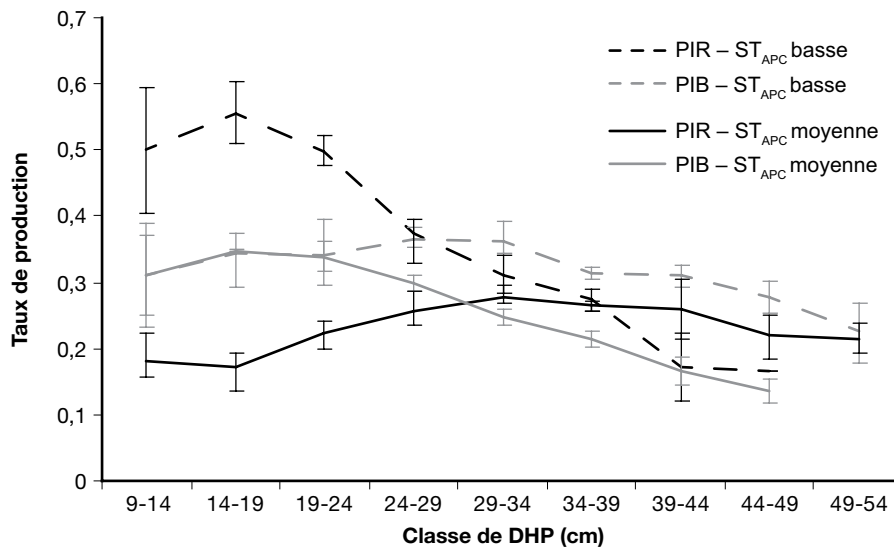
Les simulations montrent des valeurs plus élevées de  $PROD_{nette}$  pour le PIR (Figure 61). Par exemple, pour une  $ST_{APC}$  en  $PIR_{9+}$  ou en  $PIB_{9+}$  de 15 m<sup>2</sup>/ha, l'écart en faveur du PIR est de 0,8 m<sup>2</sup>/ha pour le regroupement de  $ST_{APC}$  basse et de 0,6 m<sup>2</sup>/ha pour le regroupement de  $ST_{APC}$  moyenne (Figure 61a). Cette différence est essentiellement attribuable à la SURV. Pour les  $PIR_{23+}$  et les  $PIB_{23+}$ , l'écart de la  $PROD_{nette}$  est de 0,4 m<sup>2</sup>/ha pour la  $ST_{APC}$  basse et de 0,8 m<sup>2</sup>/ha pour le regroupement de  $ST_{APC}$  moyenne, pour une  $ST_{APC}$  en  $PIR_{9+}$  ou  $PIB_{9+}$  de 15 m<sup>2</sup>/ha et un rapport  $ST_{PIR_{23+}}/PIR_{9+}$  ou  $ST_{PIB_{23+}}/PIB_{9+}$  de 0,8 (Figure 61b). Cette différence est surtout attribuable au REC, car la SURV du PIB est légèrement plus élevée que celle du PIR. La différence entre la  $PROD_{nette}$  du PIR et du PIB augmente légèrement avec la  $ST_{APC}$ .



**Figure 58.** Production nette (a), production par accroissement des survivants (b), recrutement (c) et mortalité (d) des pins rouges (PIR) de la pinède à pin rouge et des pins blancs (PIB) de la pinède à pin blanc, 10 ans après la coupe, dans chacune des parcelles des regroupements de ST<sub>APC</sub> basse et de ST<sub>APC</sub> moyenne. Les lignes droites illustrent la relation linéaire entre la production et la ST<sub>APC</sub> associée à chacun des regroupements de ST; la pente de ces droites indique leur taux de production.

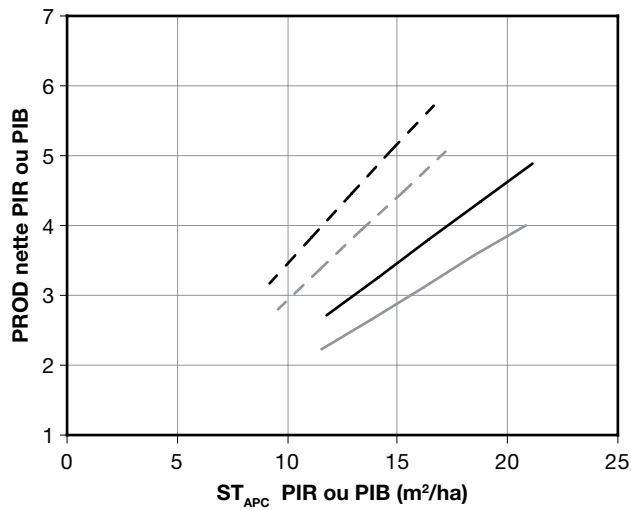


**Figure 59.** Production nette (a), production par accroissement des survivants (b), recrutement (c) et mortalité (d) des pins rouges de DHP de plus de 23,0 cm ( $PIR_{23+}$ ) de la pinède à pin rouge et des pins blancs de DHP de plus de 23,0 cm ( $PIB_{23+}$ ) de la pinède à pin blanc, 10 ans après la coupe, dans chacune des parcelles des regroupements de  $ST_{APC}$  basse et de  $ST_{APC}$  moyenne. Les lignes droites illustrent la relation linéaire entre la production et la  $ST_{APC}$  associée à chacun des regroupements de  $ST$ ; la pente de ces droites indique leur taux de production.

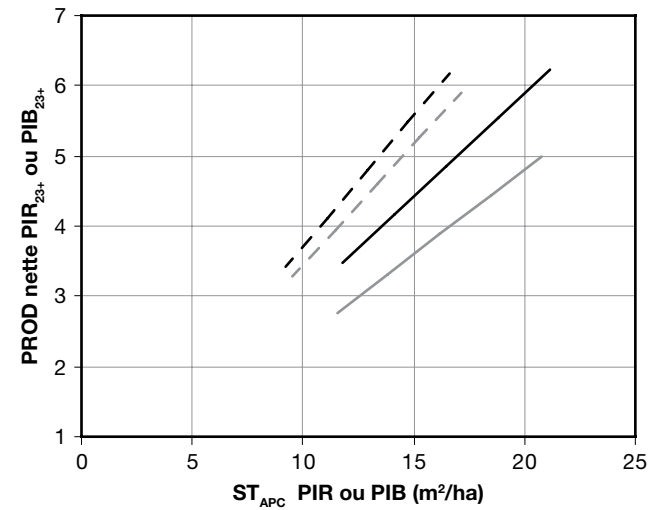


**Figure 60.** Taux de production par accroissement des survivants des pins rouges (PIR) de la pinède à pin rouge et des pins blancs (PIB) de la pinède à pin blanc par classe de DHP, pour les regroupements de  $ST_{APC}$  basse et de  $ST_{APC}$  moyenne. Les barres délimitent l'intervalle entre la plus petite et la plus grande valeur moyenne des parcelles du regroupement de ST.

a) Tiges de DHP > 9,0 cm



b) Tiges de DHP > 23,0 cm



--- PIR -  $ST_{APC}$  basse      — PIR -  $ST_{APC}$  moyenne  
 --- PIB -  $ST_{APC}$  basse      — PIB -  $ST_{APC}$  moyenne

**Figure 61.** Comparaison de la simulation de la production nette en pin rouge (PIR) de la pinède à pin rouge avec celle en pin blanc (PIB) de la pinède à pin blanc, pour les regroupements de  $ST_{APC}$  basse et de  $ST_{APC}$  moyenne. (a)  $PIB_{9+}$  ou  $PIR_{9+}$ ; (b)  $PIB_{23+}$  ou  $PIR_{23+}$ , pour un rapport  $ST_{PIR_{23+}}/PIR_{9+}$  ou  $ST_{PIB_{23+}}/PIB_{9+}$  de 0,8.

# Chapitre trois

## Discussion

La structure diamétrale initiale des pinèdes de cette forêt d'expérimentation se rapprochait d'une structure irrégulière, puisque le nombre de tiges diminuait en fonction de leur grosseur. L'abondance des petites tiges était surtout due aux feuillus, mais aussi au PIB et au PIR. La structure diamétrale de ces pins était irrégulière ou parfois en forme de cloche évasée, mais comprenait toujours un grand nombre de petites tiges. Dix ans après l'éclaircie, les structures diamétrales du PIB et du PIR ont peu évolué en général, mais présentaient moins de petites tiges, en raison d'une mortalité concentrée dans les plus petites classes de DHP, de la faible croissance des PIB et des PIR de petits diamètres, ainsi que de l'absence presque complète de recrutement pour ces 2 espèces. En effet, dans les parcelles de la pinède à pin rouge, de 1 à 7 tiges de PIR ont été recrutées par hectare sur une période de 10 ans après la coupe, alors que de 5 à 15 tiges de la classe de DHP de 9–14 cm sont mortes. Dans la pinède à pin blanc, de 0 à 3 tiges de PIB à l'hectare ont été recrutées dans 9 des 11 parcelles, alors que la mortalité atteint 12 à 26 PIB dans la classe de DHP de 9–14 cm. Le nombre élevé de PIB et PIR de petites dimensions n'est donc vraisemblablement pas dû à un recrutement actif, mais reflèterait plutôt la capacité du PIR et du PIB à survivre pendant de longues années à l'oppression. C'est ce que semble indiquer l'âge des pins de DHP de 9–15 cm (en moyenne, 51 ans pour le PIR et 67 ans pour le PIB). La coupe partielle effectuée dans les années 1940 est probablement responsable de l'abondance des petites tiges de pins dans les 2 types de pinèdes.

La structure diamétrale du PIB dans la pinède à pin blanc ne reflète pas sa structure d'âge. Alors que la structure d'âge du PIB est plutôt régulière et s'étire vers la gauche, la structure diamétrale est plutôt irrégulière et s'étire vers la droite. Tant pour les PIB que les PIR, les DHP sont peu indicatifs de l'âge relevé à 1,3 m du sol. Ainsi, un PIB de DHP de 15 cm peut avoir de 60 à 100 ans, et un PIR, de 40 à 60 ans. De même, un PIB de 80 ans peut avoir un DHP de 10 à 50 cm, alors qu'un PIR du même âge aura un DHP de 25 à 45 cm. Le PIB, une espèce reconnue comme semi-tolérante à l'ombre, peut donc survivre à l'oppression pendant de nombreuses décennies. Étonnamment, le PIR, pourtant reconnu comme une espèce intolérante

à l'ombre (Horton et Brown 1960, Martin et Gower 1996), est aussi capable de survivre à l'oppression pendant plusieurs décennies.

Les PIR dans la parcelle 16, dont le couvert est composé majoritairement de pin gris matures, étaient plus âgés, pour un même DHP, que ceux des autres parcelles de la pinède à pin rouge. On peut supposer que les conditions dans cette pinède à pin gris étaient moins propices à la croissance en diamètre du PIR que dans les autres parcelles.

Au départ, les pinèdes du site d'étude n'étaient pas des peuplements purs (dans lesquels la ST en PIB ou en PIR constitue plus de 75 % de la ST totale). Elles comportaient une proportion appréciable d'autres espèces. L'éclaircie commerciale, pratiquée en privilégiant le prélèvement des espèces compagnes comme le pin gris et les peupliers, a permis d'augmenter la proportion de PIR et de PIB dans les peuplements résiduels et de redistribuer la production annuelle en bois sur ces espèces cibles. Spurr et Allison (1956) ont noté que la mort du pin gris et des espèces comme le peuplier faux tremble, le bouleau à papier et l'épinette blanche permettait à la pinède à pin rouge de conserver une bonne production à des âges de plus de 100 ans. Dans notre étude, le VMB en PIR de bois d'œuvre (PIR<sub>23+</sub>) s'est reconstitué en seulement 10 ans après l'éclaircie dans les 5 parcelles de la pinède à pin rouge; dans 4 de celles-ci, il surpassait même de 25 à 32 m<sup>3</sup>/ha les valeurs avant l'éclaircie. Dans la pinède à pin blanc, le VMB en PIB de bois d'œuvre (PIB<sub>23+</sub>) s'est reconstitué en 10 ans dans 5 des 7 parcelles éclaircies; dans 4 de celles-ci, il surpassait de 14 à 30 m<sup>3</sup>/ha les valeurs avant l'éclaircie. Dans les 2 autres parcelles, le VMB restant à reconstituer est de moins de 10 m<sup>3</sup>/ha, ce qui devrait être comblé en l'espace de 1 à 2 ans. Ardenne (1950) a observé que pour un prélèvement de 40 % du volume en pieds mesure de planche (pmp), les pinèdes reconstituaient pratiquement leur volume initial en 10 ans.

Dans la pinède à pin blanc de ce site d'étude, les peupliers à grandes dents étaient nombreux. Ceux formant la canopée affichaient des âges estimés à plus de 100 ans et présentaient pour la plupart de la carie causée par le polypore du tremble (*Phellinus tremulae* [Bondartsev] Bondartsev et Borisov). Leur

prélèvement était donc souhaitable afin de maximiser la production de bois d'œuvre, d'autant plus que ces arbres étaient voués à une mort naturelle à court ou moyen terme. En accélérant la disparition des peupliers, l'éclaircie sélective des espèces a donc agi dans le même sens que l'évolution naturelle de ces peuplements. Par contre, le fait de prélever ces gros peupliers plutôt que de les laisser sur pied a privé ces peuplements d'une abondance de gros chicots, fort appréciés par la faune (Burke *et al.* 2011, Watt et Caceres 1999). En ce sens, ce prélèvement peut nuire à certaines populations animales associées aux pinèdes à pin blanc naturelles. Au moment de la coupe, et parce que le marché pour le peuplier était médiocre, plusieurs gros peupliers avaient été annelés et laissés sur pied plutôt que coupés. Ces gros individus laissés sur pied ont formé des chicots. Cependant, leur chute éventuelle cause de la mortalité et brise le houppier et le fût des arbres présents dans leur longue ligne de chute, ce qui a un effet négatif sur la production ligneuse du peuplement.

L'éclaircie réalisée dans ces pinèdes accélérera l'évolution de la composition du sous-étage, et pourrait mener à des conditions plus défavorables à l'installation et à la survie du PIB et du PIR lors de la coupe de régénération. En effet, la croissance en diamètre des petits PIB et PIR est faible comparativement à celle des autres espèces. Comme le recrutement en PIB et en PIR a été presque nul dans leur pinède respective, le sous-étage va se densifier, à la suite de l'ouverture du couvert, avec des espèces comme l'érable rouge, le sapin baumier, et même, le hêtre à grandes feuilles, dont des recrues étaient présentes dans chacune des parcelles de la pinède à pin blanc. Les petites tiges du hêtre à grandes feuilles affichaient les meilleures croissances en diamètre à la suite de l'éclaircie, et l'espèce ne présentait aucune mortalité 10 ans après la coupe. Dans la pinède à pin rouge, le PIB deviendra probablement abondant, puisque l'espèce a largement dominé le recrutement dans 3 des 5 parcelles et que ses tiges des petites classes de diamètre ont eu une meilleure croissance que celles du PIR dans le regroupement de  $ST_{APC}$  basse. Le PIB est reconnu pour sa régénération abondante dans les pinèdes à pin rouge (Horton et Bedell 1960). Spurr et Allison (1956) ont montré que les PIB qui se régénéraient dans la pinède à pin rouge devenaient éventuellement dominants et atteignaient de plus grosses dimensions que le PIR. Ainsi, les espèces comme le PIB, l'érable rouge et le hêtre à grandes feuilles vont vraisemblablement dominer progressivement le sous-étage. Dans la pinède à pin rouge, un choix

s'imposera entre laisser le PIB croître pour obtenir une pinède à pin blanc ou défavoriser le PIB et rétablir le PIR pour perpétuer la pinède à pin rouge.

Le regroupement des parcelles éclaircies selon des intervalles de surface terrière après la coupe a été réalisé *a posteriori*, parce que les valeurs anticipées de surface terrière résiduelle pour chacune des parcelles n'avaient pas été obtenues. Les parcelles n'ont donc pas été réparties au hasard dans les regroupements de surface terrière. Dans la pinède à pin blanc, les parcelles 05, 06, 08 et 09 (regroupement de  $ST_{APC}$  moyenne), étaient groupées dans l'espace et présentaient initialement, de même qu'après la coupe, une plus grande surface terrière en PIB que les 3 autres parcelles éclaircies (10, 12 et 15) appartenant au regroupement de  $ST_{APC}$  basse. De plus, les parcelles 10 et 12 présentaient une composition un peu différente des autres, avec davantage de feuillus durs, et se situaient à la jonction de 2 types de dépôt de surface. Ces particularités pourraient influencer les comparaisons de la croissance et du rendement des arbres dans les regroupements de  $ST_{APC}$  basse et de  $ST_{APC}$  moyenne.

La croissance en diamètre des PIB et des PIR varie selon le DHP des arbres et la densité résiduelle du peuplement. Alors que la croissance en diamètre plafonne assez rapidement pour les PIR, elle ne cesse d'augmenter pour les PIB, au moins jusqu'à des DHP de l'ordre de 50 cm. De plus, même si les perches de PIR montrent un meilleur taux de production que celles de PIB, le PIB montre un taux de production comparable ou plus élevé pour les tiges de dimension de bois d'œuvre. Cette distinction entre ces 2 espèces de pin influencera vraisemblablement la production des 2 pinèdes dans le temps. Ainsi, dans la pinède à pin blanc, la production du PIB devrait se maintenir à plus long terme, avec l'augmentation du diamètre des PIB. On peut s'attendre à l'inverse dans la pinède à pin rouge, puisque la production du PIR devrait diminuer progressivement. De plus, compte tenu de l'absence presque totale de recrutement en PIR, la structure diamétrale du PIR évoluera à cause de la raréfaction des petits PIR par rapport aux plus gros. En conséquence, plus les PIR grossiront, moins la production devrait être élevée pour une même surface terrière du peuplement. Spurr et Allison (1956) ont montré que le taux de croissance en surface terrière du PIR est maximal à des DHP de 20 à 25 cm, et qu'il diminue avec l'augmentation du DHP dans des pinèdes à pin rouge de plus de 100 ans. Pour maximiser la production à long terme de la pinède à pin rouge de cette forêt, il semble souhaitable de ne pas laisser croître le

PIR à de trop gros diamètres, et de régénérer ces peuplements dans quelques décennies. À l'inverse, dans la pinède à pin blanc, il paraît souhaitable de laisser le PIB grossir et d'effectuer d'autres coupes d'éclaircie avant de régénérer les peuplements. D'ailleurs, Spurr et Allison (1956) ont noté qu'après une centaine d'années, des PIB établis dans des pinèdes à pin rouge devenaient plus vigoureux et croissaient mieux que des PIR.

Si l'on veut maintenir en croissance les PIB pendant longtemps, il faudra s'assurer que les individus retenus ne présentent pas de signes de la présence du champignon *Porodaedalea pini* (Brotero : Fries) Murrill. Le PIB est particulièrement susceptible à ce champignon de carie, qui peut profiter des dommages causés sur les jeunes arbres par le charançon du pin blanc (*Pissodes strobi* [Peck]) pour infecter ceux-ci (Ostrander et Foster 1957). La carie causée par ce champignon se développe lentement et irrégulièrement dans le tronc, et le risque de carie augmente avec l'âge du PIB (Haddow 1938). Sur le tronc, la présence de nœuds renflés, desquels dégouline une résine fraîche, indique presque invariablement sa présence. Dès ce stade, une coloration et possiblement de la carie entachent la qualité du bois. La détection de la présence de ce champignon de carie n'a pas été réalisée systématiquement lors des mesurages. Cependant, près de 14 % des PIB présentaient de la carie à 1,3 m du sol avant la coupe, ce qui laisse supposer que *P. pini* était probablement bien présent, surtout chez les PIB de petits diamètres (DHP 14–29 cm). Comme l'âge du PIB varie beaucoup dans ces classes de DHP (de 48 à 114 ans chez les arbres échantillonnés), il y a fort à parier que les PIB cariés étaient parmi les plus âgés.

La croissance décennale en diamètre du PIR et du PIB montre une grande variation (de 0 à plus de 8 et de 10 cm, respectivement). L'étendue de variation augmente après l'éclaircie, puisque les ouvertures créées dans le couvert forestier permettent à certaines tiges de croître davantage alors que d'autres, peu ou pas dégagées, continuent de croître lentement. Cette grande variation peut limiter la détection de différences significatives entre les traitements, en particulier si le nombre de répétitions (parcelles) est faible, comme dans notre étude. L'illustration de la fréquence cumulative d'accroissement en diamètre par classe de DHP a permis d'apprécier les différences de croissance entre les traitements en quantifiant la proportion de pins qui présentaient des accroissements à un seuil donné. Elle a aussi permis de connaître les valeurs minimales et maximales d'accroissement selon les traitements. Par exemple, plus du double des PIB de

la classe de DHP de 29–34 cm ont eu des accroissements de 5 cm et plus dans le regroupement de  $ST_{APC}$  basse, comparativement au regroupement de  $ST_{APC}$  moyenne. De plus, les PIB du Témoin ont montré des accroissements maximaux inférieurs à ceux des regroupements de  $ST_{APC}$  moyenne et de  $ST_{APC}$  basse. Les PIB comme les PIR ont réagi à l'ouverture du couvert et à l'ampleur de cette ouverture. Même les gros PIB dominants éclaircis ont montré de meilleures croissances moyennes en diamètre et de plus forts accroissements maximaux que ceux des parcelles témoins. Bebbler *et al.* (2004) ont aussi montré que des gros PIB âgés laissés sur pied après des coupes partielles réagissaient à l'éclaircie. Ils ont observé des augmentations de croissance jusqu'à 63 %, 8 ans après la coupe, par rapport à des peuplements non coupés.

Les peupliers ont influencé la croissance en diamètre passée des PIB, de sorte qu'après une centaine d'années, le diamètre moyen des PIB diminuait en fonction de la proportion de peupliers dans les parcelles. Cela peut s'expliquer entre autres par la quantité de lumière reçue par les jeunes PIB en présence de peupliers. Dans un jeune peuplement de PIB et de peupliers, la régénération en PIB est rapidement dominée par les peupliers dont la croissance est plus rapide; le PIB pousse alors sous le couvert des feuillus. Par contre, lorsque la régénération en PIB n'est pas accompagnée de peupliers ou d'autres espèces à croissance rapide, elle pousse en pleine lumière et forme rapidement le couvert forestier. Buckman et Lundgren (1962), dans une série d'éclaircies visant à mesurer la croissance des PIB après la réduction du couvert de peupliers et de bouleaux dans un jeune peuplement, ont montré que la croissance en diamètre du PIB avait augmenté de façon inversement proportionnelle à la quantité de feuillus intolérants laissés sur pied. Dans notre étude, la croissance en diamètre du PIB après 10 ans semble peu influencée par la proportion de peupliers. Au contraire, la croissance moyenne des PIB de certaines classes de DHP a été un peu plus forte dans la parcelle comportant la plus forte proportion de peupliers. Cette absence d'influence actuelle des peupliers sur la croissance en diamètre des PIB peut être due à la sénescence des peupliers et au stade de développement du peuplement. Les PIB dominants et codominants n'étant plus sous le couvert des peupliers comme auparavant, ils ont maintenant accès à la pleine lumière. De plus, la compétition pour la lumière est probablement réduite maintenant en présence des peupliers. En effet, leur houppier est devenu plus clairsemé, et leur taux élevé de mortalité a créé de nombreuses trouées dans le couvert, ce qui procure davantage de lumière aux arbres voisins.

Dans la pinède à pin rouge, la parcelle 16 est différente des autres. Avant la coupe, elle avait une composition différente, avec une ST en pin gris 2 fois plus grande qu'en PIR, ce qui la classait initialement comme une pinède à pin gris avec pin rouge. C'est dans cette parcelle que nous avons observé la plus forte  $PROD_{brute}$  (7,4 m<sup>2</sup>/ha), mais aussi, la MORT la plus élevée (2,1 m<sup>2</sup>/ha, soit près du double de celle des autres parcelles), de sorte que sa  $PROD_{nette}$  rejoignait celle observée dans les parcelles du regroupement de  $ST_{APC}$  moyenne. La mortalité importante dans la parcelle 16 a été causée par l'abondance de sapins baumiers (0,8 m<sup>2</sup>/ha) plus grande que dans les autres parcelles (de 0,06 à 0,15 m<sup>2</sup>/ha) ainsi que par l'abondance de gros pins gris; ces 2 espèces ont eu de fortes MORT 10 ans après la coupe. Si l'abondance de ces espèces avait été semblable à celle dans les autres parcelles, la  $PROD_{nette}$  de la parcelle 16 aurait été la plus élevée de celles dans la pinède à pin rouge. Cependant, la croissance et le rendement dans la parcelle 16 n'ont pas été comparés à celles dans les autres parcelles, en raison de différences de structure diamétrale. En effet, comme la grosseur des PIR dominants de la parcelle 16 correspondait à celle des PIR codominants ou même intermédiaires dans les autres parcelles, une comparaison de la croissance en diamètre par classe de DHP aurait entraîné un biais positif en faveur de la parcelle 16. Ainsi, pour un même DHP, les PIR de la parcelle 16 étaient plus exposés à la lumière, tant à cause de la  $ST_{APC}$  très basse que de leur position sociale différente. La présence de PIR de plus petits diamètres dans cette parcelle entraîne un biais positif du rendement en fonction de la  $ST_{APC}$ . En effet, comme les petits PIR ont une production plus grande par unité de ST que les plus gros, la SURV est biaisée positivement dans la parcelle 16, comparativement aux autres.

Dans les 2 types de pinèdes, la mortalité 10 ans après la coupe varie autour de 20 % pour la plus petite classe de DHP et diminue graduellement en fonction du DHP. Dans la pinède à pin blanc, la mortalité est significativement plus faible dans les parcelles éclaircies que dans les parcelles témoins, sauf pour les 2 plus petites classes de DHP. Cette mortalité accrue des petites tiges, 10 ans après la coupe, est probablement le résultat des blessures d'exploitation lors de la coupe. Les espèces ayant la plus forte mortalité étaient le pin gris, le sapin baumier, le bouleau à papier et le peuplier faux-tremble. La mortalité du pin gris a vraisemblablement été causée par sa maturité avancée (Brown 1994b) puisque près de la moitié des tiges sont mortes, peu importe la classe de DHP. La mortalité du sapin baumier a été particulièrement importante dans la parcelle 16, fortement éclaircie,

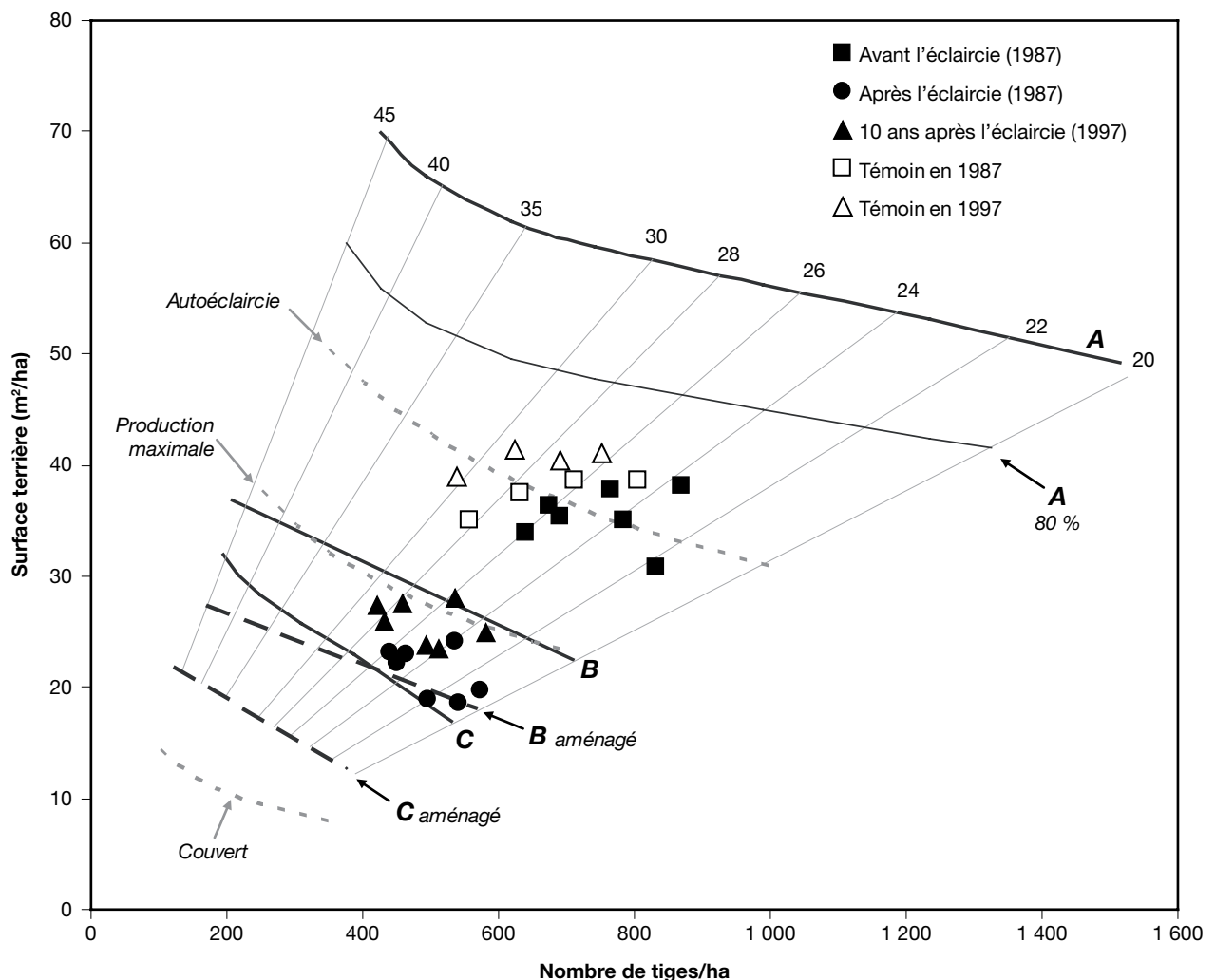
et où il était fortement représenté. Même si le DHP des sapins ne dépassait pas 24 cm, la mortalité a progressé en fonction du DHP, montrant ainsi que les gros sapins baumiers risquent plus de mourir que les plus petits. Comme cette étude n'a pas permis de distinguer si la mort est survenue par chablis ou si les arbres sont morts sur pied, on ne peut déduire la cause de la mort de ces gros sapins baumiers. Pour le bouleau à papier et le peuplier faux-tremble, la mortalité a davantage affecté les petites tiges (DHP de 9–14 cm), comme cela a été observé pour le PIR et le PIB.

Il existe dans la littérature des diagrammes de densité pour gérer la production des peuplements purs et réguliers en fonction de leur densité (Erdmann *et al.* 1987, McGill *et al.* 1991, Tubbs 1977, etc.). Même si les parcelles des pinèdes étudiées ne présentent pas une structure diamétrale régulière ni une composition monospécifique, il est intéressant de connaître leur position sur de tels diagrammes avant, après et 10 ans après l'éclaircie. Pour le PIR, il existe le diagramme de Smith et Woods (1997) défini à partir de données provenant de l'Ontario, des provinces de l'est du Canada et du nord des États-Unis. Pour le PIB, il existe le diagramme de Smith et Woods (1997) et celui de Leak et Lamson (1999) élaboré en partie à partir de celui de Philbrook *et al.* (1973) et basé sur les données de Frothingham (1914) au New Hampshire.

La figure 62 montre un diagramme de densité pour les peuplements purs de PIB. Il intègre les seuils A (densité maximale), B (densité optimale) et C (densité minimale) définis dans Leak et Lamson (1999), de même que les seuils d'autoéclaircie, de production maximale et de couvert définis dans Smith et Woods (1997).

D'après les seuils de Leak et Lamson (1999), les parcelles de la pinède à pin blanc se situaient, avant l'éclaircie, à mi-chemin entre la densité maximale et la densité optimale (Figure 62). Selon Philbrook *et al.* (1973), l'éclaircie était nécessaire. Juste après cette coupe, les parcelles se sont retrouvées entre la densité minimale d'occupation (Ligne B) et la densité minimale d'aménagement (Ligne C), mais généralement plus près de cette dernière. Selon le diagramme, l'éclaircie aurait été trop forte pour permettre d'obtenir une production maximale. Après 10 ans de croissance, la majorité des parcelles se situaient encore sous la ligne B.

Toujours sur la figure 62, les seuils de Smith et Woods (1997) montrent qu'avant la coupe, les parcelles de la pinède à pin blanc se situaient près de la ligne d'autoéclaircie, c'est-à-dire qu'elles avaient une densité trop élevée qui risquait d'induire



**Figure 62.** Positionnement des parcelles de la pinède à pin blanc sur un diagramme de densité regroupant les seuils de Leak et Lamson (1999) (lignes noires, pleines et tiretées) et ceux de Smith et Woods (1997) (lignes grises pointillées). Les isolignes radiantes et pentées, numérotées de 20 à 45, correspondent aux valeurs de DHP moyen quadratique.

de la mortalité. Cela semble correspondre aux observations faites dans les 4 parcelles témoins, dans lesquelles on a observé, sur une période de 10 ans, une mortalité plus élevée que dans les parcelles éclaircies. Juste après la coupe, les parcelles éclaircies se sont retrouvées bien en dessous de la ligne de production maximale. Selon ce diagramme de densité, l'éclaircie aurait donc été trop forte pour permettre d'obtenir une production maximale. Idéalement, les parcelles auraient dû se situer un peu au-dessus de ce seuil. Après 10 ans de croissance, la majorité des parcelles se situaient encore sous la ligne de production maximale.

Selon ces seuils, les parcelles auraient été éclaircies un peu trop fortement pour permettre un rendement maximal. Des densités de l'ordre de 25 à 30 m<sup>2</sup>/ha auraient permis d'obtenir de meilleurs rendements. Quoique ces valeurs n'aient pas été

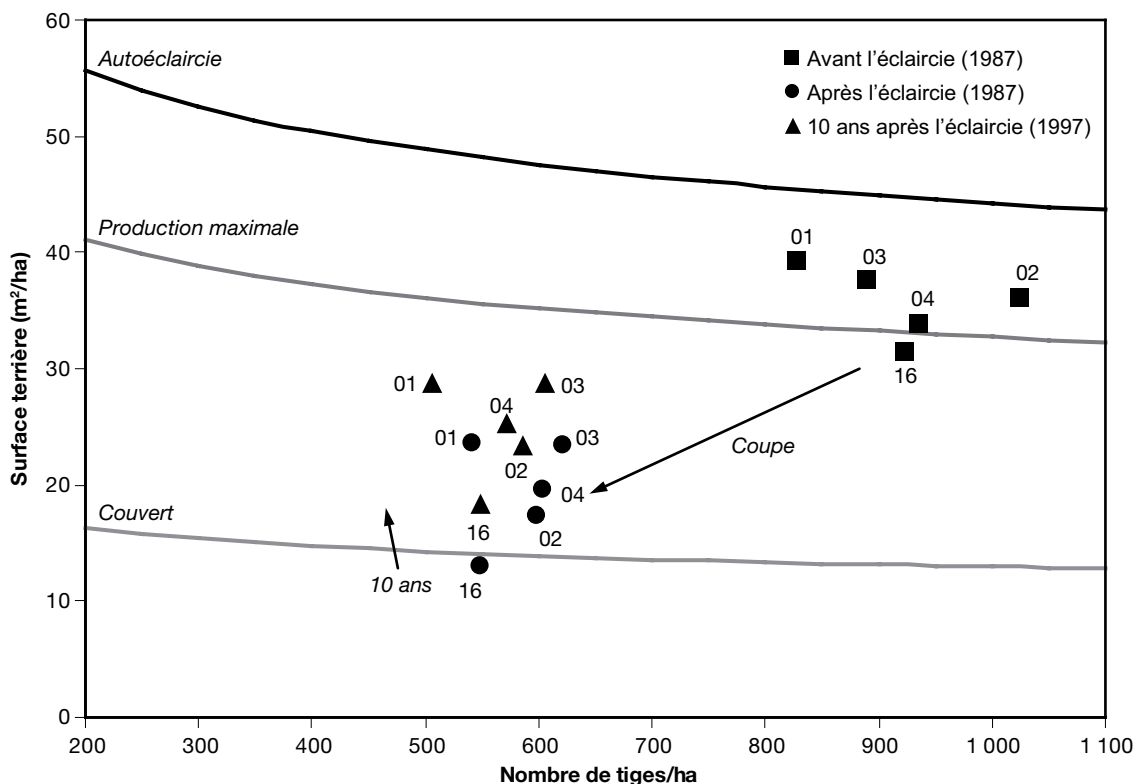
évaluées dans notre étude, nos simulations portent à croire qu'une densité résiduelle de 19 m<sup>2</sup>/ha procurerait un meilleur rendement en PIB que des densités de 37 m<sup>2</sup>/ha ou de 23 m<sup>2</sup>/ha. Cependant, il faut savoir que les seuils de densité A, B et C définis dans Leak et Lamson (1999) s'appliquent à des peuplements purs et réguliers de PIB, donc à des tiges appartenant au couvert forestier (Philbrook *et al.* 1973). Ces conditions ne reflètent pas celles de nos parcelles, puisque la structure du peuplement est irrégulière; de ce fait, de nombreux PIB ne font pas partie du couvert forestier. De plus, la composition renferme une proportion plus ou moins importante d'espèces autres que le PIB. Il se peut aussi que les houppiers des PIB dans des forêts irrégulières comme celles de notre étude soient plus développés que ceux des arbres croissant en peuplements réguliers, et qu'ils ressemblent davantage à ceux des peuplements aménagés.

Dans ce cas, nos parcelles n'auraient pas été trop éclaircies, car elles se situeraient entre la ligne de densité optimale des peuplements aménagés (Ligne B aménagé) et celle des peuplements non aménagés (Ligne B, figure 62). De leur côté, Smith et Woods (1997) mentionnent que leur diagramme de densité est approprié pour des peuplements de PIB purs et à structure équiennne (80 % et plus de la ST en PIB), et que leurs calculs incluent toutes les tiges de DHP  $\geq 2,54$  cm. Si notre étude avait inclus une partie des gaules, nos parcelles se seraient positionnées plus à gauche sur le diagramme de densité. Le résultat aurait mieux respecté les seuils d'autoéclaircie et de production maximale. Comme l'ont mentionné Seymour et Smith (1987), il importe de tenir compte également de la hauteur du peuplement pour définir ces seuils. Les seuils définis par ces auteurs semblent mieux s'appliquer aux conditions de plantation, dans lesquelles les tiges sont réparties également et où les caractéristiques dendrométriques (âge, DHP, hauteur) sont plus uniformes qu'en peuplement naturel. De plus, ces auteurs ont calculé le seuil maximal absolu (non présenté dans la figure 62), soit celui du volume maximal possible pour une densité donnée; les autres seuils, fixés par rapport à ce seuil absolu, ont été empruntés de Langsæter (1941). Smith et Woods (1997) mentionnent également que leur diagramme de densité est mieux adapté aux éclaircies par le

bas qu'aux éclaircies par le haut (Leak 1982, 1986, 2003). Seymour et Smith (1987) discutent d'ailleurs des imperfections dans l'élaboration et l'utilisation des diagrammes de densité.

Smith et Woods (1997) ont construit, à partir de leurs équations, un diagramme pour la gestion de la densité des peuplements réguliers et purs de PIR (Figure 63). Même si nos parcelles ne correspondaient pas parfaitement aux critères de ces auteurs, puisqu'elles étaient composées de 34 à 77 % de PIR et qu'elles avaient une structure diamétrale irrégulière, leur positionnement sur ce diagramme de densité demeure révélateur. Avant la coupe, nos parcelles (sauf la parcelle 16) se situaient dans la zone d'autoéclaircie, ce qui indique une trop forte densité qui aurait pu entraîner de la mortalité dans plusieurs cas. Après l'éclaircie, les parcelles se sont retrouvées sous le seuil de production maximale; 10 ans plus tard, c'était toujours le cas. Selon ce diagramme de densité, l'éclaircie pratiquée dans cette pinède à pin rouge aurait donc été trop forte.

Les rendements d'un traitement sylvicole commercial sont généralement présentés pour l'ensemble des tiges marchandes (9+). Or, comme le PIR et le PIB sont peu ou pas utilisés pour la production de pâte au Québec, le DHP marchand minimal pour ces espèces correspond à celui des tiges



**Figure 63.** Positionnement des parcelles de la pinède à pin rouge sur un diagramme de densité adapté de Smith et Woods (1997). Les chiffres à côté des symboles indiquent les numéros des parcelles.

comportant au moins une bille de bois d'œuvre de qualité I (longueur : 2,50 m; diamètre sans écorce : 19,1 cm au fin bout, Lemieux 2011). Ce DHP a été défini dans la présente étude comme celui des tiges 23+, comme pour le classement des tiges des feuillus sur pied (Monger 2004). Le rendement des pins de dimension de bois d'œuvre est supérieur à celui des pins 9+, principalement à cause du REC important exprimé en ST ou en volume et de la très faible MORT des tiges 23+. Le REC est donc une variable importante du rendement en tiges de bois d'œuvre. Il est fortement influencé par la structure diamétrale du peuplement, qui détermine la quantité de tiges disponibles pour devenir recrues, ainsi que par la  $ST_{APC}$  totale, qui détermine la proportion de ces tiges qui deviendront des recrues. Ce REC est un peu plus important pour le PIR dans la pinède à pin rouge (tiges recrutées à partir de la classe de DHP de 16 cm) que pour le PIB dans la pinède à pin blanc (tiges recrutées à partir de la classe de DHP de 18 cm). Pour les 2 types de pinèdes étudiés, on trouve en moyenne  $93 \pm 37$  tiges/ha de PIR ou de PIB dont le DHP est compris entre 15,1 et 23,0 cm. Cette grande disponibilité de PIR ou de PIB pour le recrutement de tiges de dimension de bois d'œuvre explique en grande partie pourquoi le rendement en bois d'œuvre est plus grand que celui en  $PIR_{9+}$  ou  $PIB_{9+}$ .

Dans la pinède à pin blanc étudiée, les simulations portent à croire que la  $PROD_{nette}$  et la  $SURV$  des  $PIB_{23+}$  sont moindres après une éclaircie à 23 m<sup>2</sup>/ha qu'après une éclaircie à 19 m<sup>2</sup>/ha ou que dans la forêt non-éclaircie à 37,5 m<sup>2</sup>/ha, avec un léger avantage en faveur du second scénario. Cet avantage est essentiellement associé au REC et implique que la différence serait moins grande dans un peuplement présentant moins de perches (c'est-à-dire de recrues potentielles). Pour la production de bois de qualité, il semble aussi souhaitable de pratiquer une éclaircie à 19 m<sup>2</sup>/ha qu'à 23 m<sup>2</sup>/ha ou de laisser croître le peuplement. D'une part, une éclaircie qui réduit davantage la surface terrière résiduelle permet de récolter un plus grand volume de bois, ce qui améliore la rentabilité des opérations forestières. D'autre part, elle augmente la production en PIB de qualité, puisque le prélèvement des PIB défectueux augmente la proportion des PIB de qualité dans le peuplement éclairci. De plus, les PIB résiduels croissent davantage après une éclaircie laissant une plus faible densité, ce qui permet d'obtenir une plus grande proportion de tiges qui satisfont les dimensions minimales de la meilleure classe de qualité de billes (DHP > 40 cm). Par ailleurs, les branches mortes perdurent pendant des dizaines d'années sur le fût (Horton et Bedell 1960) et produisent des nœuds « noirs » ou lâches

qui déclassent considérablement la qualité des sciages comparativement aux nœuds sains produits par les branches vivantes. Ainsi, la persistance de branches vivantes dans les peuplements éclaircis, due à l'apport accru de lumière, augmentera la valeur de la production de bois (Smith et Seymour 1986). L'éclaircie à 19 m<sup>2</sup>/ha ne semble pas représenter un seuil minimal, puisque certains auteurs recommandent même de viser des densités plus faibles pour une meilleure rentabilité (Page et Smith 1994, Seymour 2007).

Peu d'études publiées portent sur le rendement obtenu après des éclaircies commerciales effectuées dans des pinèdes âgées de 70 ans et plus, et de surcroît, de structure irrégulière, comme celles faisant l'objet de notre étude. En Ontario, Anderson *et al.* (1984) ont obtenu des résultats semblables aux nôtres, 25 ans après une éclaircie dans une pinède pure à pin blanc et pin rouge de 80-90 ans. La  $PROD_{nette}$  a été maximale à des  $ST_{APC}$  variant de 18 à 20 m<sup>2</sup>/ha et a diminué pour les  $ST_{APC}$  de 25 m<sup>2</sup>/ha et plus; les valeurs rapportées de  $PROD_{nette}$  sont très semblables aux nôtres. Ces auteurs suggèrent que des objectifs de  $ST_{APC}$  de 16 à 18 m<sup>2</sup>/ha sont raisonnables pour une pinède à pin blanc âgée de 80 à 90 ans. Toujours en Ontario, à la forêt d'expérimentation de Petawawa, dans une pinède à pin blanc et à pin rouge de 60 ans avec un indice de qualité de station de 16,2 m à 50 ans, Smithers (1954) a observé une diminution de la  $PROD_{nette}$  avec l'augmentation de la  $ST_{APC}$  de 18,5 à 36,1 m<sup>2</sup>/ha, 10 ans après éclaircie (projet P203). Par contre, au Minnesota, Anderson *et al.* (2002) ont obtenu des résultats contraires aux nôtres dans une pinède à pin blanc pure de 80 ans : la  $PROD_{nette}$  a augmenté en fonction de la  $ST_{APC}$  et a été plus forte que dans notre étude, avec des valeurs moyennes sur 10 ans estimées à 6,3 et 6,8 m<sup>2</sup>/ha pour des  $ST_{APC}$  de 18,4 et de 23,0 m<sup>2</sup>/ha, respectivement (valeurs estimées en ne tenant pas compte de la deuxième éclaircie). Au Maine, pour une plantation de pin blanc âgée de 42 ans, Guiterman *et al.* (2012) ont obtenu des valeurs de  $PROD_{nette}$  de 6,0, 6,5 et 7,1 m<sup>2</sup>/ha, 10 ans après coupe, pour des  $ST_{APC}$  de 45,7 (témoin), 20,2 et 12,7 m<sup>2</sup>/ha, respectivement. Même si les différences de production exprimées en volume entre ces 3  $ST_{APC}$  n'étaient pas significatives, et même si aucun test statistique n'a été présenté pour les productions en surface terrière, ces résultats semblent montrer que la  $PROD_{nette}$  en surface terrière tend à augmenter lorsque la  $ST_{APC}$  diminue. Pour des plantations de PIB dans l'État de New York, Heiberg (1953) propose d'établir des objectifs de ST selon la qualité de station : de 27,5 à 32 m<sup>2</sup>/ha pour les stations riches et de 18,5 à 23 m<sup>2</sup>/ha pour les stations pauvres.

Contrairement à ce que l'on observe pour le PIB, les simulations montrent des rendements similaires en  $PIR_{23+}$  pour des éclaircies à 18,5 et 23,5 m<sup>2</sup>/ha. En effet, le REC est comparable pour ces 2  $ST_{APC}$ . La SURV légèrement plus élevée à 23,5 m<sup>2</sup>/ha est compensée par une MORT légèrement plus élevée elle aussi. Le REC est une variable importante pour estimer le rendement en  $PIR_{23+}$ . En effet, de meilleurs rendements sont anticipés lorsque la proportion de perches, et plus particulièrement celle des arbres de DHP > 15 cm, est grande. Avec une proportion de la  $ST_{APC}$  en PIR de 80 %, une différence de 0,1 dans le rapport  $ST_{PIR_{23+}}/ST_{PIR_{9+}}$  amène une différence de rendement d'environ 0,6 m<sup>2</sup>/ha, en raison de la forte croissance en diamètre des  $PIR_{9+}$  comparativement à celle des  $PIR_{23+}$ . Toutefois, comme une portion appréciable du rendement devient alors composée de  $PIR_{23+}$  de petites dimensions, il serait préférable d'attendre plusieurs décennies avant de pratiquer une coupe finale, afin de laisser le temps aux petites tiges de croître pour atteindre les dimensions de billes de meilleures qualités.

De façon générale, pour les pinèdes à pin rouge dans lequel le couvert est fermé (peuplements âgés de plus de 25 ans), la  $ST_{APC}$  influence peu la  $PROD_{nette}$  en surface terrière (Buckman 1962, Buckman *et al.* 2006). La modélisation du rendement en surface terrière de Buckmann *et al.* (2006) montre que la production augmenterait légèrement mais constamment avec la surface terrière du peuplement, alors que pour Buckman (1962), une production maximale serait atteinte avec une surface terrière d'environ 29 m<sup>2</sup>/ha. Ainsi, pour un indice de qualité de station de 18,3 m à 50 ans et pour un âge de 80 ans, des valeurs de  $PROD_{nette}$  de 0,74, 0,79 et 0,77 m<sup>2</sup>/ha sont calculées sur une base annuelle pour des  $ST_{APC}$  de 20,7, 27,6 et 32,1 m<sup>2</sup>/ha, respectivement. Cela correspond à un écart maximal de 6,1 % par rapport à la valeur maximale (Buckman 1962). Dans une pinède à pin rouge naturelle âgée de 113 ans au Minnesota, Spurr et Allison (1956) ont observé les plus fortes valeurs de  $PROD_{nette}$  sur 20 ans dans les sous-parcelles avec des  $ST_{APC}$  de 20 à 27 m<sup>2</sup>/ha. Par contraste, pour les parcelles avec des  $ST_{APC}$  plus grandes (jusqu'à 43,6 m<sup>2</sup>/ha), la  $PROD_{nette}$  était légèrement plus faible; pour les parcelles avec une  $ST_{APC}$

plus basse (12,5 m<sup>2</sup>/ha), la  $PROD_{nette}$  était fortement diminuée. Benzie (1977) recommande de laisser une  $ST_{APC}$  d'environ 21 m<sup>2</sup>/ha dans des pinèdes à pin rouge où les arbres ont un DHP moyen de 13 à 23 cm, et de laisser une  $ST_{APC}$  d'environ 27,5 m<sup>2</sup>/ha dans celles où le DHP moyen des arbres varie de 23 à 38 cm.

Dix ans après la coupe, la pinède à pin rouge montre un meilleur rendement que la pinède à pin blanc, et ce, autant pour l'ensemble des tiges marchandes (9+) que celles de dimension de bois d'œuvre (23+). L'écart moyen de rendement est plus grand pour les tiges 23+ (1,6 m<sup>2</sup>/ha) que pour les tiges 9+ (1,0 m<sup>2</sup>/ha). Pour les tiges 9+, cet avantage est lié à la SURV, du fait que le taux de production des tiges de petits diamètres (perches) est beaucoup plus élevé chez le PIR que chez le PIB. Pour les tiges 23+, le taux de production devient égal et même inférieur à celui du PIB, ce qui ne procure aucun avantage aux tiges 23+ en ce qui concerne la SURV. L'avantage provient alors du REC, du fait que les PIR de DHP de 15,1 à 23,0 cm, qui représentent les tiges disponibles pour le REC, croissent davantage en diamètre que les PIB de même dimension. Au final, le peuplement compte une plus grande proportion de recrues de PIR que de PIB, de même que des recrues de plus grandes dimensions. Il en résulte un REC en ST plus grand pour le PIR que pour le PIB. Par ailleurs, plus la proportion de perches de pins est grande dans le peuplement, plus l'écart de rendement en faveur de la pinède à pin rouge sera grand, par rapport à la pinède à pin blanc.

Si le rendement obtenu 10 ans après la coupe se maintient pendant encore 15 ans pour le regroupement de  $ST_{APC}$  basse, les simulations prévoient une augmentation de la ST en  $PIR_{23+}$  ou en  $PIB_{23+}$  de plus de 12 m<sup>2</sup>/ha 25 ans après l'éclaircie, pour une composition en PIR ou en PIB égale à 80 % de la ST totale. Cela se traduira par une ST totale d'environ 30 m<sup>2</sup>/ha, et une ST en  $PIR_{23+}$  ou en  $PIB_{23+}$  de près de 26 m<sup>2</sup>/ha. Une seconde éclaircie, qui ramènerait la ST totale à 18 m<sup>2</sup>/ha, prélèverait un VMB d'environ 90 m<sup>3</sup>/ha en  $PIR_{23+}$  ou en  $PIB_{23+}$ .

## Conclusion et recommandations

Pour maximiser la production de bois d'œuvre de PIR ou de PIB dans des pinèdes à pin rouge ou à pin blanc de structure irrégulière et présentant une certaine proportion d'espèces compagnes, nous recommandons de laisser une  $ST$  résiduelle totale d'environ  $18 \text{ m}^2/\text{ha}$  après l'éclaircie. Avec des proportions en pins représentant 80 % de la  $ST$  totale ( $14,4 \text{ m}^2/\text{ha}$ ) ainsi qu'un rapport de  $ST_{APC}$  en pins  $23+/9+$  de 0,8, une telle  $ST_{APC}$  permettrait d'anticiper des rendements en tiges de dimension de bois d'œuvre de l'ordre de  $5,4 \text{ m}^2/\text{ha}$  pour le PIR et de  $5,0 \text{ m}^2/\text{ha}$  pour le PIB, 10 ans après l'éclaircie. Bien sûr, pour ces 2 types de pinèdes, le rendement réel variera selon la proportion de pins dans les peuplements. Dans la pinède à pin rouge, il dépendra aussi de la proportion de PIR de  $DHP < 23,0 \text{ cm}$ , puisque le rendement sera augmenté par un recrutement accru de  $PIR_{23+}$ . Cependant, ce rendement accru sera attribuable à des PIR dont le diamètre se situera à la limite inférieure des classes de bois d'œuvre, donc potentiellement de faible qualité.

Par rapport à une éclaircie laissant une surface résiduelle plus grande, une éclaircie laissant une  $ST_{APC}$  de  $18 \text{ m}^2/\text{ha}$  permet de récolter davantage de volume, d'améliorer davantage la composition du peuplement résiduel en espèces désirées et en arbres de qualité et de produire plus de gros pins avec moins de nœuds lâches. De plus, la croissance des tiges demeurera plus rapide pendant plus longtemps, et la mortalité sera moins élevée dans le temps que si la  $ST_{APC}$  était plus grande. Ainsi, lors de la prochaine coupe, le volume devrait augmenter et la qualité du bois récolté sera vraisemblablement meilleure.

La structure et la composition initiales de ces pinèdes ont influencé les rendements obtenus. Comme ces peuplements présentaient une structure irrégulière et une composante importante en espèces compagnes autres que les pins, une forte éclaircie a favorisé la production de ceux-ci. En

effet, cette coupe a permis d'enlever une proportion des tiges d'espèces autres que les pins, et ainsi, d'augmenter considérablement la proportion de pins dans le peuplement résiduel. Elle a aussi permis de favoriser le recrutement en pins de dimension de bois d'œuvre, étant donné la présence d'un bassin important en perches de pins. Pour des pinèdes qui présenteraient au départ une composante plus forte de pins et une structure plus régulière, comme dans le cas de plantations, une  $ST_{APC}$  de  $18 \text{ m}^2/\text{ha}$  ne procurerait peut-être pas un meilleur rendement que des  $ST_{APC}$  plus grandes ( $25 \text{ m}^2/\text{ha}$ ). En effet, dans un tel cas, la proportion en pins augmenterait peu à la suite d'une forte éclaircie, et le recrutement en pins de dimension de bois d'œuvre serait faible.

Pour le PIR, le rendement devrait diminuer dans le temps avec l'augmentation en diamètre des tiges. En revanche, pour le PIB, le rendement devrait se maintenir ou diminuer lentement, car le taux de production en surface terrière diffère selon la grosseur des tiges. Pour le PIR, les meilleurs taux de production ont été obtenus pour les perches, et les taux diminuent rapidement en fonction de la grosseur des PIR. Au contraire, pour le PIB, les meilleurs taux de production étaient associés aux  $DHP$  de  $35 \text{ cm}$ , et diminuaient peu chez les PIB plus gros. Pour ces raisons, il semble souhaitable de ne pas chercher à obtenir une majorité de tiges de gros diamètres ( $45\text{--}50 \text{ cm}$ ) avec le PIR avant de procéder à la coupe de régénération. Pour le PIB, il semble souhaitable d'atteindre ces diamètres et même davantage; cela nuira peu à la production, et la valeur des PIB s'en trouvera bonifiée par l'augmentation de leur dimension et du volume de bois exempt de nœuds, pour autant que les PIB laissés sur pied développent peu de carie à la longue. Ardenne (1950) mentionne d'ailleurs que l'accroissement moyen annuel maximal est atteint plus tôt dans les pinèdes à pin rouge (vers  $100\text{--}110$  ans), comparativement aux pinèdes à pin blanc ( $130\text{--}150$  ans).



## Références bibliographiques

- Anderson, P.D., J.C. Zasada, G.W. Erickson et Z.A. Zasada, 2002. *Thinning in mature eastern white pine: 43-year case study*. For. Chron. 78: 539–549.
- Andison, D., P. Roebbelen et A.F. Beckwith, 1984. *Initial thinning in a semi-mature white and red pine stand*. Ontario Ministry of Natural Resources, Forest Research Note n° 35. 4 p.
- Ardenne, M., 1950. *Growth of second growth red and white pine in southeastern Ontario*. Ontario Department of Lands and Forests. Toronto, ON. Research Report n° 18. 13 p.
- Bebber, D.P., S.C. Thomas, W.G. Cole et D. Balsillie, 2004. *Diameter increment in mature eastern white pine Pinus strobus L.* Trees 18: 29–34.
- Benzie, J.W., 1977. *Manager's handbook for red pine in the north central states*. U.S.D.A. Forest Service, North Central Forest Experiment Station. St-Paul, MN (États-Unis). General Technical Report NC–33. 22 p. [[www.ncrs.fs.fed.us/pubs/viewpub.asp?key=98](http://www.ncrs.fs.fed.us/pubs/viewpub.asp?key=98)].
- Brown, J.-L., 1994a. *White pine management in the Ottawa River area of Quebec*. For. Chron. 70(4): 437–441.
- Brown, J.-L., 1994b. *Essais de différentes intensités d'éclaircie dans des pinèdes d'âges multiples situées dans la forêt d'expérimentation du Ruisseau-de-l'Indien, circonscription de Pontiac, Québec*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Mémoire de recherche forestière n° 110. 249 p. [[www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Divers/Memoire110.pdf](http://www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Divers/Memoire110.pdf)].
- Buckman, R.E., 1962. *Growth and yield of red pine in Minnesota*. U.S.D.A. Forest Service, Lake States Forest Experiment Station. St-Paul, MN (États-Unis). Tech. Bull. n° 1272. 50 p.
- Buckman, R.E. et A.L. Lundgren, 1962. *Three pine release experiments in northern Minnesota*. U.S.D.A. Forest Service, Lake States Forest Experiment Station. St-Paul, MN (États-Unis). Station Paper n° 97. 9 p.
- Buckman, R.E., B. Bishaw, T.J. Hanson et F.A. Benford, 2006. *Growth and yield of red pine in the Lake States*. U.S.D.A. Forest Service, North Central Research Station. St-Paul, MN (États-Unis). Gen. Tech. Rep. NC–271. 114 p.
- Burke, D., K. Elliott, K. Falk et T. Piraino, 2011. *A land manager's guide to conserving habitat for forest birds in southern Ontario*. Ontario Ministry of Natural Resources, Queen's Printer for Ontario. 135 p. [<https://npca.ca/sites/default/files/mnr-guide-s-ontario-forestry.pdf>].
- Calama, R. et G. Montero, 2005. *Multilevel linear mixed model for tree diameter increment in stone pine (Pinus pinea): a calibrating approach*. Silva Fenn. 39(1): 37–54.
- Erdmann, G.G., T.R. Crow, R.M. Peterson, Jr. et C.D. Wilson, 1987. *Managing black ash in the Lake States*. U.S.D.A. Forest Service, North Central Forest Experiment Station. St-Paul, MN (États-Unis). General Technical Report NC–115. 10 p. [<http://treesearch.fs.fed.us/pubs/10179>].
- Frothingham, E.H., 1914. *White pine under forest management*. U.S.D.A., Bull. n° 13. 70 p.
- Gosselin, J., P. Grondin et J.-P. Saucier, 1999. *Rapport de classification écologique du sous-domaine bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune de l'ouest*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction des inventaires forestiers. 186 p. [[www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/rc-erabliere-bouleau-jaune-ouest-55.pdf](http://www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/rc-erabliere-bouleau-jaune-ouest-55.pdf)].
- Guiterman, C.H., R.S. Seymour et A.R. Weiskittel, 2012. *Long-term thinning effects on the leaf area of Pinus strobus L. as estimated from litterfall and individual-tree allometric models*. For. Sci. 58: 85–93.
- Haddow, W.R., 1938. *The disease caused by Trametes pini (Thore) Fries in White Pine (Pinus strobus L.)*. Trans. R. Can. Inst. 22: 21–80.
- Heiberg, S.O., 1953. *White pine research*. N. Y. Forester 10(2): 14.
- Horton, K.W. et G.H.D. Bedell, 1960. *White and red pine. Ecology, silviculture and management*. Gouvernement du Canada, ministère du Nord canadien et des Ressources nationales, Direction des forêts. Bulletin n° 124. 185 p.

- Horton, K.W. et W.G.E. Brown, 1960. *Écologie du pin blanc et du pin rouge dans la région forestière des Grands Lacs et du Saint-Laurent*. Gouvernement du Canada, ministère du Nord canadien et des Ressources nationales, Direction des forêts, Division des recherches sylvicoles. Ottawa, ON. Mémoire technique n° 88. 28 p.
- Langsæter, A., 1941. *Om tynning i enaldret gran- og furuskog*. Meddelelser fra Det norske Skogforsøksvesen 8: 131–216.
- Leak, W.B., 1982. *More on stocking guides*. J. For. 80(8): 503.
- Leak, W.B., 1986. *Stocking of white pine*. Dans : Funk, D.T. (compilateur). *Eastern white pine: today and tomorrow*. Symposium Proceedings. June 12-14, 1985. Durham, NH (États-Unis). U.S.D.A. Forest Service, General Technical Report WO-51. p. 51–54.
- Leak, W.B., 2003. *Optimum stocking of white pine: it all depends!!* Dans : *Managing white pine in a new millennium. Workshop Proceedings*. October 9 and 10, 2003, Caroline A. Fox Research Forest, Hillsborough, NH (États-Unis). pp. 37–40. [[http://extension.unh.edu/resources/files/Resource000404\\_Rep426.pdf](http://extension.unh.edu/resources/files/Resource000404_Rep426.pdf)].
- Leak, W.B. et N.I. Lamson, 1999. *Revised white pine stocking guide for managed stands*. U.S.D.A. Forest Service, Northeastern Area, State and Private Forestry. Newtown Square, PA (États-Unis). NA-TP-01-99. 3 p.
- Lemieux, R., 2011. *Méthodes de mesurage des bois. Instructions techniques. Exercice 2011-2012*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune. Direction de l'aménagement des forêts publiques et privées. 198 p. [<https://bmmb.gouv.qc.ca/media/21340/mesurage-instructions-techniques.pdf>].
- Littell, R.C., W.W. Stroup et R.J. Freund, 2002. *SAS® for Linear Models*. Fourth Edition. 2002. SAS Institute, Inc. Cary, NC (États-Unis). 466 p.
- Martin, J. et T. Gower, 1996. *Tolerance of tree species*. University of Wisconsin-Madison, College of Agricultural and Life Sciences, Department of Forest Ecology and Management, School of Natural Resources, UW-Extension, Forestry Facts n° 79. 2 p. [<http://forest.wisc.edu/sites/default/files/pdfs/publications/79.PDF>].
- McGill, D., J. Martin, R. Rogers et P.F. Johnson, 1991. *New stocking charts for northern red oak*. University of Wisconsin, Department of Forestry. Madison, WI (États-Unis). Forest Research Notes n° 277. 8 p.
- Miliken, G.A. et D.E. Johnson, 1984. *Analysis of Messy Data: Volume 1: Designed Experiments*. Lifetime Learning Publications. 262 p.
- Monger, R., 2004. *Classification des tiges d'essences feuillues : Normes techniques*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs. 73 p.
- [MFFP] Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2015. *Norme de stratification écoforestière. Quatrième inventaire écoforestier du Québec méridional*. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction des inventaires forestiers. Octobre 2008. Réédition : septembre 2015. 101 p. [[www.mffp.gouv.qc.ca/forets/inventaire/pdf/norme-stratification.pdf](http://www.mffp.gouv.qc.ca/forets/inventaire/pdf/norme-stratification.pdf)].
- Ostrander, M.D. et C.H. Foster, 1957. *Weevil / red rot associations in Eastern White Pine*. U.S.D.A. Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. Upper Darby, PA (États-Unis). Research Note n° 68. 2 p. [[www.treesearch.fs.fed.us/pubs/12952](http://www.treesearch.fs.fed.us/pubs/12952)].
- Page, A.C. et D.M. Smith, 1994. *Returns from unrestricted growth of pruned eastern white pines*. Yale University School of Forestry and Environmental Studies. Bull. n° 97. 24 p.
- Payandeh, B., 1991. *Plonski's (metric) yield tables formulated*. For. Chron. 67(5): 545–546.
- Perron, J.-Y., 1985. *Tarif de cubage général. Volume marchand brut*. Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Service de l'inventaire forestier. Publication n° 3209-11g. 55 p.
- Phillbrook, J.S., J.P. Barrett et W.B. Leak, 1973. *A stocking guide for eastern white pine*. U.S.D.A. Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. Upper Darby, PA (États-Unis). Research Note NE-168. 3 p. [<http://treesearch.fs.fed.us/pubs/19495>].
- Québec, 1991. *Règlement sur la réserve écologique du Ruisseau-de-l'Indien : LRQ, chapitre C61.01, r 60, 1a. 43. Loi sur la conservation du patrimoine naturel*. Québec, QC. Éditeur officiel du Québec. c1991, Mise à jour 2013. 2 p.
- SAS Institute Inc., 2007. *Statistical analysis with the GLIMMIX procedure course notes*. SAS Institute Inc. Cary, NC (États-Unis). 398 p.
- Seymour, R.S., 2007. *Low-density management of white pine crop trees: A primer and early research results*. North. J. Appl. For. 24: 301–306.

- Seymour, R.S. et D.M. Smith, 1987. *A new stocking guide formulation applied to eastern white pine*. For. Sci. 33(2): 469–484.
- Smith, D.M. and R.S. Seymour, 1986. *Relationship between pruning and thinning*. Dans : Funk, D.T. (compilateur). *Eastern white pine: today and tomorrow*. Symposium Proceedings. June 12–14, 1985. Durham, NH (États-Unis). U.S.D.A. Forest Service, General Technical Report WO–51. p. 62–66.
- Smith, D.J et M.E. Woods, 1997. *Red pine and white pine density management diagrams for Ontario*. Ontario Ministry of Natural Resources, SCSS Technical Report n° 48. 31 p.
- Smithers, L.A., 1954. *Thinning in red and white pine stands at Petawawa Forest Experiment Station: Project P-238*. Gouvernement du Canada, ministère du Nord canadien et des Ressources nationales, Direction des forêts. Silvicultural Research Note n° 105. 52 p.
- Spurr, S.H. et J.H. Allison, 1956. *The growth of mature red pine in Minnesota*. J. For. 54: 446–451.
- Tubbs, C.H., 1977. *Manager's handbook for northern hardwoods in the north-central states*. U.S.D.A. Forest Service, North Central Forest Experiment Station. St-Paul, MN (États-Unis). General Technical Report NC–39. 29 p. [[www.nrs.fs.fed.us/pubs/104](http://www.nrs.fs.fed.us/pubs/104)].
- Watt, W.R. et M.C. Caceres, 1999. *Managing for snags in the boreal forests of northeastern Ontario*. Ontario Ministry of Natural Resources, Northeast Science & Technology. TN–016. 20 p. [[www.ibrarian.net/navon/paper/M\\_ANAGINGFOR\\_SNAGS\\_INTHE\\_BOREAL\\_FORESTS\\_OF\\_NORTHE.pdf?paperid=3392759](http://www.ibrarian.net/navon/paper/M_ANAGINGFOR_SNAGS_INTHE_BOREAL_FORESTS_OF_NORTHE.pdf?paperid=3392759)].
- Westfall, P.H., R.D. Tobias, D. Rom, R.D. Wolfinger et Y. Hochberg, 1999. *Multiple comparisons and multiple tests using SAS®*. SAS Institute Inc. Cary, NC (États-Unis). 416 p.
- Woods, M.E. et R.J. Miller, 1996. *Red pine and white pine site index curves and tables for South Central region*. Ontario Ministry of Natural Resources, South/Central Sciences Section, Science Development and Transfer Branch, Science and Information Resources Division. North Bay, ON. Technical Note 02. 11 p.



# Annexes

**Annexe 1.** Surface terrière par espèce avant la coupe (AVC), après la coupe (APC) et 10 ans après la coupe, par regroupement de surface terrière (ST), dans chacune des parcelles de la pinède à pin rouge. L'astérisque (\*) indique une valeur non nulle et < 0,1 m<sup>2</sup>/ha.

Période	Espèce ou groupe d'espèces	Surface terrière (m <sup>2</sup> /ha)				
		ST <sub>APC</sub> moyenne		ST <sub>APC</sub> basse		ST <sub>APC</sub> très basse
		Parcelle 01	Parcelle 03	Parcelle 02	Parcelle 04	Parcelle 16
AVC	Peuplier à grandes dents	3,8	7,3	6,6	3,4	4,6
	Peuplier faux-tremble	0,2	*	1,0	4,0	0,7
	Érable rouge	1,0	0,3	0,7	1,4	1,3
	Bouleau à papier	0,5	1,6	0,5	0,4	0,5
	Chêne rouge	0,5	0,2	0,6	0,2	*
	Hêtre à grandes feuilles		*	*		*
	Bouleau jaune		*	*		
	<b>Feuillus</b>	<b>6,1</b>	<b>9,4</b>	<b>9,6</b>	<b>9,2</b>	<b>7,2</b>
	Pin rouge	23,6	18,8	12,1	9,1	5,7
	Pin blanc	4,7	4,0	3,5	10,2	3,8
	Pin gris	4,4	4,9	10,4	4,7	12,8
	Sapin baumier	0,2	0,3	0,4	0,3	1,4
	Épinette blanche	*	0,1	0,2	0,2	0,3
	<b>Résineux</b>	<b>33,1</b>	<b>28,2</b>	<b>26,5</b>	<b>24,6</b>	<b>24,1</b>
<b>Total avant la coupe</b>	<b>39,1</b>	<b>37,6</b>	<b>36,1</b>	<b>33,8</b>	<b>31,3</b>	
APC	Peuplier à grandes dents	0,8	2,2	1,9	0,8	1,4
	Peuplier faux-tremble	*		0,3	1,4	0,4
	Érable rouge	0,9	0,3	0,5	1,1	1,0
	Bouleau à papier	*	0,6	0,3	0,2	0,4
	Chêne rouge	0,4	0,2	0,6	0,1	*
	Hêtre à grandes feuilles		*	*		*
	Bouleau jaune		*	*		
	<b>Feuillus</b>	<b>2,2</b>	<b>3,3</b>	<b>3,6</b>	<b>3,6</b>	<b>3,2</b>
	Pin rouge	18,0	15,8	10,2	8,0	4,5
	Pin blanc	2,7	3,3	2,9	7,4	3,5
	Pin gris	0,4	0,9	0,6	0,3	0,8
	Sapin baumier	*	*	0,1	0,1	0,8
	Épinette blanche	*	*	*	*	0,3
	<b>Résineux</b>	<b>21,3</b>	<b>20,2</b>	<b>13,8</b>	<b>15,9</b>	<b>9,9</b>
<b>Total après la coupe</b>	<b>23,5</b>	<b>23,5</b>	<b>17,4</b>	<b>19,5</b>	<b>13,1</b>	

## Annexe 1. (suite et fin)

Période	Espèce ou groupe d'espèces	Surface terrière (m <sup>2</sup> /ha)				
		ST <sub>APC</sub> moyenne		ST <sub>APC</sub> basse		ST <sub>APC</sub> très basse
		Parcelle 01	Parcelle 03	Parcelle 02	Parcelle 04	Parcelle 16
	Peuplier à grandes dents	1,0	2,4	2,3	1,0	1,6
	Peuplier faux-tremble			0,3	1,5	0,3
	Érable rouge	1,1	0,5	0,7	1,5	1,4
	Bouleau à papier	*	0,6	0,4	0,2	0,3
	Chêne rouge	0,5	0,3	0,7	0,2	*
	Hêtre à grandes feuilles	*	*	0,1		*
	Bouleau jaune		*	*		
10 ans	<b>Feuillus</b>	<b>2,7</b>	<b>3,9</b>	<b>4,5</b>	<b>4,4</b>	<b>3,8</b>
	Pin rouge	22,2	19,6	13,8	10,7	7,4
	Pin blanc	3,6	4,6	4,4	9,7	5,6
	Pin gris	0,3	0,6	0,4	0,2	0,3
	Sapin baumier	0,1	*	0,1	0,2	0,8
	Épinette blanche	*	*	*	0,1	0,5
	<b>Résineux</b>	<b>26,1</b>	<b>24,9</b>	<b>18,8</b>	<b>20,9</b>	<b>14,6</b>
	<b>Total 10 ans après la coupe</b>	<b>28,8</b>	<b>28,7</b>	<b>23,3</b>	<b>25,3</b>	<b>18,4</b>

**Annexe 2.** Nombre de tiges par espèce avant la coupe (AVC), après la coupe (APC) et 10 ans après la coupe, par regroupement de surface terrière (ST), dans chacune des parcelles de la pinède à pin rouge.

Période	Espèce ou groupe d'espèces	Nombre de tiges/ha				
		ST <sub>APC</sub> moyenne		ST <sub>APC</sub> basse		ST <sub>APC</sub> très basse
		Parcelle 01	Parcelle 03	Parcelle 02	Parcelle 04	Parcelle 16
AVC	Peuplier à grandes dents	59	112	127	99	44
	Peuplier faux-tremble	5	1	33	155	10
	Érable rouge	63	30	46	97	120
	Bouleau à papier	16	74	47	17	34
	Chêne rouge	19	6	25	8	4
	Hêtre à grandes feuilles		1	4		4
	Bouleau jaune		1	4		
	<b>Feuillus</b>	<b>162</b>	<b>225</b>	<b>286</b>	<b>376</b>	<b>216</b>
	Pin rouge	407	392	358	155	234
	Pin blanc	161	152	146	293	160
	Pin gris	86	108	214	91	218
	Sapin baumier	10	9	18	17	74
	Épinette blanche	2	4	3	4	22
	<b>Résineux</b>	<b>666</b>	<b>665</b>	<b>739</b>	<b>560</b>	<b>708</b>
<b>Total avant la coupe</b>	<b>828</b>	<b>890</b>	<b>1025</b>	<b>936</b>	<b>924</b>	
APC	Peuplier à grandes dents	20	43	48	43	16
	Peuplier faux-tremble	1		17	86	4
	Érable rouge	51	26	35	74	88
	Bouleau à papier	6	48	28	10	26
	Chêne rouge	13	6	21	7	2
	Hêtre à grandes feuilles		1	4		2
	Bouleau jaune		1	2		
	<b>Feuillus</b>	<b>91</b>	<b>125</b>	<b>155</b>	<b>220</b>	<b>138</b>
	Pin rouge	312	335	294	136	190
	Pin blanc	114	124	118	224	132
	Pin gris	17	30	23	10	22
	Sapin baumier	6	4	7	11	48
	Épinette blanche	1	3	1	2	18
	<b>Résineux</b>	<b>450</b>	<b>496</b>	<b>443</b>	<b>383</b>	<b>410</b>
<b>Total après la coupe</b>	<b>541</b>	<b>621</b>	<b>598</b>	<b>603</b>	<b>548</b>	
10 ans	Peuplier à grandes dents	17	36	40	36	16
	Peuplier faux-tremble			13	59	2
	Érable rouge	55	36	37	87	100
	Bouleau à papier	3	43	31	8	18
	Chêne rouge	14	10	21	8	4
	Hêtre à grandes feuilles	1	4	8		2
	Bouleau jaune		1	2		
	<b>Feuillus</b>	<b>90</b>	<b>129</b>	<b>150</b>	<b>198</b>	<b>142</b>
	Pin rouge	291	318	287	132	176
	Pin blanc	109	133	128	220	140
	Pin gris	9	17	12	6	8
	Sapin baumier	6	4	6	13	60
	Épinette blanche	1	3	1	3	22
	<b>Résineux</b>	<b>416</b>	<b>475</b>	<b>434</b>	<b>374</b>	<b>406</b>
<b>Total 10 ans après la coupe</b>	<b>506</b>	<b>605</b>	<b>586</b>	<b>572</b>	<b>548</b>	

**Annexe 3.** Caractéristiques des parcelles de la pinède à pin rouge avant la coupe (AVC), après la coupe (APC) et 10 ans après la coupe, par regroupement de surface terrière (ST), pour différentes espèces et groupes d'espèces.

Espèce	Regroupement de ST	Parcelle	Nombre de tiges / ha			DHP moyen quadratique (cm)			
			AVC	APC	10 ans	AVC	APC	10 ans	
Toutes les espèces	ST <sub>APC</sub> moyenne	01	828	541	506	24,5	23,5	26,9	
		03	890	621	605	23,2	21,9	24,6	
	ST <sub>APC</sub> basse	02	1025	598	586	21,2	19,2	22,5	
		04	936	603	572	21,4	20,3	23,7	
	ST <sub>APC</sub> très basse	16	924	548	548	20,8	17,4	20,7	
	<b>Différence</b>			<b>APC – AVC</b>	<b>10 ans – APC</b>	<b>10 ans – AVC</b>	<b>APC – AVC</b>	<b>10 ans – APC</b>	<b>10 ans – AVC</b>
	ST <sub>APC</sub> moyenne	01		-287	-35	-322	-1,0	3,4	2,4
		03		-269	-16	-285	-1,3	2,6	1,4
	ST <sub>APC</sub> basse	02		-427	-12	-439	-1,9	3,3	1,4
		04		-333	-31	-364	-1,1	3,4	2,3
	ST <sub>APC</sub> très basse	16		-376	0	-376	-3,3	3,3	-0,1
	<b>Proportion</b>			<b>APC/AVC</b>	<b>10 ans/APC</b>	<b>10 ans/AVC</b>	<b>APC/AVC</b>	<b>10 ans/APC</b>	<b>10 ans/AVC</b>
	ST <sub>APC</sub> moyenne	01		0,65	0,94	0,61	0,96	1,14	1,10
		03		0,70	0,97	0,68	0,95	1,12	1,06
	ST <sub>APC</sub> basse	02		0,58	0,98	0,57	0,91	1,17	1,06
		04		0,64	0,95	0,61	0,95	1,17	1,11
ST <sub>APC</sub> très basse	16		0,59	1,00	0,59	0,84	1,19	1,00	
PIR	ST <sub>APC</sub> moyenne	01	407	312	291	27,2	27,1	31,1	
		03	392	335	318	24,7	24,5	28,0	
	ST <sub>APC</sub> basse	02	358	294	287	20,7	21,0	24,7	
		04	155	136	132	27,4	27,4	32,2	
	ST <sub>APC</sub> très basse	16	234	190	176	17,7	17,3	23,1	
	<b>Différence</b>			<b>APC – AVC</b>	<b>10 ans – APC</b>	<b>10 ans – AVC</b>	<b>APC – AVC</b>	<b>10 ans – APC</b>	<b>10 ans – AVC</b>
	ST <sub>APC</sub> moyenne	01		-95	-21	-116	-0,1	4,0	3,9
		03		-57	-17	-74	-0,2	3,5	3,3
	ST <sub>APC</sub> basse	02		-64	-7	-71	0,2	3,8	4,0
		04		-19	-4	-23	0,1	4,7	4,8
	ST <sub>APC</sub> très basse	16		-44	-14	-58	-0,4	5,8	5,4
	<b>Proportion</b>			<b>APC/AVC</b>	<b>10 ans/APC</b>	<b>10 ans/AVC</b>	<b>APC/AVC</b>	<b>10 ans/APC</b>	<b>10 ans/AVC</b>
	ST <sub>APC</sub> moyenne	01		0,77	0,93	0,71	1,00	1,15	1,15
		03		0,85	0,95	0,81	0,99	1,14	1,13
	ST <sub>APC</sub> basse	02		0,82	0,98	0,80	1,01	1,18	1,19
		04		0,88	0,97	0,85	1,00	1,17	1,18
ST <sub>APC</sub> très basse	16		0,81	0,93	0,75	0,98	1,34	1,31	
<b>Proportion par rapport à toutes les espèces</b>			<b>AVC</b>	<b>APC</b>	<b>10 ans</b>	<b>AVC</b>	<b>APC</b>	<b>10 ans</b>	
ST <sub>APC</sub> moyenne	01		0,49	0,58	0,58	1,11	1,15	1,16	
	03		0,44	0,54	0,53	1,07	1,12	1,14	
ST <sub>APC</sub> basse	02		0,35	0,49	0,49	0,98	1,09	1,10	
	04		0,17	0,23	0,23	1,28	1,35	1,36	
ST <sub>APC</sub> très basse	16		0,25	0,35	0,32	0,85	0,99	1,12	

## Annexe 3. (suite)

Surface terrière (m <sup>2</sup> /ha)			Volume marchand brut (m <sup>3</sup> /ha)			Parcelle	Regroupement de ST	Espèce
AVC	APC	10 ans	AVC	APC	10 ans			
39,1	23,5	28,8	344	199	258	01	ST <sub>APC</sub> moyenne	Toutes les espèces
37,6	23,5	28,7	327	196	252	03		
36,1	17,4	23,3	305	135	196	02	ST <sub>APC</sub> basse	
33,8	19,5	25,3	295	162	226	04		
31,3	13,1	18,4	270	98	152	16	ST <sub>APC</sub> très basse	
APC – AVC	10 ans – APC	10 ans – AVC	APC – AVC	10 ans – APC	10 ans – AVC	Différence		
-15,6	5,3	-10,3	-145	59	-86	01	ST <sub>APC</sub> moyenne	
-14,1	5,2	-8,9	-131	56	-75	03		
-18,7	6,0	-12,7	-170	61	-109	02	ST <sub>APC</sub> basse	
-14,3	5,8	-8,5	-133	64	-69	04		
-18,2	5,3	-12,9	-172	54	-118	16	ST <sub>APC</sub> très basse	
APC/AVC	10 ans/APC	10 ans / AVC	APC/AVC	10 ans/APC	10 ans/AVC	Proportion		
0,60	1,22	0,74	0,58	1,29	0,75	01	ST <sub>APC</sub> moyenne	
0,62	1,22	0,76	0,60	1,28	0,77	03		
0,48	1,34	0,65	0,44	1,45	0,64	02	ST <sub>APC</sub> basse	
0,58	1,30	0,75	0,55	1,39	0,77	04		
0,42	1,41	0,59	0,36	1,55	0,56	16	ST <sub>APC</sub> très basse	
AVC	APC	10 ans	AVC	APC	10 ans			
23,6	18,0	22,2	208	159	203	01	ST <sub>APC</sub> moyenne	
18,8	15,8	19,6	160	134	173	03		
12,1	10,2	13,8	96	81	117	02	ST <sub>APC</sub> basse	
9,1	8,0	10,7	81	71	99	04		
5,7	4,5	7,4	42	32	60	16	ST <sub>APC</sub> très basse	
APC – AVC	10 ans – APC	10 ans – AVC	APC – AVC	10 ans – APC	10 ans – AVC	Différence		
-5,6	4,1	-1,5	-49	45	-5	01	ST <sub>APC</sub> moyenne	
-3,0	3,8	0,7	-26	39	13	03		
-1,9	3,6	1,7	-15	36	21	02	ST <sub>APC</sub> basse	
-1,1	2,7	1,6	-10	28	19	04		
-1,3	2,9	1,6	-11	29	18	16	ST <sub>APC</sub> très basse	
APC/AVC	10 ans/APC	10 ans / AVC	APC/AVC	10 ans/APC	10 ans/AVC	Proportion		
0,76	1,23	0,94	0,76	1,28	0,98	01	ST <sub>APC</sub> moyenne	
0,84	1,24	1,04	0,84	1,29	1,08	03		
0,84	1,36	1,14	0,84	1,45	1,22	02	ST <sub>APC</sub> basse	
0,88	1,34	1,18	0,88	1,40	1,23	04		
0,78	1,65	1,29	0,75	1,90	1,43	16	ST <sub>APC</sub> très basse	
AVC	APC	10 ans	AVC	APC	10 ans	Proportion par rapport à toutes les espèces		
0,60	0,77	0,77	0,60	0,80	0,79	01	ST <sub>APC</sub> moyenne	
0,50	0,67	0,68	0,49	0,68	0,69	03		
0,34	0,59	0,59	0,31	0,60	0,60	02	ST <sub>APC</sub> basse	
0,27	0,41	0,42	0,27	0,44	0,44	04		
0,18	0,34	0,40	0,16	0,32	0,40	16	ST <sub>APC</sub> très basse	

PIR

## Annexe 3. (suite)

Espèce	Regroupement de ST	Parcelle	Nombre de tiges / ha			DHP moyen quadratique (cm)			
			AVC	APC	10 ans	AVC	APC	10 ans	
PIR et PIB	ST <sub>APC</sub> moyenne	01	568	426	400	25,2	24,9	28,6	
		03	544	459	451	23,1	23,0	26,1	
	ST <sub>APC</sub> basse	02	504	412	415	19,8	20,1	23,6	
		04	448	360	352	23,4	23,4	27,2	
	ST <sub>APC</sub> très basse	16	394	322	316	17,6	17,7	22,9	
	<b>Différence</b>			<b>APC – AVC</b>	<b>10 ans – APC</b>	<b>10 ans – AVC</b>	<b>APC – AVC</b>	<b>10 ans – APC</b>	<b>10 ans – AVC</b>
	ST <sub>APC</sub> moyenne	01	-142	-26	-168	-0,3	3,7	3,4	
		03	-85	-8	-93	-0,1	3,1	3,0	
	ST <sub>APC</sub> basse	02	-92	3	-89	0,2	3,6	3,8	
		04	-88	-8	-96	-0,1	3,8	3,8	
	ST <sub>APC</sub> très basse	16	-72	-6	-78	0,2	5,1	5,3	
	<b>Proportion</b>			<b>APC/AVC</b>	<b>10 ans/APC</b>	<b>10 ans/AVC</b>	<b>APC/AVC</b>	<b>10 ans/APC</b>	<b>10 ans/AVC</b>
	ST <sub>APC</sub> moyenne	01	0,75	0,94	0,70	0,99	1,15	1,14	
		03	0,84	0,98	0,83	1,00	1,13	1,13	
	ST <sub>APC</sub> basse	02	0,82	1,01	0,82	1,01	1,18	1,19	
		04	0,80	0,98	0,79	1,00	1,16	1,16	
	ST <sub>APC</sub> très basse	16	0,82	0,98	0,80	1,01	1,29	1,30	
	<b>Proportion par rapport à toutes les espèces</b>			<b>AVC</b>	<b>APC</b>	<b>10 ans</b>	<b>AVC</b>	<b>APC</b>	<b>10 ans</b>
	ST <sub>APC</sub> moyenne	01	0,69	0,79	0,79	1,03	1,06	1,06	
		03	0,61	0,74	0,75	1,00	1,05	1,06	
ST <sub>APC</sub> basse	02	0,49	0,69	0,71	0,94	1,04	1,05		
	04	0,48	0,60	0,62	1,09	1,15	1,15		
ST <sub>APC</sub> très basse	16	0,43	0,59	0,58	0,85	1,02	1,11		
PIR <sub>23+</sub>	ST <sub>APC</sub> moyenne	01	250	186	212	32,2	32,4	34,9	
		03	192	160	205	30,8	30,6	32,3	
	ST <sub>APC</sub> basse	02	108	87	149	28,7	28,7	29,9	
		04	90	79	110	32,7	32,6	34,3	
	ST <sub>APC</sub> très basse	16	22	16	88	31,2	25,8	27,5	
	<b>Différence</b>			<b>APC – AVC</b>	<b>10 ans – APC</b>	<b>10 ans – AVC</b>	<b>APC – AVC</b>	<b>10 ans – APC</b>	<b>10 ans – AVC</b>
	ST <sub>APC</sub> moyenne	01	-64	26	-38	0,2	2,5	2,7	
		03	-32	45	13	-0,2	1,7	1,5	
	ST <sub>APC</sub> basse	02	-21	62	41	0,0	1,2	1,3	
		04	-11	31	20	-0,1	1,8	1,6	
	ST <sub>APC</sub> très basse	16	-6	72	66	-5,4	1,7	-3,7	
	<b>Proportion</b>			<b>APC/AVC</b>	<b>10 ans/APC</b>	<b>10 ans/AVC</b>	<b>APC/AVC</b>	<b>10 ans/APC</b>	<b>10 ans/AVC</b>
	ST <sub>APC</sub> moyenne	01	0,74	1,14	0,85	1,01	1,08	1,08	
		03	0,83	1,28	1,07	0,99	1,05	1,05	
	ST <sub>APC</sub> basse	02	0,81	1,71	1,38	1,00	1,04	1,04	
		04	0,88	1,39	1,22	1,00	1,05	1,05	
	ST <sub>APC</sub> très basse	16	0,73	5,50	4,00	0,83	1,07	0,88	

Annexe 3. (suite)

Surface terrière (m <sup>2</sup> /ha)			Volume marchand brut (m <sup>3</sup> /ha)			Parcelle	Regroupement de ST	Espèce
AVC	APC	10 ans	AVC	APC	10 ans			
28,3	20,7	25,7	249	181	235	01	ST <sub>APC</sub> moyenne	PIR et PIB
22,9	19,1	24,1	194	162	215	03		
15,6	13,0	18,2	124	104	157	02	ST <sub>APC</sub> basse	
19,3	15,4	20,4	175	138	193	04		
9,6	8,0	13,0	73	61	112	16	ST <sub>APC</sub> très basse	
APC – AVC	10 ans – APC	10 ans – AVC	APC – AVC	10 ans – APC	10 ans – AVC	Différence		
-7,6	5,0	-2,6	-68	55	-14	01	ST <sub>APC</sub> moyenne	
-3,7	5,0	1,3	-32	53	21	03		
-2,6	5,2	2,6	-20	53	32	02	ST <sub>APC</sub> basse	
-3,9	5,0	1,2	-37	55	18	04		
-1,6	5,0	3,4	-12	51	39	16	ST <sub>APC</sub> très basse	
APC/AVC	10 ans/APC	10 ans / AVC	APC/AVC	10 ans/APC	10 ans/AVC	Proportion		
0,73	1,24	0,91	0,73	1,30	0,95	01	ST <sub>APC</sub> moyenne	
0,84	1,26	1,06	0,83	1,32	1,11	03		
0,84	1,40	1,17	0,84	1,51	1,26	02	ST <sub>APC</sub> basse	
0,80	1,33	1,06	0,79	1,40	1,11	04		
0,83	1,63	1,36	0,83	1,84	1,53	16	ST <sub>APC</sub> très basse	
AVC	APC	10 ans	AVC	APC	10 ans	Proportion par rapport à toutes les espèces		
0,72	0,88	0,89	0,72	0,91	0,91	01	ST <sub>APC</sub> moyenne	
0,61	0,82	0,84	0,59	0,83	0,85	03		
0,43	0,75	0,78	0,41	0,77	0,80	02	ST <sub>APC</sub> basse	
0,57	0,79	0,81	0,59	0,85	0,86	04		
0,31	0,61	0,71	0,27	0,62	0,74	16	ST <sub>APC</sub> très basse	
AVC	APC	10 ans	AVC	APC	10 ans			
20,4	15,3	20,3	186	140	190	01	ST <sub>APC</sub> moyenne	PIR <sub>23+</sub>
14,3	11,8	16,8	128	106	153	03		
7,0	5,6	10,5	61	49	93	02	ST <sub>APC</sub> basse	
7,5	6,6	10,2	70	61	95	04		
1,7	0,8	5,2	15	7	45	16	ST <sub>APC</sub> très basse	
APC – AVC	10 ans – APC	10 ans – AVC	APC – AVC	10 ans – APC	10 ans – AVC	Différence		
-5,0	5,0	-0,1	-46	50	5	01	ST <sub>APC</sub> moyenne	
-2,5	5,0	2,5	-23	48	25	03		
-1,3	4,8	3,5	-12	44	32	02	ST <sub>APC</sub> basse	
-1,0	3,6	2,6	-9	35	26	04		
-0,8	4,4	3,6	-8	38	30	16	ST <sub>APC</sub> très basse	
APC/AVC	10 ans/APC	10 ans / AVC	APC/AVC	10 ans/APC	10 ans/AVC	Proportion		
0,75	1,33	1,00	0,75	1,36	1,02	01	ST <sub>APC</sub> moyenne	
0,82	1,42	1,17	0,82	1,45	1,19	03		
0,81	1,86	1,50	0,81	1,89	1,53	02	ST <sub>APC</sub> basse	
0,87	1,55	1,35	0,87	1,58	1,37	04		
0,50	6,27	3,11	0,46	6,43	2,93	16	ST <sub>APC</sub> très basse	

## Annexe 3. (suite)

Espèce	Regroupement de ST	Parcelle	Nombre de tiges / ha			DHP moyen quadratique (cm)		
			AVC	APC	10 ans	AVC	APC	10 ans
PIR <sub>23+</sub> (suite)	Proportion par rapport au PIR		AVC	APC	10 ans	AVC	APC	10 ans
	ST <sub>APC</sub> moyenne	01	0,61	0,60	0,73	1,18	1,19	1,12
		03	0,49	0,48	0,64	1,25	1,25	1,15
	ST <sub>APC</sub> basse	02	0,30	0,30	0,52	1,38	1,37	1,21
		04	0,58	0,58	0,83	1,19	1,19	1,07
	ST <sub>APC</sub> très basse	16	0,09	0,08	0,50	1,76	1,49	1,19
	Proportion par rapport à toutes les espèces		AVC	APC	10 ans	AVC	APC	10 ans
	ST <sub>APC</sub> moyenne	01	0,30	0,34	0,42	1,31	1,38	1,30
		03	0,22	0,26	0,34	1,33	1,40	1,31
	ST <sub>APC</sub> basse	02	0,11	0,15	0,25	1,35	1,49	1,33
04		0,10	0,13	0,19	1,52	1,60	1,45	
ST <sub>APC</sub> très basse	16	0,02	0,03	0,16	1,50	1,48	1,33	
PIR <sub>23+</sub> et PIB <sub>23+</sub>			AVC	APC	10 ans	AVC	APC	10 ans
	ST <sub>APC</sub> moyenne	01	280	198	233	32,2	32,3	34,6
		03	216	179	241	30,7	30,5	32,0
	ST <sub>APC</sub> basse	02	131	105	186	28,6	28,6	29,7
		04	155	127	183	33,7	32,9	34,3
	ST <sub>APC</sub> très basse	16	42	36	142	29,8	27,1	28,4
	Différence		APC – AVC	10 ans – APC	10 ans – AVC	APC – AVC	10 ans – APC	10 ans – AVC
	ST <sub>APC</sub> moyenne	01	-82	35	-47	0,1	2,3	2,4
		03	-37	62	25	-0,2	1,5	1,3
	ST <sub>APC</sub> basse	02	-26	81	55	0,0	1,2	1,2
04		-28	56	28	-0,8	1,4	0,5	
ST <sub>APC</sub> très basse	16	-6	106	100	-2,7	1,3	-1,4	
Proportion		APC / AVC	10 ans / APC	10 ans / AVC	APC / AVC	10 ans / APC	10 ans / AVC	
ST <sub>APC</sub> moyenne	01	0,71	1,18	0,83	1,00	1,07	1,07	
	03	0,83	1,35	1,12	0,99	1,05	1,04	
ST <sub>APC</sub> basse	02	0,80	1,77	1,42	1,00	1,04	1,04	
	04	0,82	1,44	1,18	0,97	1,04	1,02	
ST <sub>APC</sub> très basse	16	0,86	3,94	3,38	0,91	1,05	0,95	
Proportion par rapport au PIR + PIB		AVC	APC	10 ans	AVC	APC	10 ans	
ST <sub>APC</sub> moyenne	01	0,49	0,46	0,58	1,28	1,30	1,21	
	03	0,40	0,39	0,53	1,33	1,32	1,23	
ST <sub>APC</sub> basse	02	0,26	0,25	0,45	1,44	1,42	1,26	
	04	0,35	0,35	0,52	1,44	1,41	1,26	
ST <sub>APC</sub> très basse	16	0,11	0,11	0,45	1,69	1,53	1,24	
Proportion par rapport à toutes les espèces		AVC	APC	10 ans	AVC	APC	10 ans	
ST <sub>APC</sub> moyenne	01	0,34	0,37	0,46	1,31	1,37	1,29	
	03	0,24	0,29	0,40	1,33	1,39	1,30	
ST <sub>APC</sub> basse	02	0,13	0,18	0,32	1,35	1,48	1,32	
	04	0,17	0,21	0,32	1,57	1,62	1,44	
ST <sub>APC</sub> très basse	16	0,05	0,07	0,26	1,43	1,56	1,38	

## Annexe 3. (suite et fin)

Surface terrière (m <sup>2</sup> /ha)			Volume marchand brut (m <sup>3</sup> /ha)			Parcelle	Regroupement de ST	Espèce	
AVC	APC	10 ans	AVC	APC	10 ans	Proportion par rapport au PIR			
0,86	0,85	0,92	0,89	0,88	0,94	01	ST <sub>APC</sub> moyenne	PIR <sub>23+</sub> (suite)	
0,76	0,74	0,86	0,80	0,79	0,88	03			
0,58	0,55	0,76	0,64	0,61	0,80	02	ST <sub>APC</sub> basse		
0,83	0,82	0,95	0,86	0,85	0,96	04			
0,29	0,19	0,71	0,36	0,22	0,75	16	ST <sub>APC</sub> très basse		
AVC	APC	10 ans	AVC	APC	10 ans	Proportion par rapport à toutes les espèces			
0,52	0,65	0,70	0,54	0,70	0,74	01	ST <sub>APC</sub> moyenne		
0,38	0,50	0,58	0,39	0,54	0,61	03			
0,19	0,32	0,45	0,20	0,37	0,48	02	ST <sub>APC</sub> basse		
0,22	0,34	0,40	0,24	0,37	0,42	04			
0,05	0,06	0,28	0,06	0,07	0,30	16	ST <sub>APC</sub> très basse		
AVC	APC	10 ans	AVC	APC	10 ans				
22,8	16,2	21,9	211	149	207	01	ST <sub>APC</sub> moyenne		
16,0	13,1	19,4	146	119	180	03			
8,4	6,7	12,9	75	60	118	02	ST <sub>APC</sub> basse		
13,9	10,8	16,9	137	105	166	04			
2,9	2,1	9,0	28	19	83	16	ST <sub>APC</sub> très basse		
APC – AVC	10 ans – APC	10 ans – AVC	APC – AVC	10 ans – APC	10 ans – AVC	Différence			
-6,6	5,7	-0,9	-62	58	-4	01	ST <sub>APC</sub> moyenne		
-2,9	6,3	3,4	-27	61	34	03			
-1,7	6,2	4,5	-15	58	43	02	ST <sub>APC</sub> basse		
-3,1	6,1	3,0	-32	62	30	04			
-0,8	6,9	6,1	-8	64	56	16	ST <sub>APC</sub> très basse		
APC / AVC	10 ans / APC	10 ans / AVC	APC / AVC	10 ans / APC	10 ans / AVC	Proportion			
0,71	1,35	0,96	0,70	1,39	0,98	01	ST <sub>APC</sub> moyenne		
0,82	1,48	1,21	0,82	1,51	1,24	03			
0,80	1,92	1,54	0,80	1,96	1,57	02	ST <sub>APC</sub> basse		
0,78	1,56	1,22	0,77	1,59	1,22	04			
0,71	4,33	3,08	0,70	4,31	3,01	16	ST <sub>APC</sub> très basse		
AVC	APC	10 ans	AVC	APC	10 ans	Proportion par rapport au PIR + PIB			
0,81	0,78	0,85	0,85	0,82	0,88	01	ST <sub>APC</sub> moyenne	PIR <sub>23+</sub> et PIB <sub>23+</sub>	
0,70	0,68	0,80	0,75	0,73	0,84	03			
0,54	0,52	0,71	0,60	0,58	0,75	02	ST <sub>APC</sub> basse		
0,72	0,70	0,83	0,78	0,76	0,86	04			
0,31	0,26	0,69	0,38	0,32	0,74	16	ST <sub>APC</sub> très basse		
AVC	APC	10 ans	AVC	APC	10 ans	Proportion par rapport à toutes les espèces			
0,58	0,69	0,76	0,61	0,75	0,80	01	ST <sub>APC</sub> moyenne		
0,43	0,56	0,68	0,45	0,61	0,72	03			
0,23	0,39	0,55	0,25	0,45	0,60	02	ST <sub>APC</sub> basse		
0,41	0,55	0,67	0,46	0,65	0,74	04			
0,09	0,16	0,49	0,10	0,20	0,55	16	ST <sub>APC</sub> très basse		

**Annexe 4.** Surface terrière par espèce avant la coupe (AVC), après la coupe (APC) et 10 ans après la coupe, par regroupement de surface terrière (ST), pour les parcelles de la pinède à pin blanc. L'astérisque (\*) indique une valeur non nulle et < 0,1 m<sup>2</sup>/ha.

Période	Espèce ou groupe d'espèces	Surface terrière (m <sup>2</sup> /ha)													
		ST <sub>APC</sub> basse					ST <sub>APC</sub> moyenne					Témoin			
		Parcelle 10	Parcelle 12	Parcelle 15	Parcelle 05	Parcelle 06	Parcelle 08	Parcelle 09	Parcelle 07T	Parcelle 11T	Parcelle 13T	Parcelle 14T			
	Bouleau jaune	*	*	0,7	0,7	0,1	*	0,2	*	*					
	Bouleau à papier			*		*	*	0,7							
	Chêne rouge	0,2	1,3	*	*	*	*	*							
	Érable rouge	4,1	1,5	1,9	0,6	0,6	1,2	0,9							
	Érable à sucre	0,1	1,1	*	*	*	*	*							
	Frêne noir	0,1	*	*	0,1	0,1	*	*							
	Hêtre à grandes feuilles	*	*	*	0,1	0,1	*	*							
	Ostryer de Virginie	*	*	*											
	Peuplier à grandes dents	2,2	13,2	12,4	2,4	2,0	10,9	4,6							
	Peuplier faux-tremble	4,2	*	*	0,6	3,1	0,7	0,7							
	Tilleul d'Amérique	0,7	*	*	*	*	*	*							
	<b>Feuillus</b>	<b>11,7</b>	<b>17,2</b>	<b>15,2</b>	<b>4,5</b>	<b>6,0</b>	<b>13,2</b>	<b>7,2</b>	<b>2,5</b>	<b>6,9</b>	<b>15,6</b>	<b>23,2</b>			
	Épinette blanche	2,5	1,3	0,8	4,9	2,7	0,4	0,8	1,7	2,7	1,1	0,3			
	Pin blanc	13,0	16,2	18,6	22,2	25,3	22,3	23,7	29,0	23,9	20,1	14,4			
	Pin gris	*	*	0,8	0,9	1,1	0,4	2,1	0,5	*	*	*			
	Pin rouge	1,2	0,2	2,6	0,9	0,7	1,3	0,7	0,8	3,3	1,4	0,7			
	Sapin baumier	2,2	0,1	0,3	0,5	0,6	0,2	1,0	0,5	0,7	0,4	*			
	<b>Résineux</b>	<b>19,0</b>	<b>17,9</b>	<b>23,0</b>	<b>29,4</b>	<b>30,3</b>	<b>24,5</b>	<b>28,2</b>	<b>32,5</b>	<b>30,6</b>	<b>23,0</b>	<b>15,4</b>			
	<b>Total avant la coupe</b>	<b>30,8</b>	<b>35,1</b>	<b>38,2</b>	<b>34,0</b>	<b>36,3</b>	<b>37,7</b>	<b>35,3</b>	<b>35,0</b>	<b>37,5</b>	<b>38,6</b>	<b>38,6</b>			
	Bouleau jaune	*	*	0,1	0,4	*	0,2	0,3	*	0,5	*	0,4			
	Bouleau à papier			*	*	*	0,6	*	*	*	*	*			
	Chêne rouge	0,2	1,0	*	*	*	*	*	*	*	0,3	*			
	Érable rouge	2,8	1,1	1,6	0,4	0,4	0,9	0,6	1,3	1,1	1,0	1,7			
	Érable à sucre	0,1	0,9	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
	Frêne noir	0,1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
	Hêtre à grandes feuilles	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
	Ostryer de Virginie	*	*	*											
	Peuplier à grandes dents	0,9	2,0	0,3	1,2	0,3	4,7	1,6	*	3,4	14,1	20,3			
	Peuplier faux-tremble	2,1	*	*	0,1	0,2	0,2	0,2	0,4	1,7	*	0,8			
	Tilleul d'Amérique	0,6	*	*	*	*	*	*							
	<b>Feuillus</b>	<b>6,9</b>	<b>5,2</b>	<b>2,1</b>	<b>2,4</b>	<b>1,0</b>	<b>6,6</b>	<b>2,9</b>	<b>2,5</b>	<b>6,9</b>	<b>15,6</b>	<b>23,2</b>			
	Épinette blanche	1,7	0,9	0,5	2,0	1,2	0,3	0,3	1,7	2,7	1,1	0,3			
	Pin blanc	9,4	12,6	14,4	16,9	20,6	16,5	18,8	29,0	23,9	20,1	14,4			
	Pin gris	*	*	*	*	*	*	*	0,5	*	*	*			
	Pin rouge	0,5	0,2	1,5	0,5	*	0,6	0,1	0,8	3,3	1,4	0,7			
	Sapin baumier	1,1	*	0,1	0,3	0,3	*	0,6	0,5	0,7	0,4	*			
	<b>Résineux</b>	<b>12,8</b>	<b>13,7</b>	<b>16,5</b>	<b>19,8</b>	<b>22,2</b>	<b>17,5</b>	<b>20,0</b>	<b>32,5</b>	<b>30,6</b>	<b>23,0</b>	<b>15,4</b>			
	<b>Total après la coupe</b>	<b>19,7</b>	<b>18,9</b>	<b>18,6</b>	<b>22,2</b>	<b>23,2</b>	<b>24,1</b>	<b>22,9</b>	<b>35,0</b>	<b>37,5</b>	<b>38,6</b>	<b>38,6</b>			



**Annexe 5.** Nombre de tiges par espèce avant la coupe (AVC), après la coupe (APC) et 10 ans après la coupe, par regroupement de surface terrière (ST), dans chacune des parcelles de la pinède à pin blanc.

Période	Espèce ou groupe d'espèces	Nombre de tiges/ha										
		ST <sub>APC</sub> basse					ST <sub>APC</sub> moyenne					Témoins
		Parcelle 10	Parcelle 12	Parcelle 15	Parcelle 05	Parcelle 06	Parcelle 08	Parcelle 09	Parcelle 07T	Parcelle 11T	Parcelle 13T	Parcelle 14T
AVC	Bouleau jaune	1	7		1			8	4	2		
	Bouleau à papier	3	1	18	22	3	16	27	13	14	2	16
	Chêne rouge	14	30	6	1	5	28	1	4	5	7	2
	Érable rouge	269	108	126	49	51	98	69	100	95	72	124
	Érable à sucre	2	69		2	3			3	2		2
	Frêne noir	10										
	Hêtre à grandes feuilles	7	3		9	11	7	6	6	7	7	4
	Ostryer de Virginie		6								2	
	Peuplier à grandes dents	55	221	134	32	33	170	51	1	35	138	228
	Peuplier faux-tremble	118			11	37		14	18	21	1	14
	Tilleul d'Amérique	14	3			1						
	<b>Feuillus</b>	<b>493</b>	<b>448</b>	<b>284</b>	<b>127</b>	<b>144</b>	<b>319</b>	<b>176</b>	<b>149</b>	<b>181</b>	<b>229</b>	<b>390</b>
	Épinette blanche	62	49	48	100	66	14	16	26	57	35	10
	Pin blanc	141	274	460	346	410	398	401	326	314	387	366
	Pin gris	1		10	14	16	6	33	8	1	1	
	Pin rouge	12	4	50	20	8	14	11	14	43	28	30
	Sapin baumier	124	9	18	32	30	14	53	33	36	31	8
<b>Résineux</b>	<b>340</b>	<b>336</b>	<b>586</b>	<b>512</b>	<b>530</b>	<b>446</b>	<b>514</b>	<b>407</b>	<b>451</b>	<b>482</b>	<b>414</b>	
<b>Total avant la coupe</b>	<b>833</b>	<b>784</b>	<b>870</b>	<b>639</b>	<b>674</b>	<b>765</b>	<b>690</b>	<b>556</b>	<b>632</b>	<b>711</b>	<b>804</b>	
APC	Bouleau jaune	1	7		1			7	4	2		
	Bouleau à papier	1	1	4	16	1	12	15	13	14	2	16
	Chêne rouge	13	25	2	1	3	23	1	4	5	7	2
	Érable rouge	187	74	98	33	31	66	42	100	95	72	124
	Érable à sucre	2	56		2	2			3	2		2
	Frêne noir	8										
	Hêtre à grandes feuilles	6	2		8	8	4	4	6	7	7	4
	Ostryer de Virginie		4								2	
	Peuplier à grandes dents	33	71	8	19	6	89	21	1	35	138	228
	Peuplier faux-tremble	86			5	8		10	18	21	1	14
	Tilleul d'Amérique	12	3									
	<b>Feuillus</b>	<b>349</b>	<b>243</b>	<b>112</b>	<b>85</b>	<b>59</b>	<b>194</b>	<b>100</b>	<b>149</b>	<b>181</b>	<b>229</b>	<b>390</b>
	Épinette blanche	46	35	30	54	43	12	11	26	57	35	10
	Pin blanc	95	210	354	271	316	315	311	326	314	387	366
	Pin gris	1			2				8	1	1	
	Pin rouge	6	4	34	15	1	8	5	14	43	28	30
	Sapin baumier	76	3	10	23	21	8	35	33	36	31	8
<b>Résineux</b>	<b>224</b>	<b>252</b>	<b>428</b>	<b>365</b>	<b>381</b>	<b>343</b>	<b>364</b>	<b>407</b>	<b>451</b>	<b>482</b>	<b>414</b>	
<b>Total après la coupe</b>	<b>573</b>	<b>495</b>	<b>540</b>	<b>450</b>	<b>440</b>	<b>537</b>	<b>464</b>	<b>556</b>	<b>632</b>	<b>711</b>	<b>804</b>	

Bouleau jaune	8	1	1	5	8	5	3	6
Bouleau à papier	1	13	1	5	5	13	2	2
Chêne rouge	18	22	4	28	2	3	4	7
Érable rouge	229	94	47	87	72	133	134	119
Érable à sucre	4	62	3			3	2	2
Frêne d'Amérique	1							
Frêne noir	9							
Hêtre à grandes feuilles	14	17	11	23	10	8	12	16
Orme d'Amérique	1							
Ostryer de Virginie	4							1
Peuplier à grandes dents	29	50	4	78	15		32	112
Peuplier faux-tremble	69		6		5	16	18	1
Tilleul d'Amérique	14	3						10
<b>Feuillus</b>	<b>306</b>	<b>258</b>	<b>112</b>	<b>221</b>	<b>112</b>	<b>163</b>	<b>200</b>	<b>257</b>
Épinette blanche	46	26	32	11	11	19	48	31
Pin blanc	92	199	328	291	296	286	289	355
Pin gris	1					2		1
Pin rouge	6	3	34	8	4	10	35	24
Sapin baumier	48	3	6	6	31	42	35	22
<b>Résineux</b>	<b>193</b>	<b>231</b>	<b>400</b>	<b>316</b>	<b>342</b>	<b>359</b>	<b>407</b>	<b>433</b>
<b>Total 10 ans après la coupe</b>	<b>582</b>	<b>492</b>	<b>512</b>	<b>537</b>	<b>459</b>	<b>538</b>	<b>625</b>	<b>691</b>
	Parcelle 10	Parcelle 12	Parcelle 15	Parcelle 06	Parcelle 08	Parcelle 07T	Parcelle 11T	Parcelle 13T
	Parcelle 05	Parcelle 09	Parcelle 14T	Parcelle 13T	Parcelle 14T	Parcelle 13T	Parcelle 14T	Parcelle 14T
<b>ST<sub>AFC</sub> basse</b>				<b>ST<sub>AFC</sub> moyenne</b>			<b>Témoin</b>	
<b>Nombre de tiges/ha</b>								
<b>Période</b>								
<b>Espèce ou groupe d'espèces</b>								

Annexe 5. (suite et fin)

**Annexe 6.** Caractéristiques des parcelles de la pinède à pin blanc avant la coupe (AVC), après la coupe (APC) et 10 ans après la coupe, par regroupement de surface terrière (ST), pour différentes espèces et groupes d'espèces.

Espèce	Regroupement de ST	Parcelle	Nombre de tiges/ha			DHP moyen quadratique (cm)			
			AVC	APC	10 ans	AVC	APC	10 ans	
Toutes les espèces	ST <sub>APC</sub> moyenne	06	674	440	421	26,2	25,9	28,8	
		09	690	464	459	25,5	25,1	27,7	
		05	639	450	432	26,0	25,0	27,6	
		08	765	537	537	25,1	23,9	25,8	
	ST <sub>APC</sub> basse	12	784	495	492	23,9	22,1	24,8	
		15	870	540	512	23,6	21,0	24,1	
		10	833	573	582	21,7	20,9	23,4	
	Témoin	07T	556		538	28,3		30,4	
		11T	632		625	27,5		29,0	
		13T	711		691	26,3		27,3	
		14T	804		752	24,7		26,3	
	<b>Différence</b>			<b>APC – AVC</b>	<b>10 ans – APC</b>	<b>10 ans – AVC</b>	<b>APC – AVC</b>	<b>10 ans – APC</b>	<b>10 ans – AVC</b>
	ST <sub>APC</sub> moyenne	06	-234	-19	-253	-0,3	2,9	2,6	
		09	-226	-5	-231	-0,5	2,6	2,1	
		05	-189	-18	-207	-1,0	2,6	1,6	
		08	-228	0	-228	-1,2	1,9	0,8	
ST <sub>APC</sub> basse	12	-289	-3	-292	-1,8	2,7	0,9		
	15	-330	-28	-358	-2,7	3,2	0,5		
	10	-260	9	-251	-0,8	2,4	1,7		
Témoin	07T			-18			2,1		
	11T			-7			1,5		
	13T			-20			1,0		
	14T			-52			1,6		
<b>Proportion</b>			<b>APC/AVC</b>	<b>10 ans/APC</b>	<b>10 ans/AVC</b>	<b>APC/AVC</b>	<b>10 ans/APC</b>	<b>10 ans/AVC</b>	
ST <sub>APC</sub> moyenne	06	0,65	0,96	0,62	0,99	1,11	1,10		
	09	0,67	0,99	0,67	0,98	1,10	1,08		
	05	0,70	0,96	0,68	0,96	1,10	1,06		
	08	0,70	1,00	0,70	0,95	1,08	1,03		
ST <sub>APC</sub> basse	12	0,63	0,99	0,63	0,92	1,12	1,04		
	15	0,62	0,95	0,59	0,89	1,15	1,02		
	10	0,69	1,02	0,70	0,97	1,12	1,08		
Témoin	07T			0,97			1,07		
	11T			0,99			1,06		
	13T			0,97			1,04		
	14T			0,94			1,07		
PIB	ST <sub>APC</sub> moyenne	06	410	316	274	28,0	28,8	33,6	
		09	401	311	296	27,4	27,8	31,8	
		05	346	271	245	28,6	28,2	32,3	
		08	398	315	291	26,7	25,9	29,4	
	ST <sub>APC</sub> basse	12	274	210	199	27,5	27,6	32,5	
		15	460	354	328	22,7	22,8	26,8	
		10	141	95	92	34,3	35,6	41,2	
	Témoin	07T	326		286	33,7		38,3	
		11T	314		289	31,1		34,5	
		13T	387		355	25,7		28,3	
		14T	366		344	22,4		24,3	

Annexe 6. (suite)

Surface terrière (m <sup>2</sup> /ha)			Volume marchand brut (m <sup>3</sup> /ha)			Parcelle	Regroupement de ST	Espèce
AVC	APC	10 ans	AVC	APC	10 ans			
36,3	23,2	27,4	401	264	323	06	ST <sub>APC</sub> moyenne	Toutes les espèces
35,3	22,9	27,6	384	254	319	09		
34,0	22,2	25,8	365	242	293	05		
37,7	24,1	28,1	403	256	309	08		
35,1	18,9	23,7	325	168	222	12	ST <sub>APC</sub> basse	
38,2	18,6	23,4	387	188	253	15		
30,8	19,7	24,9	273	172	229	10		
35,0		39,0	407		465	07T	Témoin	
37,5		41,4	376		426	11T		
38,6		40,4	410		440	13T		
38,6		41,0	391		427	14T		
APC – AVC	10 ans – APC	10 ans – AVC	APC – AVC	10 ans – APC	10 ans – AVC	Différence		
-13,1	4,2	-8,9	-137	58	-79	06	ST <sub>APC</sub> moyenne	
-12,4	4,7	-7,7	-130	65	-65	09		
-11,8	3,7	-8,1	-123	51	-72	05		
-13,6	4,0	-9,6	-146	53	-93	08		
-16,2	4,8	-11,4	-158	55	-103	12	ST <sub>APC</sub> basse	
-19,6	4,8	-14,8	-200	65	-135	15		
-11,0	5,2	-5,8	-102	57	-45	10		
		4,0			58	07T	Témoin	
		3,8			50	11T		
		1,8			29	13T		
		2,4			36	14T		
APC / AVC	10 ans / APC	10 ans / AVC	APC / AVC	10 ans / APC	10 ans / AVC	Proportion		
0,64	1,18	0,75	0,66	1,22	0,80	06	ST <sub>APC</sub> moyenne	
0,65	1,20	0,78	0,66	1,26	0,83	09		
0,65	1,17	0,76	0,66	1,21	0,80	05		
0,64	1,17	0,74	0,64	1,21	0,77	08		
0,54	1,25	0,68	0,52	1,33	0,68	12	ST <sub>APC</sub> basse	
0,49	1,26	0,61	0,48	1,35	0,65	15		
0,64	1,26	0,81	0,63	1,33	0,84	10		
		1,11			1,14	07T	Témoin	
		1,10			1,13	11T		
		1,05			1,07	13T		
		1,06			1,09	14T		
AVC	APC	10 ans	AVC	APC	10 ans			
25,3	20,6	24,3	302	248	303	06	ST <sub>APC</sub> moyenne	PIB
23,7	18,8	23,5	280	224	289	09		
22,2	16,9	20,1	267	202	249	05		
22,3	16,5	19,7	261	192	238	08		
16,2	12,6	16,5	162	126	173	12	ST <sub>APC</sub> basse	
18,6	14,4	18,5	205	159	216	15		
13,0	9,4	12,3	140	102	139	10		
29,0		33,0	362		421	07T	Témoin	
23,9		27,0	252		295	11T		
20,1		22,4	232		267	13T		
14,4		16,0	157		181	14T		

## Annexe 6. (suite)

Espèce	Regroupement de ST	Parcelle	Nombre de tiges/ha			DHP moyen quadratique (cm)			
			APC – AVC	10 ans – APC	10 ans – AVC	APC – AVC	10 ans – APC	10 ans – AVC	
PIB (suite)	Différence								
	ST <sub>APC</sub> moyenne	06	-94	-42	-136	0,8	4,8	5,6	
		09	-90	-15	-105	0,4	4,0	4,4	
		05	-75	-26	-101	-0,4	4,2	3,8	
		08	-83	-24	-107	-0,8	3,5	2,7	
	ST <sub>APC</sub> basse	12	-64	-11	-75	0,2	4,9	5,1	
		15	-106	-26	-132	0,1	4,0	4,1	
		10	-46	-3	-49	1,3	5,7	6,9	
	Témoin	07T			-40			4,6	
		11T			-25			3,4	
		13T			-32			2,6	
		14T			-22			2,0	
	Proportion			APC / AVC	10 ans / APC	10 ans / AVC	APC / AVC	10 ans / APC	10 ans / AVC
	ST <sub>APC</sub> moyenne	06	0,77	0,87	0,67	1,03	1,17	1,20	
		09	0,78	0,95	0,74	1,01	1,14	1,16	
		05	0,78	0,90	0,71	0,99	1,15	1,13	
		08	0,79	0,92	0,73	0,97	1,14	1,10	
	ST <sub>APC</sub> basse	12	0,77	0,95	0,73	1,01	1,18	1,18	
		15	0,77	0,93	0,71	1,00	1,18	1,18	
		10	0,67	0,97	0,65	1,04	1,16	1,20	
Témoin	07T			0,88			1,14		
	11T			0,92			1,11		
	13T			0,92			1,10		
	14T			0,94			1,09		
Proportion par rapport à toutes les espèces			AVC	APC	10 ans	AVC	APC	10 ans	
ST <sub>APC</sub> moyenne	06	0,61	0,72	0,65	1,07	1,11	1,17		
	09	0,58	0,67	0,64	1,07	1,11	1,15		
	05	0,54	0,60	0,57	1,10	1,13	1,17		
	08	0,52	0,59	0,54	1,07	1,08	1,14		
ST <sub>APC</sub> basse	12	0,35	0,42	0,40	1,15	1,25	1,31		
	15	0,53	0,66	0,64	0,96	1,09	1,11		
	10	0,17	0,17	0,16	1,58	1,70	1,77		
Témoin	07T	0,59		0,53	1,19		1,26		
	11T	0,50		0,46	1,13		1,19		
	13T	0,54		0,51	0,98		1,04		
	14T	0,46		0,46	0,90		0,92		
			AVC	APC	10 ans	AVC	APC	10 ans	
PIB <sub>23+</sub>	ST <sub>APC</sub> moyenne	06	190	149	164	37,3	38,0	41,0	
		09	204	160	173	35,1	35,2	38,8	
		05	161	124	139	38,2	37,6	40,2	
		08	178	131	159	35,1	34,6	36,4	
	ST <sub>APC</sub> basse	12	165	129	158	32,6	32,3	35,4	
		15	164	132	172	31,1	30,5	33,0	
		10	104	71	76	38,6	39,8	44,6	
	Témoin	07T	210		214	40,1		43,1	
		11T	188		193	37,9		40,6	
		13T	186		194	32,4		34,7	
		14T	124		148	30,3		31,7	

## Annexe 6. (suite)

Surface terrière (m <sup>2</sup> /ha)			Volume marchand brut (m <sup>3</sup> /ha)			Parcelle	Regroupement de ST	Espèce
APC-AVC	10 ans-APC	10 ans-AVC	APC-AVC	10 ans-APC	10 ans-AVC			
-4,7	3,7	-1,0	-54	55	1	06	ST <sub>APC</sub> moyenne	PIB (suite)
-4,8	4,6	-0,2	-57	65	9	09		
-5,3	3,2	-2,1	-65	47	-18	05		
-5,7	3,2	-2,6	-69	46	-24	08		
-3,6	3,9	0,3	-37	48	11	12	ST <sub>APC</sub> basse	
-4,2	4,1	-0,1	-46	57	11	15		
-3,6	2,8	-0,7	-37	37	0	10		
		3,9			60	07T	Témoin	
		3,1			42	11T		
		2,3			35	13T		
		1,6			24	14T		
APC/AVC	10 ans/APC	10 ans / AVC	APC/AVC	10 ans/APC	10 ans/AVC	Proportion		
0,81	1,18	0,96	0,82	1,22	1,00	06	ST <sub>APC</sub> moyenne	PIB (suite)
0,80	1,25	0,99	0,80	1,29	1,03	09		
0,76	1,19	0,91	0,76	1,23	0,93	05		
0,74	1,19	0,88	0,73	1,24	0,91	08		
0,78	1,31	1,02	0,77	1,38	1,07	12	ST <sub>APC</sub> basse	
0,78	1,28	0,99	0,78	1,36	1,06	15		
0,72	1,30	0,94	0,73	1,36	1,00	10		
		1,14			1,16	07T	Témoin	
		1,13			1,17	11T		
		1,12			1,15	13T		
		1,11			1,15	14T		
AVC	APC	10 ans	AVC	APC	10 ans	Proportion par rapport à toutes les espèces		
0,70	0,89	0,89	0,75	0,94	0,94	06	ST <sub>APC</sub> moyenne	PIB <sub>23+</sub>
0,67	0,82	0,85	0,73	0,88	0,90	09		
0,65	0,76	0,78	0,73	0,84	0,85	05		
0,59	0,69	0,70	0,65	0,75	0,77	08		
0,46	0,67	0,70	0,50	0,75	0,78	12	ST <sub>APC</sub> basse	
0,49	0,77	0,79	0,53	0,85	0,86	15		
0,42	0,48	0,49	0,51	0,60	0,61	10		
0,83		0,84	0,89		0,91	07T	Témoin	
0,64		0,65	0,67		0,69	11T		
0,52		0,55	0,57		0,61	13T		
0,37		0,39	0,40		0,42	14T		
AVC	APC	10 ans	AVC	APC	10 ans			
20,7	16,9	21,7	262	214	278	06	ST <sub>APC</sub> moyenne	PIB <sub>23+</sub>
19,8	15,6	20,5	247	195	261	09		
18,4	13,8	17,7	234	175	227	05		
17,2	12,3	16,6	216	154	209	08		
13,8	10,6	15,6	143	109	166	12	ST <sub>APC</sub> basse	
12,5	9,7	14,7	151	117	181	15		
12,2	8,8	11,9	133	97	136	10		
26,5		31,3	340		406	07T	Témoin	
21,2		24,9	231		279	11T		
15,4		18,3	189		228	13T		
8,9		11,7	108		143	14T		

## Annexe 6. (suite)

Espèce	Regroupement de ST	Parcelle	Nombre de tiges/ha			DHP moyen quadratique (cm)			
			APC – AVC	10 ans – APC	10 ans – AVC	APC – AVC	10 ans – APC	10 ans – AVC	
			Différence						
		06	-41	15	-26	0,8	3,0	3,7	
	ST <sub>APC</sub> moyenne	09	-44	13	-31	0,1	3,6	3,7	
		05	-37	15	-22	-0,5	2,6	2,1	
		08	-47	28	-19	-0,5	1,8	1,3	
		12	-36	29	-7	-0,3	3,1	2,8	
	ST <sub>APC</sub> basse	15	-32	40	8	-0,6	2,4	1,9	
		10	-33	5	-28	1,2	4,8	6,0	
		07T			4			3,0	
	Témoin	11T			5			2,7	
		13T			8			2,2	
		14T			24			1,4	
			Proportion						
		06	0,78	1,10	0,86	1,02	1,08	1,10	
	ST <sub>APC</sub> moyenne	09	0,78	1,08	0,85	1,00	1,10	1,11	
		05	0,77	1,12	0,86	0,99	1,07	1,05	
		08	0,74	1,21	0,89	0,99	1,05	1,04	
		12	0,78	1,22	0,96	0,99	1,10	1,09	
	ST <sub>APC</sub> basse	15	0,80	1,30	1,05	0,98	1,08	1,06	
		10	0,68	1,07	0,73	1,03	1,12	1,16	
		07T			1,02			1,08	
	Témoin	11T			1,03			1,07	
		13T			1,04			1,07	
		14T			1,19			1,05	
PIB <sub>23+</sub> (suite)			Proportion par rapport au PIB						
			AVC	APC	10 ans	AVC	APC	10 ans	
			06	0,46	0,47	0,60	1,33	1,32	1,22
		ST <sub>APC</sub> moyenne	09	0,51	0,51	0,58	1,28	1,27	1,22
			05	0,47	0,46	0,57	1,33	1,34	1,24
			08	0,45	0,42	0,55	1,32	1,34	1,24
			12	0,60	0,61	0,79	1,19	1,17	1,09
		ST <sub>APC</sub> basse	15	0,36	0,37	0,52	1,37	1,34	1,23
			10	0,74	0,75	0,83	1,12	1,12	1,08
			07T			0,75			1,13
		Témoin	11T			0,67			1,18
			13T			0,55			1,22
			14T			0,43			1,30
				Proportion par rapport à toutes les espèces					
				AVC	APC	10 ans	AVC	APC	10 ans
			06	0,28	0,34	0,39	1,42	1,47	1,42
		ST <sub>APC</sub> moyenne	09	0,30	0,34	0,38	1,38	1,40	1,40
			05	0,25	0,28	0,32	1,47	1,50	1,46
			08	0,23	0,24	0,30	1,40	1,45	1,41
	12		0,19	0,24	0,34	1,36	1,46	1,43	
	ST <sub>APC</sub> basse	15	0,21	0,26	0,32	1,32	1,46	1,37	
		10	0,12	0,12	0,13	1,78	1,90	1,91	
		07T			0,40			1,42	
	Témoin	11T			0,31			1,40	
		13T			0,28			1,27	
		14T			0,20			1,20	

## Annexe 6. (suite et fin)

Surface terrière (m <sup>2</sup> /ha)			Volume marchand brut (m <sup>3</sup> /ha)			Parcelle	Regroupement de ST	Espèce
APC-AVC	10 ans-APC	10 ans-AVC	APC-AVC	10 ans-APC	10 ans-AVC			
-3,8	4,7	0,9	-47	64	17	06	ST <sub>APC</sub> moyenne	
-4,2	4,9	0,7	-52	66	14	09		
-4,6	3,9	-0,7	-59	52	-7	05		
-4,9	4,2	-0,7	-62	55	-6	08		
-3,2	5,0	1,8	-33	56	23	12	ST <sub>APC</sub> basse	
-2,8	5,0	2,2	-35	64	30	15		
-3,3	3,0	-0,3	-36	39	3	10		
		4,7			66	07T	Témoin	
		3,7			47	11T		
		2,9			39	13T		
		2,8			35	14T		
APC/AVC	10 ans/APC	10 ans / AVC	APC/AVC	10 ans/APC	10 ans/AVC	Proportion		
0,82	1,28	1,04	0,82	1,30	1,06	06	ST <sub>APC</sub> moyenne	
0,79	1,31	1,04	0,79	1,34	1,06	09		
0,75	1,28	0,96	0,75	1,30	0,97	05		
0,72	1,34	0,96	0,71	1,36	0,97	08		
0,77	1,47	1,13	0,77	1,51	1,16	12	ST <sub>APC</sub> basse	
0,78	1,52	1,18	0,77	1,55	1,20	15		
0,73	1,35	0,98	0,73	1,40	1,02	10		
		1,18			1,19	07T	Témoin	
		1,18			1,20	11T		
		1,19			1,21	13T		
		1,31			1,33	14T		
AVC	APC	10 ans	AVC	APC	10 ans	Proportion par rapport au PIB		
0,82	0,82	0,89	0,87	0,87	0,92	06	ST <sub>APC</sub> moyenne	
0,83	0,83	0,87	0,88	0,87	0,90	09		
0,83	0,82	0,88	0,88	0,86	0,91	05		
0,77	0,75	0,84	0,82	0,80	0,88	08		
0,85	0,84	0,94	0,88	0,87	0,96	12	ST <sub>APC</sub> basse	
0,67	0,67	0,79	0,74	0,73	0,84	15		
0,93	0,93	0,97	0,95	0,95	0,98	10		
0,91		0,95	0,94		0,96	07T	Témoin	
0,89		0,92	0,92		0,95	11T		
0,77		0,82	0,81		0,85	13T		
0,62		0,73	0,69		0,79	14T		
AVC	APC	10 ans	AVC	APC	10 ans	Proportion par rapport à toutes les espèces		
0,57	0,73	0,79	0,65	0,81	0,86	06	ST <sub>APC</sub> moyenne	
0,56	0,68	0,74	0,64	0,77	0,82	09		
0,54	0,62	0,68	0,64	0,72	0,77	05		
0,46	0,51	0,59	0,54	0,60	0,68	08		
0,33	0,52	0,63	0,39	0,62	0,72	12	ST <sub>APC</sub> basse	
0,39	0,56	0,66	0,44	0,65	0,75	15		
0,40	0,45	0,48	0,49	0,57	0,60	10		
0,76		0,80	0,84		0,87	07T	Témoin	
0,57		0,60	0,62		0,65	11T		
0,40		0,45	0,46		0,52	13T		
0,23		0,29	0,28		0,33	14T		

PIB<sub>23+</sub>  
(suite)

**Annexe 7.** Résultats des analyses statistiques sur les données 10 ans après la coupe.

Les valeurs des tableaux représentent les valeurs retransformées à partir des moyennes ajustées ayant servi aux tests statistiques. Horizontalement, les valeurs suivies de lettres différentes présentent des différences significatives au seuil de 5 %.

Regroupements de ST dans la pinède à pin rouge		
ST <sub>APC</sub> basse	17,4 et 19,5 m <sup>2</sup> /ha	parcelles 02 et 04
ST <sub>APC</sub> moyenne	23,5 m <sup>2</sup> /ha	parcelles 01 et 03
Regroupements de ST dans la pinède à pin blanc		
ST <sub>APC</sub> basse	18,6 à 19,7 m <sup>2</sup> /ha	parcelles 10, 12 et 15
ST <sub>APC</sub> moyenne	22,2 à 24,1 m <sup>2</sup> /ha	parcelles 05, 06, 08 et 09
Témoin	35,0 à 38,6 m <sup>2</sup> /ha	parcelles 07T, 11T, 13T et 14T

**7.1. Croissance en diamètre après 10 ans****Tableau A7.1.** Sommaire de l'analyse de la variance.

Source de variation	dln <sup>1</sup>	dld <sup>1</sup>	F	Pr > F
Pinède	1	10	55,8	<0,0001
Regroupement de ST	2	10	7,8	0,009
Pinède * Regroupement de ST	1	10	0,3	0,605
Espèce	1	9	14,8	0,004
Pinède * Espèce	1	9	0,8	0,381
Regroupement de ST * Espèce	2	9	2,8	0,115
Pinède * Regroupement de ST * Espèce	1	9	1,8	0,215
DHP	1	4289	304,9	<0,0001
DHP * Pinède	1	4289	19,3	<0,0001
DHP * Regroupement de ST	2	4289	5,4	0,005
DHP * Espèce	1	4289	13,3	0,0003
DHP * Regroupement de ST * Espèce	2	4289	4,7	0,009
DHP <sup>2</sup>	1	4289	138,3	<0,0001
DHP <sup>2</sup> * Pinède	1	4289	8,0	0,005
DHP <sup>2</sup> * Regroupement de ST	2	4289	6,8	0,001
DHP <sup>2</sup> * Espèce	1	4289	25,2	<0,0001
DHP <sup>2</sup> * Regroupement de ST * Espèce	2	4289	4,7	0,009

<sup>1</sup> dln : degrés de liberté au numérateur; dld : degrés de liberté au dénominateur.

## 7.1.1. Pinède à pin rouge

**Tableau A7.2.** Test de l'effet du regroupement de surface terrière (ST) sur la moyenne de l'accroissement en diamètre (cm) du pin rouge, pour 4 valeurs de DHP.

DHP	Regroupement de ST	
	ST <sub>APC</sub> basse	ST <sub>APC</sub> moyenne
14 cm	3,9 a	2,8 b
20 cm	5,0 a	3,8 a
30 cm	5,8 a	4,7 a
40 cm	4,7 a	4,2 a

**Tableau A7.3.** Comparaison de la moyenne de l'accroissement en diamètre (cm) du pin rouge (PIR) et du pin blanc (PIB) par regroupement de surface terrière (ST), pour 4 valeurs de DHP.

Regroupement de ST	DHP	PIB	PIR
ST <sub>APC</sub> basse	14 cm	3,9 a	4,0 a
	20 cm	5,0 a	4,8 a
	30 cm	5,8 a	6,0 a
	40 cm	4,7 b	7,0 a
ST <sub>APC</sub> moyenne	14 cm	2,8 a	3,3 a
	20 cm	3,8 a	4,1 a
	30 cm	4,7 a	5,6 a
	40 cm	4,2 b	6,9 a

## 7.1.2. Pinède à pin blanc

**Tableau A7.4.** Test de l'effet du regroupement de surface terrière (ST) sur la moyenne de l'accroissement en diamètre (cm) du pin blanc, pour 4 valeurs de DHP.

DHP	Regroupement de ST		
	ST <sub>APC</sub> basse	ST <sub>APC</sub> moyenne	Témoin
14 cm	2,8 a	2,0 b	1,4 c
20 cm	3,8 a	2,8 b	2,0 c
30 cm	5,6 a	4,4 a	3,3 b
40 cm	6,9 a	5,8 ab	4,7 b

**Tableau A7.5.** Comparaison de la moyenne de l'accroissement en diamètre (cm) du pin blanc (PIB) et du pin rouge (PIR) par regroupement de surface terrière (ST), pour 4 valeurs de DHP.

Regroupement de ST	DHP	PIB	PIR
ST <sub>APC</sub> basse	14 cm	2,8 a	2,6 a
	20 cm	3,8 a	3,9 a
	30 cm	5,6 a	5,2 a
	40 cm	6,9 a	4,5 b
ST <sub>APC</sub> moyenne	14 cm	2,0 a	2,0 a
	20 cm	2,8 a	3,1 a
	30 cm	4,4 a	4,6 a
	40 cm	5,8 a	4,3 a
Témoin	14 cm	1,4 a	1,3 a
	20 cm	2,0 a	1,7 a
	30 cm	3,3 a	2,4 a
	40 cm	4,7 a	3,0 b

## 7.2 Taux de mortalité après 10 ans (ST de tiges mortes divisée par la $ST_{APC}$ ).

**Tableau A7.6.** Sommaire de l'analyse de la variance.

Source de variation	dln*	dld*	F	Pr > F
Pinède	1	374,7	5,6	0,018
Regroupement de ST	2	202,9	6,0	0,003
Pinède * Regroupement de ST	1	10,6	0,02	0,902
DHP	1	7884	202,1	<0,001
DHP * Pinède	1	7884	11,2	<0,001
DHP * Regroupement de ST	2	7884	9	<0,001

\* dln : degrés de liberté au numérateur; dld : degrés de liberté au dénominateur

**Tableau A7.7.** Test de l'effet du regroupement de surface terrière (ST) sur le taux de mortalité de l'ensemble des espèces dans la pinède à pin blanc, pour 4 valeurs de DHP.

DHP	Regroupement de ST		
	$ST_{APC}$ basse	$ST_{APC}$ moyenne	Témoin
14 cm	0,15 a	0,18 a	0,17 a
20 cm	0,08 a	0,09 a	0,13 b
30 cm	0,02 a	0,03 a	0,08 b
40 cm	0,007 a	0,008 a	0,05 b

**Tableau A7.8.** Test de l'effet du type de pinède sur le taux de mortalité de toutes les espèces dans la pinède à pin blanc, pour 4 valeurs de DHP.

DHP	Type de pinède	
	Pinède à pin rouge	Pinède à pin blanc
14 cm	0,16 a	0,17 a
20 cm	0,07 a	0,11 b
30 cm	0,02 a	0,05 b
40 cm	0,003 a	0,02 b

**7.3. Accroissement en diamètre du pin blanc et du peuplier à grandes dents après 10 ans, pour différentes classes de DHP, dans la parcelle témoin 13T (pinède à pin blanc).**

**Tableau A7.9.** Sommaire de l'analyse de la variance.

Source de variation	dln*	dld*	F	Pr > F
Classe de DHP	5	259	19,04	<0,0001
ESS	1	259	46,8	<0,0001
Classe de DHP * ESS	5	259	0,94	0,4570

\* dln : degrés de liberté au numérateur; dld : degrés de liberté au dénominateur

**Tableau A7.10.** Comparaison de la moyenne de l'accroissement en diamètre (cm) du pin blanc (PIB) et du peuplier à grandes dents (PEG), pour différentes classes de DHP.

Classe de DHP	PIB	PEG	t	Pr < t	P ajustée
24-29 cm	2,1	1,4	-2,33	0,021	0,113
29-34 cm	2,9	1,9	-3,78	<0,001	0,001
34-39 cm	3,6	2,4	-3,60	<0,001	0,002
39-44 cm	4,1	2,9	-3,06	0,003	0,014
44-45 cm	4,3	2,5	-3,65	<0,001	0,001
45-49 cm	5,6	3,7	-2,43	0,016	0,087





Le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs a comme mandat, entre autres, d'assurer la gestion durable des forêts publiques québécoises. À cette fin, il conçoit et expérimente des traitements sylvicoles qui s'appuient sur l'autécologie des espèces et qui s'inspirent de la dynamique naturelle des forêts. Ces travaux servent notamment à définir les rendements ainsi que les modalités d'application des traitements sylvicoles. Dans ce contexte, la Direction de la recherche forestière poursuit des travaux de recherche sur l'accroissement des forêts de pins après des coupes partielles dans l'ouest du Québec méridional.

Ce mémoire de recherche forestière présente les premiers résultats de croissance et de rendement après des éclaircies commerciales pratiquées dans une forêt formée d'une pinède à pin rouge et d'une pinède à pin blanc, dans la région de l'Outaouais.