

# Régénération naturelle dans des coupes partielles et coupes de régénération après scarifiage par décapage par placeaux





## **Photos couverture : Laurent Gagné**

### **Contributions financières**

Collectif régional de développement du Bas-Saint-Laurent  
Ministère des Forêts, de la faune et des parcs

### **Rédaction**

Tony Franceschini, Ing. f., Ph.D.

Collectif régional de développement du Bas-Saint-Laurent

Laurent Gagné, biol. M.Sc.F.

Collectif régional de développement du Bas-Saint-Laurent

Vincent Gauthray-Guyénet, Ph.D.

Centre d'enseignement et de recherche en foresterie

Valérie Desjardins, Ing.f.

Ministère des forêts, de la faune et des parcs

Luc Gagnon, Ing.f.

Ministère des forêts, de la faune et des parcs, Direction de la gestion des forêts du Bas-Saint-Laurent, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

### **Lecteurs externes**

Marise Bélanger, Agente de développement - Ressources naturelles et environnement

Collectif régional de développement du Bas-Saint-Laurent

### **Analyses statistiques**

Tony Franceschini, ing. f., Ph.D.

Collectif régional de développement du Bas-Saint-Laurent

### **Citation complète :**

Franceschini T., Gagné L., Gauthray-Guyénet V., Desjardins V. et Gagnon L. 2022. Régénération naturelle dans des coupes partielles et coupes de régénération après scarifiage par décapage par placeaux. Collectif régional de développement du Bas-Saint-Laurent et ministère des Forêts, de la faune et des parcs. 43p.

Le document est disponible au lien suivant : <https://tgirt.crdbsl.org/documentation/sylviculture>

Dépôt légal, Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2022. ISBN : 978-2-9818071-4-4



## Table des matières

Liste des tableaux	2
Liste des figures	2
<b>Résumé</b>	<b>1</b>
<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>Méthodologie</b>	<b>2</b>
Description de l'aire d'étude et de l'échantillonnage	3
Description des types de coupe	5
Analyses descriptives	6
<b>Résultats et discussion</b>	<b>6</b>
<b>Coefficients de distribution (CD) de la régénération</b>	<b>6</b>
Coupes avec réserve de semenciers	7
Coupes progressives régulières	8
Coupes progressives irrégulières	9
Coupes de jardinage	10
Discussion	11
<b>Proportions de semis dans et hors placeaux</b>	<b>12</b>
<b>Hauteur des semis</b>	<b>13</b>
Coupes avec réserve de semenciers	13
Coupes progressives régulières	14
Coupes progressives irrégulières	16
Coupes de jardinage	18
Discussion	20
<b>Conclusions et perspectives</b>	<b>22</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>25</b>
<b>Annexe 1 : Résumé du protocole d'échantillonnage</b>	<b>29</b>
<b>Annexe 2 : Illustration photographique des différents types de coupes étudiés</b>	<b>35</b>
<b>Annexe 3 : Quelques éléments de compréhension mathématique</b>	<b>41</b>

## Liste des tableaux

Tableau 1: Nombre de placettes visitées par type de traitement sylvicole et par année de préparation de terrain	3
Tableau 2: Nombre de semis mesurés par traitement sylvicole et par année de préparation de terrain	4
Tableau 3: Nombre de semis mesurés dans les placeaux par traitement sylvicole et par année de préparation de terrain	4

## Liste des figures

Figure 1: Localisation des placettes échantillonnées	3
Figure 2 : Coefficient de distribution de la régénération par essence global	6
Figure 3 : coefficient de distribution de la régénération par essence dans les coupes avec réserves de semenciers	7
Figure 4 : coefficient de distribution de la régénération par essence dans les coupes partielles régulières	8
Figure 5 : coefficient de distribution de la régénération par essences dans les coupes progressives irrégulières	9
Figure 6 : coefficient de distribution de la régénération par essence dans les coupes de jardinage	10
Figure 7: Nombre de semis échantillonnés. Orange : semis hors placeau, Rouge : semis dans placeau	11
Figure 8 : Hauteur des semis dans les placeaux dans les coupes avec réserve de semencier	12
Figure 9 : Hauteur des semis hors des placeaux dans les coupes avec réserve de semencier	13
Figure 10 : Hauteur des semis dans les placeaux dans les coupes partielles régulières	14
Figure 11 : Hauteur des semis hors des placeaux dans les coupes partielles régulières	15
Figure 12 : Hauteur des semis dans les placeaux dans les coupes partielles irrégulières	16
Figure 13 : Hauteur des semis hors des placeaux dans les coupes partielles irrégulières	17
Figure 14 : Hauteur des semis dans les placeaux dans les coupes de jardinage	18
Figure 15 : Hauteur des semis hors des placeaux dans les coupes de jardinage	18

## Résumé

Le scarifiage par décapage par placeaux est une avenue possible pour favoriser la régénération du bouleau jaune, du thuya occidental et des épinettes à la suite de coupes partielles ou de coupes avec réserve de semenciers. L'objectif de l'étude est de 1) comparer le coefficient de distribution de la régénération qui s'installe suite à un scarifiage par décapage par placeaux dans différentes coupes et 2) établir l'impact du scarifiage par décapage par placeaux sur la croissance en hauteur des semis dans les placeaux dans différentes coupes.

L'aire d'étude est située dans la sapinière à bouleau jaune de l'est et s'étend sur les unités d'aménagement 011-71 et 012-72. Quatre types de coupes partielles ont été échantillonnés : coupes de jardinage, coupes progressives irrégulières, coupes progressives régulières ou coupe avec réserve de semenciers. Tous les peuplements ont fait l'objet d'un scarifiage par décapage par placeaux de 4 m<sup>2</sup> (tolérance de 3 m<sup>2</sup> à 5 m<sup>2</sup>) à raison de 325 à 350 placeaux par hectare (tolérance de 250 à 400 placeaux) selon le type de coupe et les conditions locales ; la surface en placeaux dans les peuplements visés est d'environ 12 % avec une tolérance de 8 à 20 %. Un total de 693 placettes composées de 10 microplacettes circulaires a été échantillonné. Des analyses descriptives ont ensuite été réalisées sur les données récoltées.

L'analyse des coefficients de distribution (CD) de la régénération montre que le bouleau jaune est très présent, les CD étant supérieurs à 50 % dans la majorité des placettes dans tous les types de coupes partielles. La régénération de sapin baumier est également très présente, son CD variant de 30% à 40 % selon les types de coupes partielles. L'érable rouge, l'érable à sucre, l'épinette noire, l'épinette blanche et le thuya occidental, bien que régulièrement présents dans les placettes montrent des CD de la régénération inférieurs à 20 %. Il est noté que la régénération suivant les coupes de jardinage et les coupes progressives irrégulières est plus diversifiée que suite à une coupe avec réserve de semenciers ou une coupe progressive régulière. Lorsque l'on considère les données individuelles, il est noté que le bouleau jaune, l'épinette blanche, l'épinette noire et le thuya occidental sont présents plus abondamment dans les placeaux qu'en dehors des placeaux, plus de 20 % de leurs semis se trouvant dans les placeaux. L'érable à sucre et l'érable rouge semblent se développer préférentiellement en dehors des placeaux, moins de 5 % de leurs semis étant présents dans les placeaux. Le sapin baumier croit indifféremment à la présence des placeaux, 8 % de ses semis étant dans les placeaux. Dans les placeaux, les semis de bouleau jaune mesuraient 0,74 m en moyenne, les semis d'épinette blanche mesuraient 0,5 m, les semis d'épinette noire mesuraient 0,41 m et les semis de thuya occidental mesuraient 0,32 m. En dehors des placeaux, les semis étaient plus grands, notamment en raison de leurs âges probablement plus élevés.

Cette étude montre que scarifiage par décapage par placeaux est une avenue intéressante pour la régénération d'essences commerciales en particulier à la suite de coupes partielles. Plusieurs compléments à cette étude peuvent être envisagés : investigation de la taille des placeaux et l'intensité de scarifiage sur la régénération, importance de faire coïncider l'année semencière avec l'année de scarifiage, effet du broutage de grands herbivores, analyse de rendement économique.





## **Introduction**

La ceinture de forêt boréale comportant la forêt feuillue plus au sud et la forêt de conifères plus au nord est l'endroit sur la planète où les activités de récolte forestière sont les plus intenses (Turner, Buongiorno, et Zhu 2006). Pour optimiser et soutenir le rendement de ces forêts, les coûts engendrés par les activités d'aménagement notamment le reboisement sont toujours plus élevés. Pour diminuer les coûts liés au reboisement et à son entretien, les outils sylvicoles qui favorisent la régénération naturelle deviennent cruciaux. En effet, une régénération qui s'installe naturellement procure des avantages sylvicoles et économiques importants (Lundqvist et Nilson 2007; Olson et al. 2014). Au plan écologique, la régénération naturelle d'essences commerciales peut également avoir des effets positifs sur la diversité et la structure interne des peuplements (Kuehne et Puettmann 2008). Pour la faune, elle peut fournir une source de nourriture complémentaire pendant l'hiver notamment pour les cervidés (Dussault et al. 2005).

Les principales essences commerciales retrouvées en forêt boréales sont le bouleau jaune (*Betula alleghaniensis*), bouleau blanc (*Betula papyrifera*), peuplier faux-tremble (*Populus tremuloïdes*), érable à sucre (*Acer saccharum*), l'épinette blanche (*Picea glauca*), l'épinette noire (*Picea mariana*), le thuya occidental (*Thuja occidentalis*), le pin gris (*Pinus banksiana*) et le pin blanc (*Pinus strobus*). Plusieurs attributs biotiques et abiotiques sont nécessaires pour favoriser le succès de la régénération naturelle, en termes d'abondance et de composition (Bataineh et al. 2013). Parmi les principaux facteurs, on retrouve la présence de semenciers (Greene et Johnson 1999; Gagné, Sirois, et Lavoie 2019), l'eau (Wolken et al. 2011), la lumière (Lieffers et al. 1999; Adili, El Aouni, et Balandier 2013), le substrat de régénération (Simard, Bergeron, et Sirois 1998; Weaver et al. 2009) et l'historique d'aménagement (Bataineh et al. 2013). Tous ces facteurs ont une importance décisive les premiers mois et les premières années suivant la tombée de la graine au sol. Chaque essence exige une combinaison optimale de ces facteurs pour assurer la survie et la croissance en hauteur à long terme.

Spécifiquement, la lumière est un facteur écologique d'importance qui permet aux semis d'avoir une croissance en hauteur soutenue (Moores, Seymour, et Kenefic 2007). La relation entre la lumière et la croissance en hauteur est variable selon les essences et dépend de leur tolérance à l'ombre (Valladares et Niinemets 2008). Au stade du semis, un minimum de 20% de lumière est nécessaire pour que les semis poussent en hauteur de manière viable (Lieffers et al. 1999; Gagné, Sirois, et Lavoie 2019). Une quantité de lumière insuffisante en raison d'un couvert fermé (Prévost 2008) ou d'une végétation compétitrice trop dense (Donoso et Nyland 2006; Wiensczyk et al. 2011) entraîne un ralentissement de la croissance en hauteur et peut résulter en la mort du semis particulièrement pour les essences peu tolérantes à l'ombre comme le bouleau jaune.

L'eau et la qualité du substrat sont cruciaux au moment de la germination (Lavoie, Paré, et Bergeron 2007a; 2007b). Les substrats qui se dessèchent lentement en période de sécheresse sont considérés les plus favorables pour les essences à petites graines (Greene et Johnson 1999). Le sol minéral et le bois décomposé sont des exemples de substrats qui retiennent l'eau plus longtemps. Ceci explique l'abondance d'essences comme les

bouleaux, les épinettes et le thuya sur ces substrats (Harmon et al. 1986; Gagné, Sirois, et Lavoie 2019; Cornett et al. 2001). Toutefois, l'exposition du sol minéral sous couvert par scarifiage par décapage par placeaux<sup>1</sup> avec de la machinerie comporte certains inconvénients. Une fois le sol minéral exposé, ce dernier est rapidement envahi par des feuilles mortes ou la mousse réduisant son efficacité (Stewart et al. 2000). C'est la raison pour laquelle on réalise la scarification en même temps que les bonnes années semencières particulièrement pour le bouleau jaune (Greene et al. 2002). D'autre part, laisser du bois mort au sol n'implique pas de coûts de production supplémentaire, mais il peut s'écouler plusieurs années avant que ce substrat devienne actif pour stimuler la germination des graines.

La motivation majeure à la prescription d'une coupe partielle est économique par la récolte de bois, toutefois ce traitement a l'avantage de favoriser à la fois les conditions de lumière sous couvert tout en maintenant une humidité favorable à la germination des graines (Prévost 2008; Olson et al. 2014). Depuis plusieurs années, le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) consacre des efforts importants en vue de favoriser l'implantation de la régénération naturelle par la réalisation de scarifiage par décapage par placeaux sous couvert forestier après coupe partielle. Ceci permet d'obtenir le substrat le plus favorable pour les essences à petite graine comme le bouleau jaune, le thuya occidental et les épinettes (Greene et Johnson 1999). En forêt boréale, l'efficacité de la préparation de terrain par la méthode de scarifiage par décapage par placeaux a déjà été démontré dans un contexte de coupe totale ou de coupe progressive pour l'épinette blanche (Wurtz et Zasada 2001). Toutefois, dans le cas d'une préparation de terrain sous couvert après une coupe partielle ou une coupe de régénération pour favoriser les essences comme le bouleau jaune, les épinettes ou le thuya, il n'est pas clairement établi si l'exposition du sol minéral par placeau favorise la régénération de ces essences. En effet, des problématiques associées aux conditions hydriques (sécheresse, soulèvement par le gel, drainage) ou la présence de compétition en sous-étage peuvent réduire les chances de survie des plans dans les placeaux (Powelson et al. 2017). Des questions similaires se posent lorsque la croissance en hauteur de ces essences suite à l'exposition du sol minéral est considérée. La méthode de scarification est appliquée depuis plus de 25 ans au Bas-Saint-Laurent dans les coupes avec réserves de semenciers et les coupes partielles. Un suivi après quelques années est donc pertinent pour mesurer son efficacité à implanter une régénération de qualité et en quantité.

Cette étude poursuit deux objectifs : 1) comparer le coefficient de distribution de la régénération qui s'installe suite à un scarifiage par décapage par placeaux dans différentes coupes et 2) établir l'impact de la scarification sur la croissance en hauteur des semis dans les placeaux dans différentes coupes.

## **Méthodologie**

---

<sup>1</sup> Le scarifiage est un traitement sylvicole manuel ou mécanisé qui consiste à perturber la couche d'humus et la basse végétation concurrente afin d'ameublir le sol minéral et de le mélanger à la matière organique. Le décapage par placeaux est une méthode de scarifiage de terrain. Un placeau correspond à un emplacement de petite surface préparé et cultivé de façon à êtreensemencé ou planté. Pour plus d'informations : <https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/entreprises/fiches/scarifiage.pdf>

## Description de l'aire d'étude et de l'échantillonnage

L'aire d'étude est située dans la région écologique de la sapinière à bouleau jaune de l'est et s'étend en forêt publique dans les deux unités d'aménagement (UA) 011-71 et 012-72 au Bas-Saint-Laurent (*Figure 1*). Les secteurs ciblés étaient des peuplements composés de feuillus tolérants comme l'érable à sucre et le bouleau jaune et comportait une présence d'essences compagne comme les épinettes, les peupliers et parfois le thuya occidental. Tous les peuplements ciblés ont été traités entre 2013 et 2015 par quatre types de coupes : coupes de jardinage, coupes progressives irrégulières, coupes progressives régulières ou coupe avec réserve de semenciers. De plus, tous les peuplements ont fait l'objet d'une préparation de terrain avec la méthode de scarifiage par décapage par placeaux. La taille des placeaux visée était de 4 m<sup>2</sup> avec une tolérance allant de 3 m<sup>2</sup> à 5 m<sup>2</sup>. Dans les coupes partielles, il était visé d'avoir 325 placeaux par hectare, avec une tolérance allant de 250 à 400 placeaux par hectare. Dans les coupes avec réserve de semenciers, l'objectif était d'avoir 350 placeaux par hectare avec une tolérance allant de 300 à 400 placeaux par hectare. Ainsi, la superficie couverte par les placeaux était en moyenne de 12 % et variait de 8 % à 20 %.

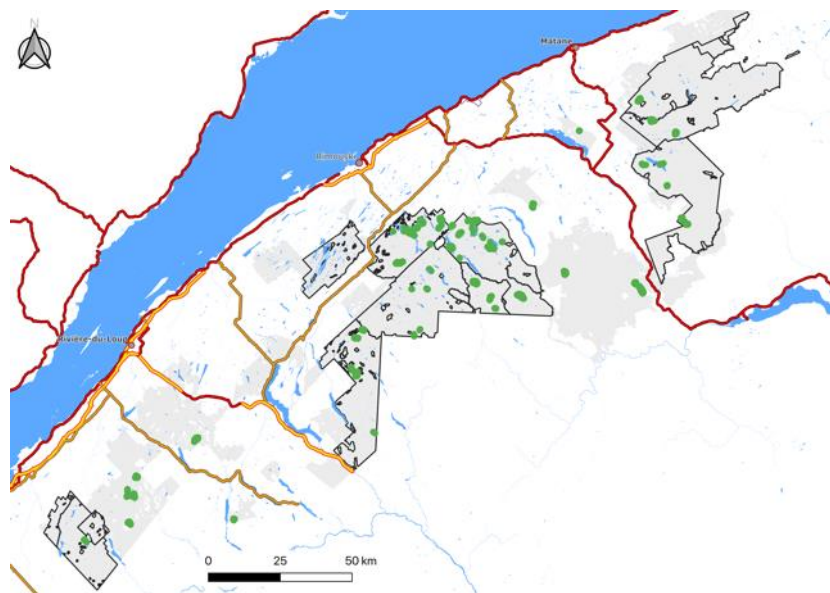


Figure 1: Localisation des placettes échantillonnées

Un total 693 placettes ont été réalisées répartie sur l'ensemble des coupes visées (*Tableau 1*). Une placette est constituée de 10 microplacettes espacées de 6 mètres l'une de l'autre. Les microplacettes sont de forme circulaire et à rayon multiple soit 1,26 m pour les résineux, 1,69 m pour les feuillus intolérants et 2,82 m pour les feuillus tolérants. Le protocole suivi pour l'établissement de ces placettes est détaillé dans une instruction technique régionale émise par le MFFP (Ministère des forêts, de la faune et des parcs 2020) et résumé dans l'annexe 1.

Tableau 1: Nombre de placettes visitées par type de traitement sylvicole et par année de préparation de terrain

	Origine du peuplement	2013	2014	2015	Total
Coupes de jardinage	Feuilleu	0	30	195	225
Coupes progressives régulières	Feuilleu	0	17	82	99
	Résineux	0	0	6	6
Coupes progressives irrégulières	Feuilleu	31	53	123	207
	Résineux	0	0	124	124
Coupes avec réserve de semenciers	Feuilleu	2	11	19	32
Total		33	111	549	693

Dans chaque microplacette, la présence de la tige d'avenir d'essence désirée de plus de 5 cm était notée pour chaque microplacette. Si présent, la hauteur et l'essence de la plus haute tige d'avenir de l'essence désirée étaient reportées. De plus, sa position dans ou hors placeau était notée. Au total, 11 775 semis réparties entre tous les types de coupes partielles ont été mesurés (Tableau 2). De ces semis, 2016 étaient situés dans les placeaux (Tableau 3).

Tableau 2: Nombre de semis mesurés par traitement sylvicole et par année de préparation de terrain

	Origine du peuplement	2013	2014	2015	Total
Coupes de jardinage	Feuilleu	0	373	3164	3537
Coupes progressives régulières	Feuilleu	0	264	1440	1704
	Résineux	0	0	89	89
Coupes progressives irrégulières	Feuilleu	741	1075	2110	3926
	Résineux	0	0	2011	2011
Coupes avec réserve de semenciers	Feuilleu	30	212	266	508
Total		771	1924	9080	11775

Toutes ces données nous ont permis de comparer le coefficient de distribution (CD) de la régénération et la hauteur moyenne du plus haut plant par essence à l'intérieur ou à l'extérieur des placeaux par type de coupe. Le coefficient de distribution<sup>2</sup> de la régénération mesure le taux d'occupation d'une superficie par des arbres d'une essence ou d'un groupe d'essence. Le coefficient de distribution, exprimé en pourcentage, correspond au nombre de placettes occupées par au moins un arbre d'une essence donnée par rapport au nombre total de placettes établies sur une superficie donnée. Cette mesure permet d'évaluer à quel point une essence est présente dans un peuplement.

<sup>2</sup> Le coefficient de distribution est aussi parfois appelé « stocking ». Pour le présent rapport, nous utilisons la dénomination telle que définie dans le manuel d'aménagement forestier (Ministère des Ressources naturelles et de la faune et des parcs 2003)

Tableau 3: Nombre de semis mesurés dans les placeaux par traitement sylvicole et par année de préparation de terrain

	<b>Origine du peuplement</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>Total</b>
Coupes de jardinage	Feuillu	0	53	419	472
Coupes progressives régulières	Feuillu	0	22	267	289
	Résineux	0	0	15	15
Coupes progressives irrégulières	Feuillu	129	201	385	715
	Résineux	0	0	422	422
Coupes avec réserves de semenciers	Feuillu	6	57	40	103
<b>Total</b>		<b>135</b>	<b>333</b>	<b>1548</b>	<b>2016</b>

### Description des types de coupe

Les définitions sont tirées du guide sylvicole du Québec, Tome 2 (Larouche et al. 2013).

La coupe avec réserve de semenciers est une coupe mode de coupe totale. Il s'agit d'un procédé de régénération qui consiste à récolter la presque totalité des arbres de dimensions marchande à la fin de la révolution en vue de permettre l'établissement d'une nouvelle cohorte de régénération dans des conditions de pleine lumière. Elle est réalisée en maintenant de 5 à 30 semenciers à l'hectare, répartis uniformément de manière dispersée ou en groupe.

La coupe progressive régulière est un procédé de régénération qui consiste à récolter le peuplement selon une série de coupes partielles étalées sur moins de 1/5 de la révolution, de manière à établir une cohorte de régénération sous la protection d'un couvert forestier contenant des arbres semenciers matures. Ce traitement est applicable généralement aux peuplements de structure régulière, matures et mal régénérés, où les essences désirées ont besoin de la protection d'un couvert pour s'établir ou pour se développer.

La coupe progressive irrégulière est un procédé de régénération qui consiste à récolter le peuplement selon une série de coupes partielles étalées sur plus de 1/5 de la révolution, de manière à établir une ou des cohortes de régénération sous la protection d'un couvert forestier comprenant des arbres matures. Ces arbres matures permettent de répondre à plusieurs besoins d'aménagement (écosystémiques, récréatifs, fauniques, en ressources multiples et en restauration écologique) et de restaurer des attributs structuraux de vieilles forêts.

Les coupes de jardinage sont des procédés de régénération qui consistent en des coupes périodiques dans un peuplement inéquienne, pour en récolter la production tout en l'aidant à atteindre une structure équilibrée ou s'y maintenir. La coupe de jardinage assure généralement les soins cultureux nécessaires aux arbres en croissance et à l'établissement de semis.

Ces différents types de coupe s'appliquant dans des cas bien précis, l'objectif de la présente étude n'est pas de les comparer ou les classer mais plutôt de faire un état des lieux dans

chaque type de coupe. Une illustration photographique de chaque type de coupe est fournie dans l'[annexe 2](#).

### Analyses descriptives

Le coefficient de distribution de la régénération par essence dans chaque type de traitement a été décrit. Considérant le déséquilibre des données entre les différentes années, l'effet de l'année de la préparation de terrain ne sera pas mis en évidence. D'autre part, la hauteur de la régénération dans et hors placeaux est décrite pour chaque traitement sylvicole et chaque essence. Dans la présente étude, il a été constaté que la médiane et la moyenne différaient souvent de manière importante. C'est pourquoi il a été choisi de présenter ces mesures ainsi que l'étendue des données. Afin d'assurer la bonne compréhension du document, une explication de ces mesures est donnée en [Annexe 3](#).

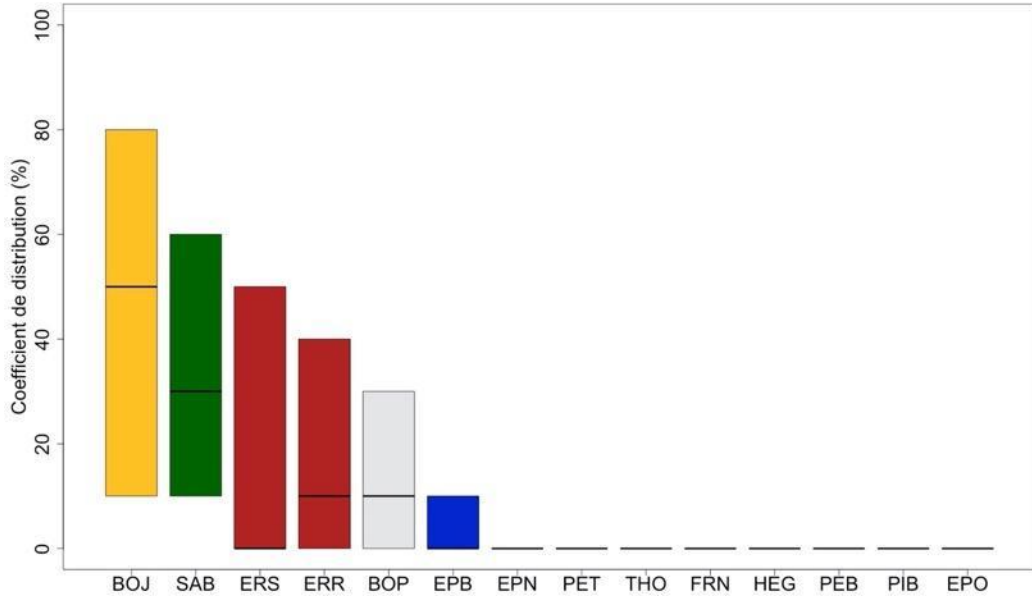
La problématique étant centrée sur quelques espèces, les résultats seront exposés en donnant une priorité dans les descriptions des résultats aux essences suivantes : bouleau jaune, épinettes (noire et blanche), thuya occidental, érables (à sucre et rouge) et sapin baumier. Dans les graphiques, ces essences sont mises en évidence par des couleurs.

## **Résultats et discussion**

### Coefficients de distribution (CD) de la régénération

Sans distinction des traitements sylvicoles et de la présence ou non d'un placeau, on observe que l'essence qui possède le CD de la régénération le plus élevé est le bouleau jaune ([Figure 2](#)). Pour cette essence, le CD varie de 10 % à 80 %, alors que la médiane est de 50 %. Le sapin baumier est la seconde essence la plus présente dans notre analyse, le CD varie de 10 % à 60 % alors que sa médiane est de 30 %. Ces deux essences, bouleau jaune et sapin, sont présentes dans la quasi-totalité des placettes.

L'érable à sucre et l'érable rouge sont quant à eux moins présents, la médiane de leur CD étant de 0 % et 10 % respectivement. Ceci indique que ces essences ne sont pas présentes dans un grand nombre de placettes. Toutefois, lorsque ces essences sont présentes, leur CD peut s'élever jusqu'à 50 % pour l'érable à sucre et 40 % pour l'érable rouge. Il est à noter que le bouleau à papier, a un CD qui varie de 0 % à 30 % avec une médiane de CD de 10 %, signifiant qu'il est peu présent dans les placettes. Les épinettes ont un faible CD et sont présentes en faible quantité. Toutefois l'épinette blanche, lorsqu'elle est présente, montre des CD pouvant atteindre jusqu'à 10 %. Le thuya occidental est présent dans de faibles proportions. Les autres essences présentes dans l'ensemble du jeu de données ne sont que marginalement présentes.

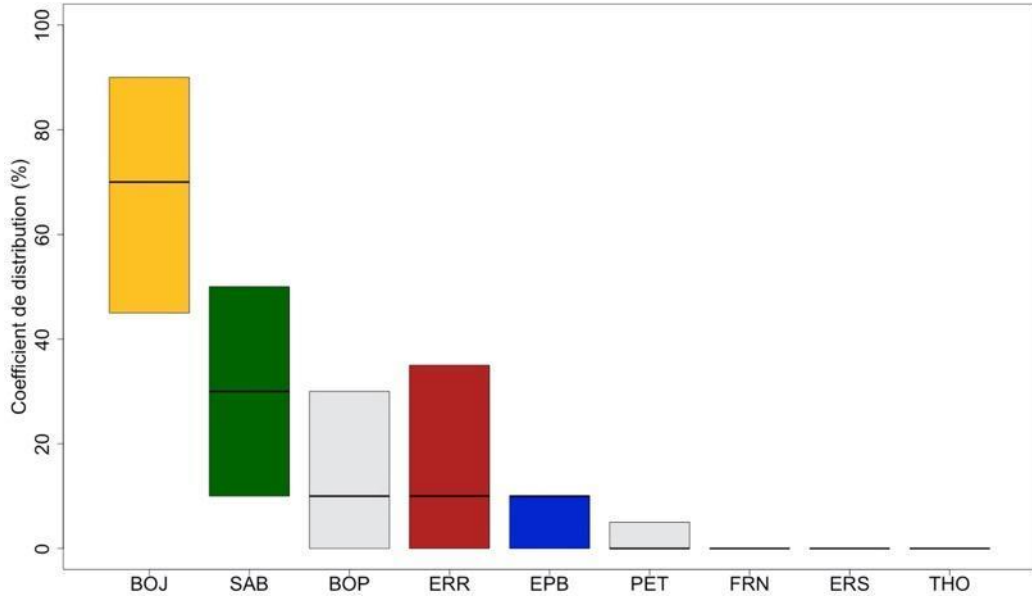


BOJ = bouleau jaune, SAB = sapin baumier, ERS = érable à sucre, ERR = érable rouge, BOP = bouleau à papier, EPB = épinette blanche, EPN = épinette noire, PÉT = peuplier faux-tremble, THO = thuya occidental, FRN = frêne noir, HEG = hêtre à grandes feuilles, PEB = peuplier baumier, PIB = pin blanc, EPO = épinette de Norvège

Figure 2 : Coefficient de distribution de la régénération global par essence

### Coupes avec réserve de semenciers

Dans les coupes avec réserve de semencier (CRS), le bouleau jaune est l'essence qui présente le CD de la régénération le plus élevé (*Figure 3*). Son CD varie de 45 % à 90 % et sa médiane est de 70 %. Le sapin baumier est l'essence avec le deuxième CD le plus élevé, son CD variant de 10 % à 50 % avec une médiane de 30 %. L'érable rouge est présent dans plus de la moitié des placettes, son CD varie de 0 % à 35 % et sa médiane est de 10 %. L'épinette blanche est peu présente, son CD atteignant au maximum 10 % dans la majorité des placettes. Dans les CRS, il est à noter que le bouleau à papier et le peuplier faux tremble peuvent se retrouver en quantité significative dans certaines parcelles. Le frêne noir, l'érable à sucre et le thuya occidental se retrouvent de façon marginale dans les peuplements traités en CRS tandis que les autres essences non nommées sont absentes.



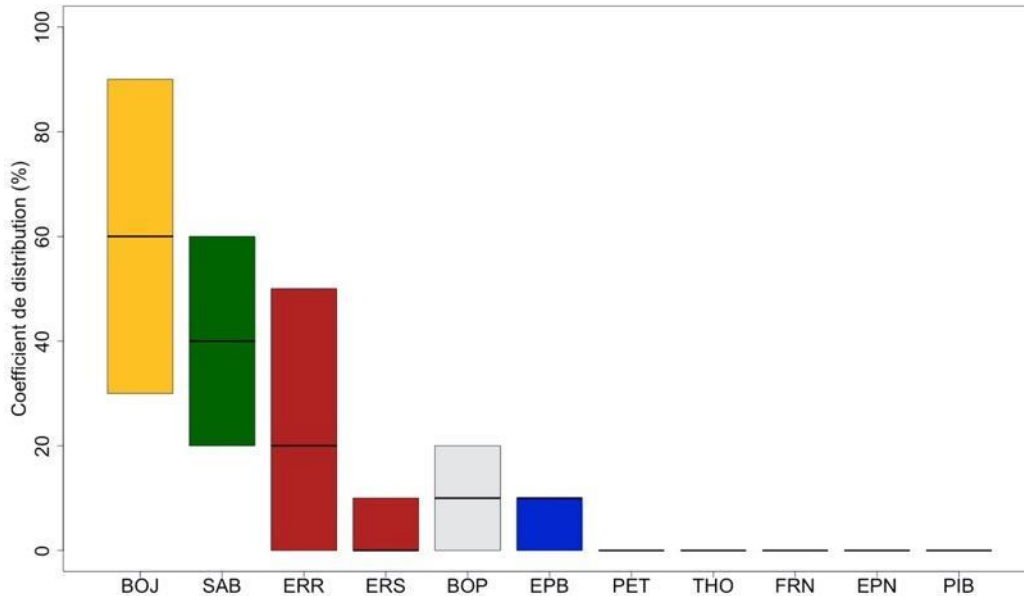
BOJ = bouleau jaune, SAB = sapin baumier, BOP = bouleau à papier, ERR = érable rouge, EPB = épinette blanche, PÉT = peuplier faux-tremble, FRN = frêne noir, ERS = érable à sucre, THO = thuya occidental

Figure 3 : coefficient de distribution de la régénération par essence dans les coupes avec réserves de semenciers

### Coupes progressives régulières

Dans les coupes progressives régulières, le bouleau jaune est encore une fois l'essence présente en plus grande quantité, son CD varie de 30 à 90 % et sa médiane est de 60 % (Figure 4). Le sapin baumier est la seconde essence, son CD varie de 20 % à 60 % et sa médiane est 40 %. L'érable rouge est très présent, son CD varie de 0 à 50 %, avec une médiane à 20 %. L'érable à sucre et l'épinette blanche sont peu présents, leur CD variant entre 0 % et 10 % et leur médiane est de 0 % et 10 % respectivement. Le bouleau à papier montre encore une fois une présence notable, son CD variant de 0 % à 20 %, avec une médiane de 10 %. Les autres essences, le peuplier faux-tremble, le thuya occidental, le frêne noir, l'épinette noire et le pin blanc, sont présentes de manière marginale.



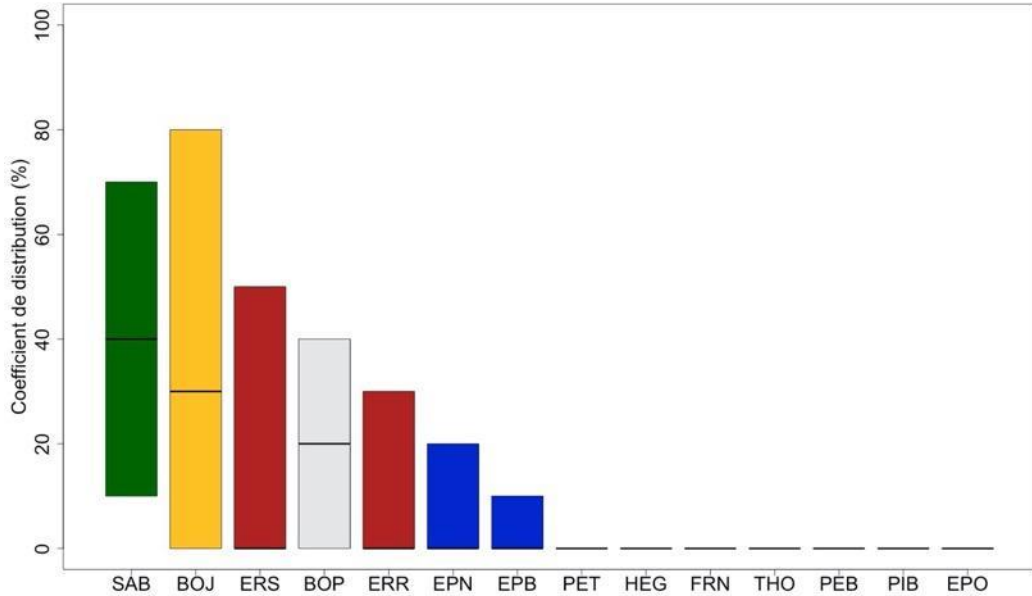


BOJ = bouleau jaune, SAB = sapin baumier, ERR = érable rouge, ERS = érable à sucre, BOP = bouleau à papier, EPB = épinette blanche, PÉT = peuplier faux-tremble, THO = thuya occidental, FRN = frêne noir, EPN = épinette noire, PIB = pin blanc

Figure 4 : coefficient de distribution de la régénération par essence dans les coupes progressives régulières

### Coupes progressives irrégulières

Dans les coupes progressives irrégulières, le CD est réparti sur un plus grand nombre d'essences (Figure 5). Le sapin baumier est l'essence la plus présente, son CD varie de 10 % à 70 % et sa médiane est de 50 %. Le bouleau jaune n'est pas présent dans toutes les placettes, son CD varie de 0 % à 80 % avec une médiane de 30 %. Le bouleau à papier est présent en quantité notable dans un grand nombre de placettes, son CD variant de 0 % à 40 %, avec une médiane de 20 %. L'érable à sucre et l'érable rouge ont un CD variant de 0 % à 50 % et de 0 % à 30 % respectivement. Le CD médian de ces deux essences de 0 % ce qui signifie que ces essences sont présentes sur moins de la moitié des placettes de coupes progressives irrégulières. L'épinette noire et l'épinette blanche sont dans une situation similaire, leur CD varie de 0 % à 20 % et de 0 % à 10 % respectivement. Le CD médian de ces deux essences de 0 % ce qui signifie que ces essences sont présentes sur moins de la moitié des placettes de coupes progressives irrégulières. Le peuplier faux-tremble, le hêtre à grandes feuilles, le frêne noir, le thuya occidental, le peuplier baumier, le pin blanc et l'épinette de Norvège sont présents en faible quantité dans les peuplements traités en coupes progressives irrégulières.

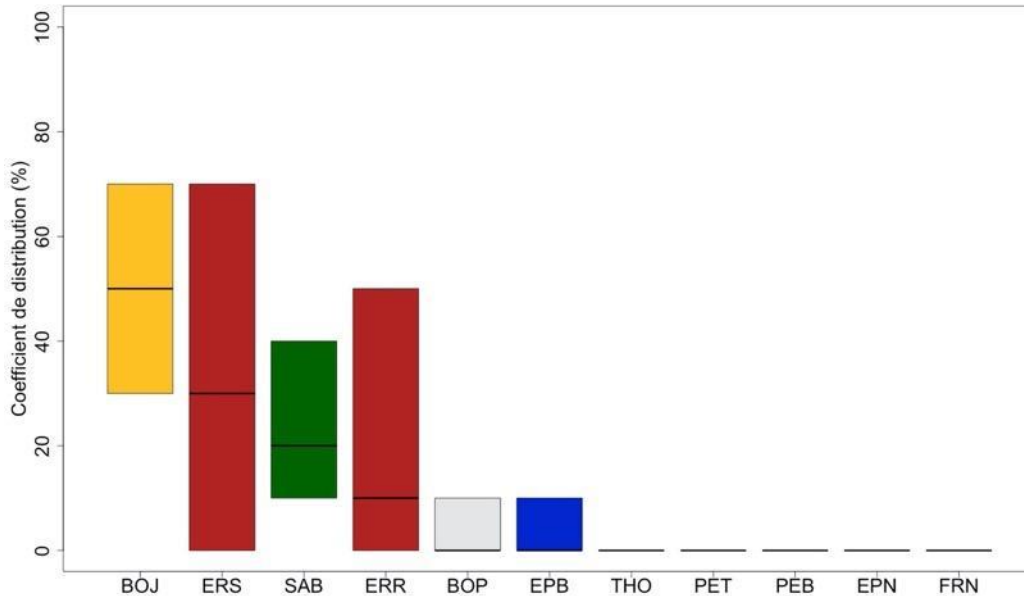


BOJ = bouleau jaune, SAB = sapin baumier, ERS = érable à sucre, ERR = érable rouge, BOP = bouleau à papier, EPB = épinette blanche, EPN = épinette noire, PET = peuplier faux-tremble, THO = thuya occidental, FRN = frêne noir, HEG = hêtre à grandes feuilles, PEB = peuplier baumier, PIB = pin blanc, EPO = épinette de Norvège

Figure 5 : coefficient de distribution de la régénération par essences dans les coupes progressives irrégulières

### Coupes de jardinage

Le bouleau jaune est l'essence avec le plus haut CD de la régénération dans les coupes de jardinage, puisqu'il varie de 30 % à 70 %, avec une médiane à 50 % (Figure 6). Le sapin baumier est régulièrement présent dans les placettes, mais dans une proportion plus restreinte, son CD varie de 10 % à 40 %, sa médiane étant de 20 %. L'érable à sucre et l'érable rouge sont présents dans la très grande majorité des placettes, leur CD varie de 0 % à 70 % et de 0 % à 50 % respectivement, leur médiane étant de 30 % et 10 % respectivement. L'épinette blanche et le bouleau à papier sont présents dans une minorité de placette, mais quand ces essences sont présentes, leur CD peut atteindre 10 %. Le thuya occidental, le peuplier faux-tremble, peuplier baumier, l'épinette noire et le frêne noir sont présent de manière marginales dans les placettes traitées en coupes de jardinage.



BOJ = bouleau jaune, ERS = érable à sucre, SAB = sapin baumier, ERR = érable rouge, BOP = bouleau à papier, EPB = épinette blanche, THO = thuya occidental, PÉT = peuplier faux-tremble, PÉB = peuplier baumier, EPN = épinette noire, FRN = frêne noir.

Figure 6 : coefficient de distribution de la régénération par essence dans les coupes de jardinage

## Discussion

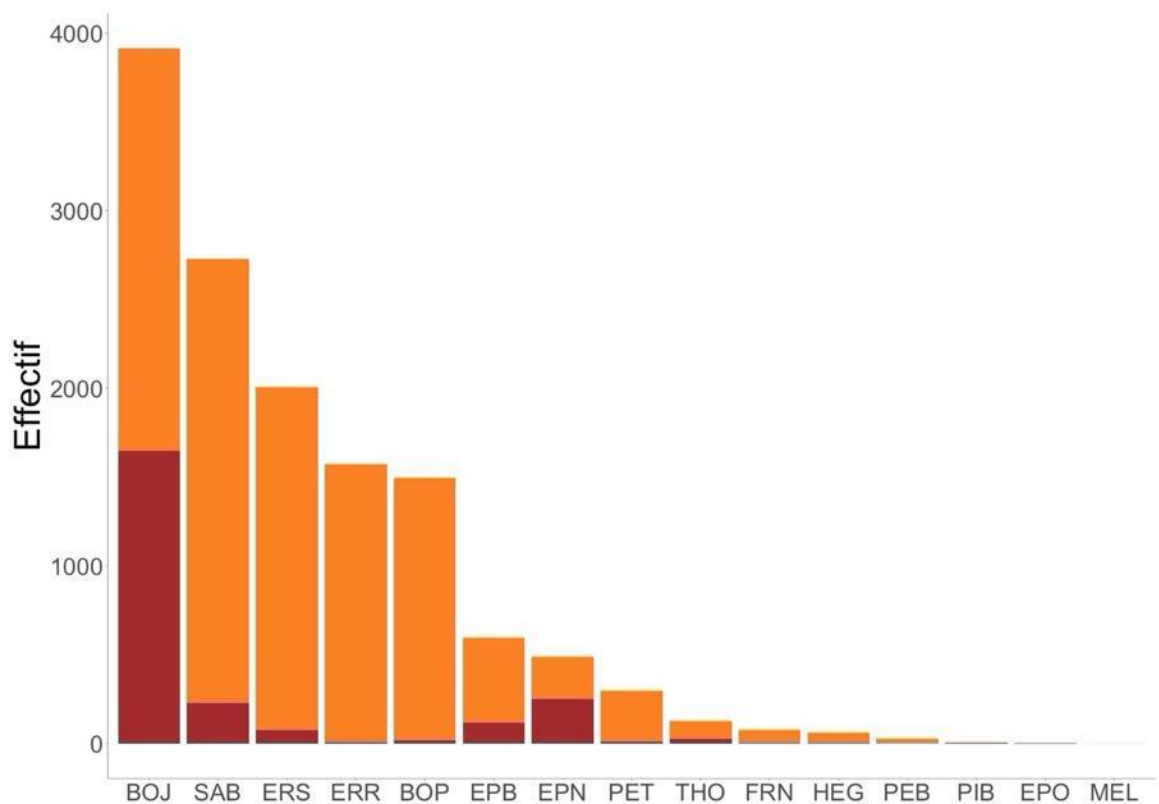
Il est constaté que dans tous les traitements sylvicoles, la régénération de bouleau jaune est très présente. Les coupes progressives irrégulières semblent moins favorables à la régénération de cette essence, comme en atteste la présence soutenue de la régénération du sapin baumier. Ceci s'explique probablement par une composition du peuplement d'origine qui n'incluait pas uniquement du bouleau jaune. Il est important de noter également que dans les coupes partielles, la distribution de la lumière sous couvert n'est pas uniforme et l'intensité lumineuse peut parfois être inférieure à 10 %, alors que le bouleau jaune exige 20 % d'intensité lumineuse minimum (Gagné, Sirois, et Lavoie 2019). La régénération des érables est quant à elle présente dans une moindre proportion que celle du bouleau jaune. Toutefois, ces essences sont régulièrement présentes. Seules les CRS montrent une moins grande présence de l'érable à sucre et l'érable rouge. Cela s'expliquerait par le fait que le peuplement d'origine ne possédait probablement que peu d'érables, la production de graines pour cette essence était donc plus limitée. Au contraire, même si le peuplement d'origine était feuillu dans la grande majorité des cas (81 % des placettes), la régénération de sapin baumier est très présente dans tous les types d'intervention sylvicoles. Le sapin baumier est une essence ubiquiste, c'est-à-dire qu'elle se régénère facilement sur plusieurs types de substrats même si la quantité de semenciers est limitée (Burns et Honkala 1990b). La régénération des autres essences d'intérêt telles que les épinettes et surtout le thuya occidental est présente mais de manière plus limitée. En particulier, les coupes progressives irrégulières (CPI) semblent héberger une régénération d'épinettes plus importante que dans les autres traitements sylvicoles. Ceci pourrait être expliqué par le nombre de semenciers d'épinette présents dans le type de peuplements traités par une CPI. En effet, les peuplements ayant fait l'objet d'une CRS ou

un CJ ne comportent que peu de semenciers d'épinettes et de thuya, ce qui influe sur la banque de graines.

Il est également remarqué que les coupes de jardinage et les coupes progressives irrégulières présentent la plus grande diversité de régénération qui est le reflet de la diversité des essences commerciales déjà installées dans le peuplement. Ces coupes partielles ont pour objectif de créer des peuplements irréguliers et la présence de plusieurs essences permet une production de graines diversifiée.

### Proportions de semis dans et hors placeaux

Sur l'ensemble des données de hauteur recueillies, on observe que l'essence la plus présente est le bouleau jaune avec 3916 semis (*Figure 7*). Le sapin baumier est la seconde essence la plus présente avec 2728 semis mesurés. L'érable à sucre et l'érable rouge ont fait l'objet de 2005 et 1573 mesures de hauteur. Le bouleau à papier, l'épinette blanche et l'épinette noire ont été mesurés sur respectivement 1495, 595 et 489 semis. Les autres essences ont été mesurées mais dans des proportions moindres, avec des effectifs inférieurs à 300 semis.



BOJ = bouleau jaune, SAB = sapin baumier, ERS = érable à sucre, ERR = érable rouge, BOP = bouleau à papier, EPB = épinette blanche, EPN = épinette noire, PET = peuplier faux-tremble, THO = thuya occidental, FRN = frêne noir, HEG = hêtre à grandes feuilles, PEB = peuplier baumier, PIB = pin blanc, EPO = épinette de Norvège, MEL = mélèze.

Figure 7: Nombre de semis échantillonnés. Orange : semis hors placeau, Rouge : semis dans placeau

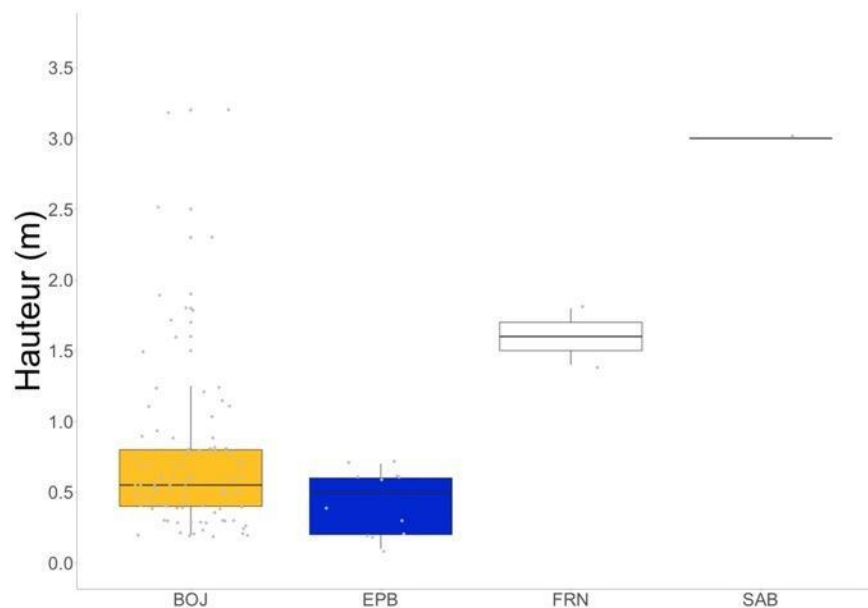
Rappelons que la taille des placeaux visée était de 4 m<sup>2</sup> avec une tolérance allant de 3 m<sup>2</sup> à 5 m<sup>2</sup>. Dans les coupes partielles, il était visé d'avoir 325 placeaux par hectare, avec une tolérance allant de 250 à 400 placeaux par hectare. Dans les coupes avec réserve de

semenciers, l'objectif était d'avoir 350 placeaux par hectare avec une tolérance allant de 300 à 400 placeaux par hectare. Ainsi, la superficie couverte par les placeaux était en moyenne de 12 % et variait de 8 % à 20 %. Il est intéressant de noter que, dans les semis mesurés, quatre essences présentent des proportions de semis dans les placeaux supérieures à 12 % : l'épinette noire (48,5 %), le bouleau jaune (42,1 %), le thuya occidental (21,6 %) et l'épinette blanche (20,2 %). Le sapin baumier présente une proportion de semis mesurés dans les placeaux de 8,3 %. Pour toutes les autres essences, cette proportion est inférieure à 5 %.

### Hauteur des semis

#### *Coupes avec réserve de semenciers*

Dans les coupes avec réserve de semenciers, les semis mesurés dans les placeaux provenaient de quatre essences : le bouleau jaune, l'épinette blanche, le frêne noir et le sapin baumier (*Figure 8*). Le bouleau jaune était l'essence la plus présente dans ce traitement sylvicole (85 % des semis mesurés) et la hauteur moyenne de ses semis était de 0,75 m avec une médiane de 0,55 m. Les semis d'épinette blanche dans les placeaux représentaient 12 % des mesures et mesuraient en moyenne 0,43 m avec une médiane de 0,5 m. Le frêne noir et le sapin baumier représentaient moins de 2 % des mesures de semis, et leur nombre n'était pas assez suffisant pour produire des mesures statistiques pertinentes.

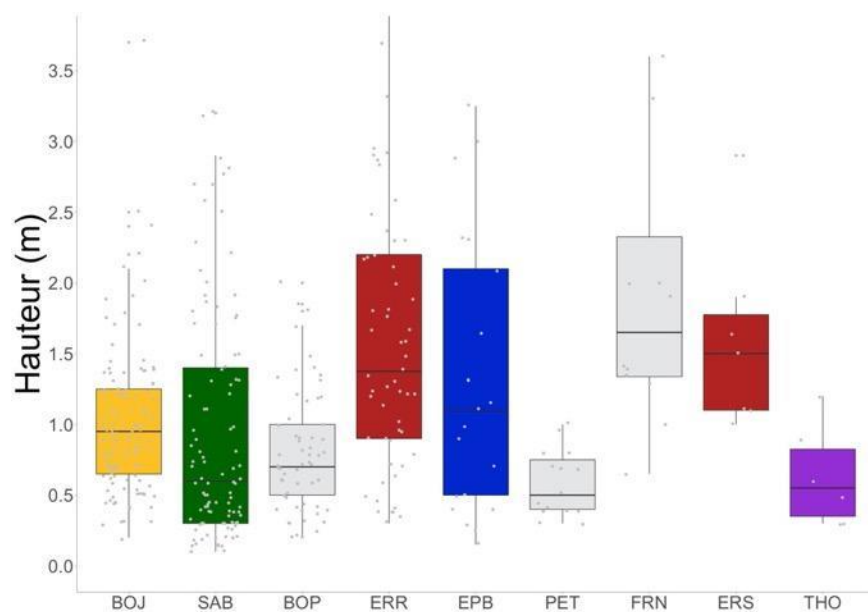


BOJ = bouleau jaune, EPB = épinette blanche, FRN = frêne noir, SAB = sapin baumier. Chaque point grisé correspond à une observation. Les essences sont classées de la plus présente à la moins présente.

*Figure 8 : Hauteur des semis dans les placeaux dans les coupes avec réserve de semencier*

Lorsque l'on considère les semis en dehors des placeaux, le bouleau jaune reste l'essence la plus présente (30 % des mesures) et ses semis présentent des hauteurs moyennes de 1,1

m avec une médiane à 0,95 m (Figure 9). Le sapin baumier est la deuxième essence la plus présente (25 % des mesures) et ses semis mesuraient en moyenne 0,94 m (médiane à 0,60 m). Le bouleau à papier est une essence présente de manière soutenue (15 % des mesures), et ses semis mesurent en moyenne 0,80 m (médiane à 0,7 m). L'érable rouge est régulièrement présent (14 % des mesures), ses semis mesurant en moyenne 1,6 m (médiane à 1,4 m). Les semis d'épinette blanche représentaient 5 % des mesures, et mesuraient en moyenne 1,3 m (médiane à 1,1 m). Les semis de peuplier faux-tremble étaient présents en faible quantité (4 % des mesures) et mesuraient en moyenne 0,59 m (médiane à 0,5 m). Les semis de frêne noir représentaient 3 % des mesures, et mesuraient 2,5 m en moyenne (médiane à 1,7 m). Enfin, les semis d'érable rouge et de thuya occidental étaient présents de manière marginale, chaque essence étant représentée par moins de 10 individus.

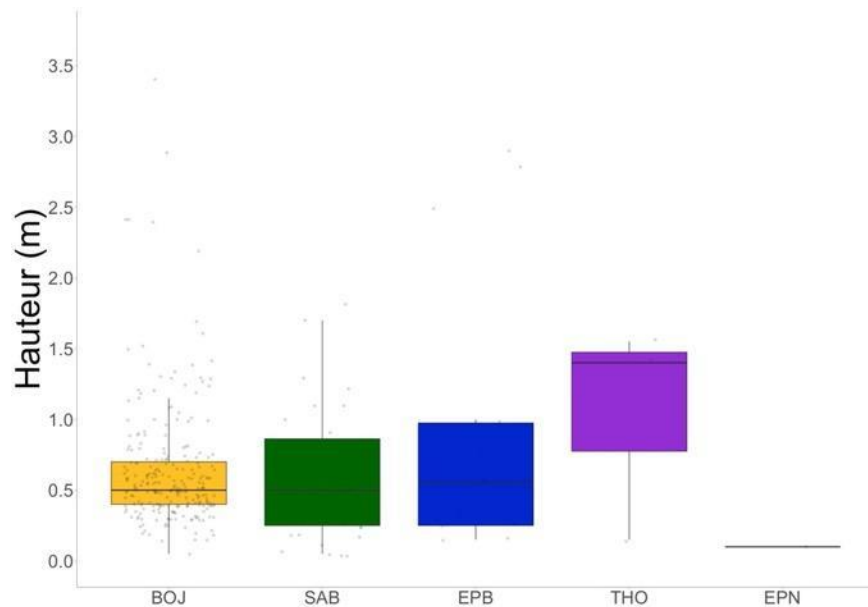


BOJ = bouleau jaune, SAB = sapin baumier, BOP = bouleau à papier, ERR = érable rouge, EPB = épinette blanche, PET = peuplier faux-tremble, FRN = frêne noir, ERS = érable à sucre, THO = thuya occidental. Chaque point grisé correspond à une observation. Les essences sont classées de la plus présente à la moins présente.

Figure 9 : Hauteur des semis hors des placeaux dans les coupes avec réserve de semencier

### Coupes progressives régulières

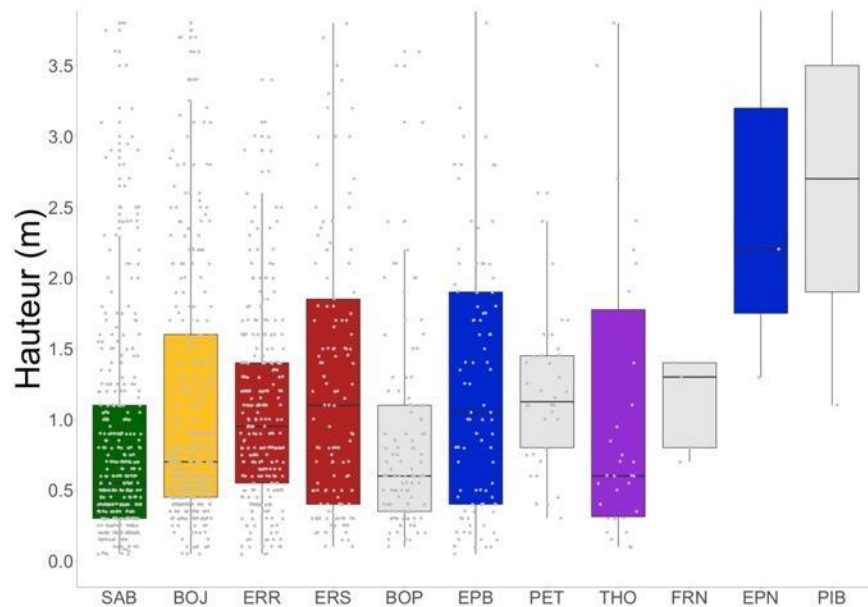
Dans les coupes progressives régulières, le bouleau jaune est l'essence la plus présente (81 % des mesures) dans les placeaux, avec des hauteurs moyennes de 0,70 m et une médiane de 0,50 m (Figure 10). Le sapin baumier est la deuxième essence la plus présente (13 % des mesures) dans ces traitements sylvicoles, et la hauteur moyenne de ses semis dans les placeaux était de 0,77 m avec une médiane de 0,50 m. Les semis d'épinette blanche étaient présents dans les placeaux de manière soutenue (4,9 % des mesures), et mesuraient en moyenne 0,92 m (médiane de 0,55 m). Bien que présents dans certains placeaux, les semis de thuya occidental et d'épinette noire étaient présents ensemble pour moins de 1,1 % des mesures (moins de 10 individus au total pour chaque essence).



BOJ = bouleau jaune, SAB = sapin baumier, EPB = épinette blanche, THO = thuya occidentale, EPN = épinette noire. Chaque point grisé correspond à une observation. Les essences sont classées de la plus présente à la moins présente.

La situation des semis en dehors des placeaux est différente (*Figure 11*). Le sapin baumier est l'essence la plus présente (27 % des mesures), ses semis étant de 0,97 m de hauteur en moyenne (médiane à 0,55 m). Le bouleau jaune est aussi une essence très présente en dehors des placeaux (26 % des mesures), et la hauteur moyenne de ses semis était de 1,2 m (médiane à 0,7 m). Dans les coupes progressives régulières, les semis d'érable rouge étaient présents dans 19 % des placettes, avec une hauteur moyenne de 1,1 m (médiane à 0,95 m). Les semis d'érable à sucre étaient présents régulièrement dans les placettes (9,2 % des mesures) et mesuraient en moyenne 1,3 m (médiane à 1,1 m). Les semis de bouleau à papier sont présents dans un certain nombre de placettes (7,5 % des mesures), et mesuraient 0,97 m (médiane à 0,6 m). L'épinette blanche est présente de manière minoritaire (6 % des mesures), ses semis étant de 1,3 m en moyenne (médiane à 1,1 m). Le peuplier faux-tremble est présent dans un faible nombre de placettes (2,6 % des mesures), avec des semis mesurant 1,2 m (médiane à 1,1 m). Le thuya occidental était présent dans un petit nombre de placettes (2,3 % des mesures), ses semis mesurant 1,2 m (médiane à 0,6 m). Le frêne noir, l'épinette noire et le pin blanc sont faiblement présents en dehors des placeaux dans les coupes progressives régulières, puisque les semis mesurés représentent moins de 0,5 % des mesures ensemble.

Figure 10 : Hauteur des semis dans les placeaux dans les coupes progressives régulières



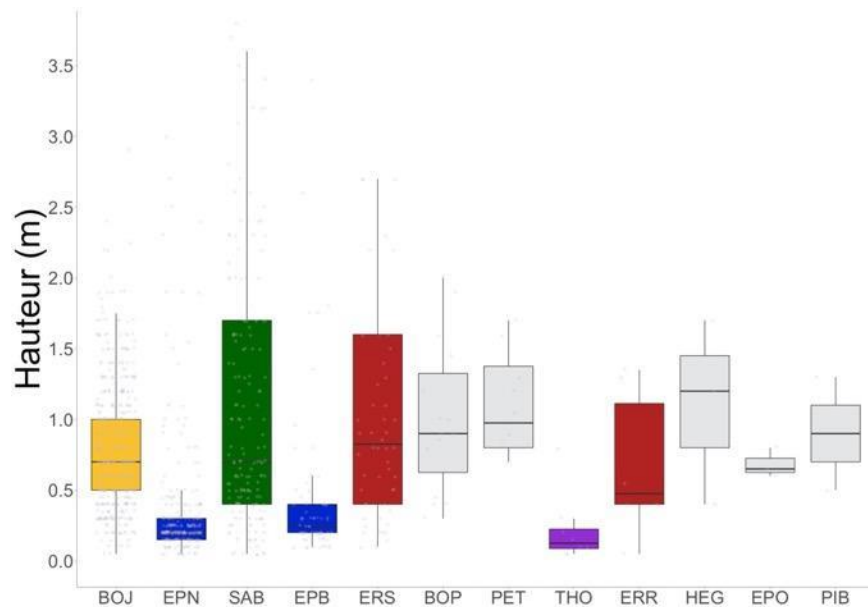
SAB = sapin baumier, BOJ = bouleau jaune, ERR = érable rouge, ERS = érable à sucre, BOP = bouleau à papier, EPB = épinette blanche, PET = peuplier faux-tremble, THO = thuya occidental, FRN = frêne noir, EPN = épinette noire, PIB = pin blanc. Chaque point grisé correspond à une observation. Les essences sont classées de la plus présente à la moins présente.

Figure 11 : Hauteur des semis hors des placeaux dans les coupes progressives régulières

### Coupes progressives irrégulières

Dans les coupes progressives irrégulières, un grand nombre de semis ont été identifiés dans les placeaux (*Figure 12*). Le bouleau jaune est l'essence la plus présente (46 % des mesures), avec des hauteurs moyennes de 0,84 m et une médiane de 0,7 m. L'épinette blanche et l'épinette noire étaient également très présentes dans les placeaux (22 et 6,2 % des mesures respectivement), la hauteur de leur semis s'élevant à 0,45 m (médiane de 0,25 m) et 0,41 m (médiane de 0,2 m) respectivement. Le sapin baumier est la troisième essence la plus présente (16 % des mesures) dans les placeaux, et ses semis mesuraient 1,37 m en moyenne (médiane à 0,7 m). L'érable à sucre (4,9 % des mesures) et, dans une moindre mesure, l'érable rouge (0,49 % des mesures) étaient présents dans les placeaux, et leurs semis mesuraient en moyenne 1,45 m (médiane de 0,83 m) et 0,68 m (médiane de 0,48 m) respectivement. Les semis de bouleau à papier présents dans les placeaux (1,3 % des mesures) mesuraient 1,0 m en moyenne (médiane de 0,9 m). Les peupliers faux-tremble présents dans les placeaux (1,1 % des mesures) mesuraient 1,33 m avec une médiane de 0,98 m. Enfin, les semis de thuya occidental présents dans les placeaux (0,70 % des mesures) mesuraient 0,22 m (médiane de 0,13 m). Il est à noter que l'érable rouge, le hêtre à grande feuille, l'épinette de Norvège et le pin blanc n'étaient que très peu présents et représentaient ensemble moins de 1,5 % des mesures (moins de 6 individus par essence).

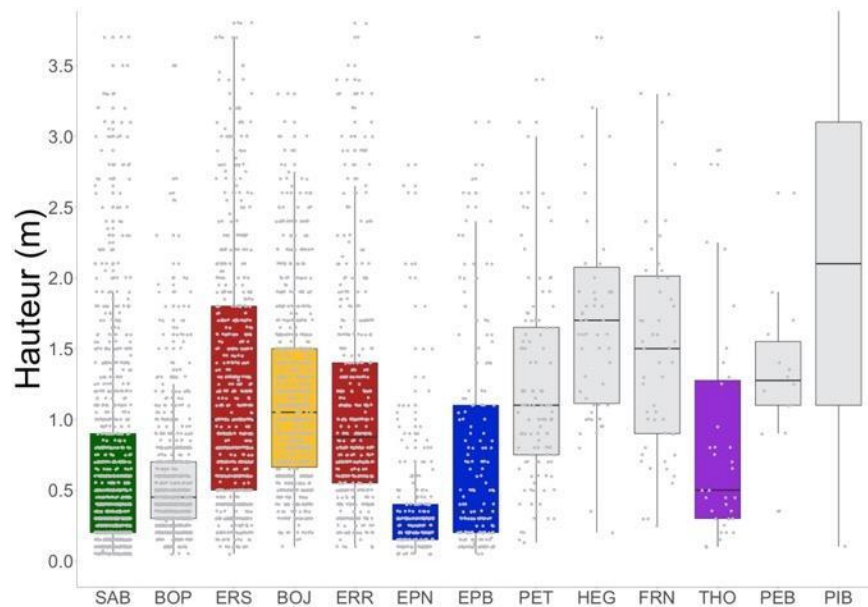




BOJ = bouleau jaune, EPN = épinette noire, SAB = sapin baumier, EPB = épinette blanche, ERS = érable à sucre, BOP = bouleau à papier, PET = peuplier faux-tremble, THO = thuya occidental, ERR = érable rouge, HEG = hêtre à grandes feuilles, EPO = épinette de Norvège, PIB = pin blanc. Chaque point grisé correspond à une observation. Les essences sont classées de la plus présente à la moins présente.

Figure 12 : Hauteur des semis dans les placeaux dans les coupes progressives irrégulières

En dehors des placeaux, les caractéristiques des semis sont différentes de ce qui peut y avoir dans les placeaux (*Figure 13*). En effet, le sapin baumier est l'essence la plus représentée (24,5 % des mesures) et ses semis mesurent en moyenne 0,72 m (médiane à 0,4 m). La deuxième essence la plus représentée est le bouleau à papier (17,2 % des mesures), avec des semis de 0,49 m en moyenne (médiane à 0,45 m). L'érable à sucre est la troisième essence la plus présente dans les placettes (16,6 % des mesures), les semis mesurant en moyenne 1,4 m (médiane à 1 m). Très présents dans les placeaux, le bouleau jaune est moins présent en dehors des placeaux (16,4 % des mesures) et ses semis mesurent 1,2 m en moyenne (médiane à 1,1 m). Les semis d'érable rouge sont également régulièrement présents dans les placettes (11 % des mesures) et ses semis mesurent en moyenne 1,1 m (médiane à 0,88 m). L'épinette blanche et l'épinette noire sont des essences présentes dans un certain nombre de placettes (4,9 % et 3,9 % des mesures respectivement), et leurs semis mesurent en moyenne 0,4 m et 0,84 m respectivement (médiane à 0,25 m et 0,35 m respectivement). Le peuplier faux-tremble, le hêtre à grande feuilles, le frêne noir, le thuya occidental, le peuplier baumier et le pin gris sont des essences présentes de manière très marginales dans les mesures de semis, puisque ces essences représentent 5,5 % des mesures ensemble.

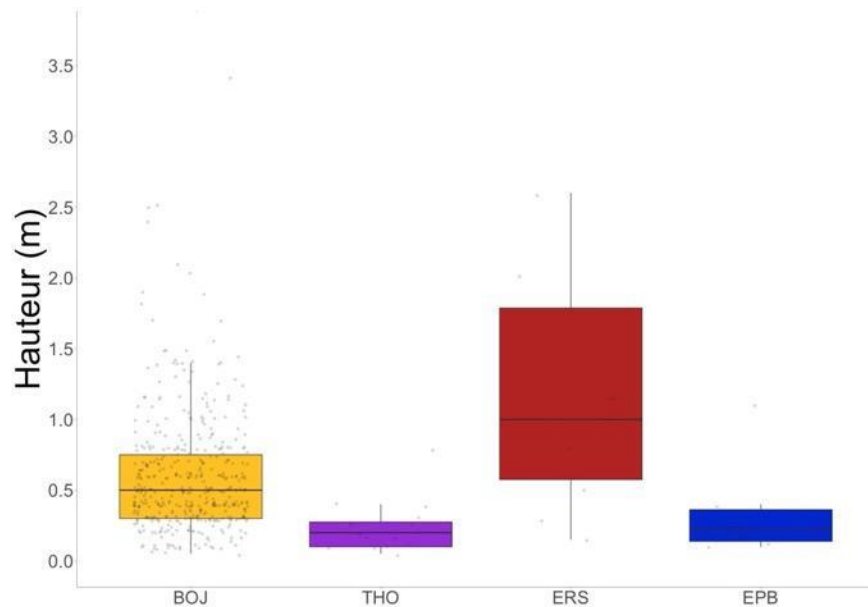


SAB = sapin baumier, BOP = bouleau à papier, ERS = érable à sucre, BOJ = bouleau jaune, ERR = érable rouge, EPN = épinette noire, EPB = épinette blanche, PET = peuplier faux-tremble, HEG = hêtre à grandes feuilles, FRN = frêne noir, THO = thuya occidental, PEB = peuplier baumier, PIB = pin blanc. Chaque point gris correspond à une observation. Les essences sont classées de la plus présente à la moins présente.

Figure 13 : Hauteur des semis hors des placeaux dans les coupes progressives irrégulières

### Coupes de jardinage

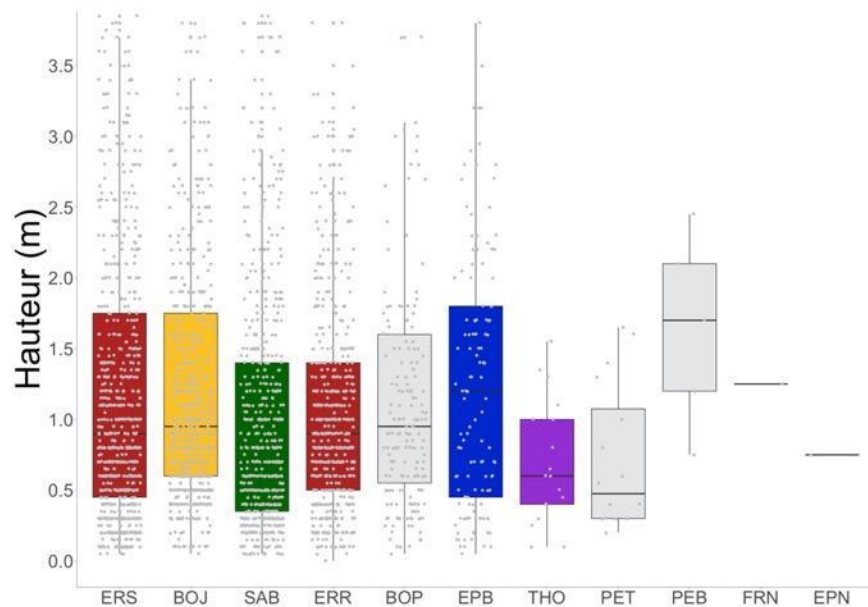
Dans les placeaux des coupes de jardinage (*Figure 14*), le bouleau jaune est très largement présent (93 % des mesures) et ses semis mesuraient 0,60 m en moyenne (médiane de 0,50 m). Les semis de thuya occidental sont régulièrement présents (3,2 % des mesures), et mesurent 0,24 m (médiane de 0,20 m). Des semis d'érable à sucre et d'épinette blanche étaient également présents, mais dans des proportions plus faibles (3,8 % des mesures ensemble), avec moins de 10 individus mesurés pour chaque essence.



BOJ = bouleau jaune, THO = thuya occidental, ERS = érable à sucre, EPB = épinette blanche. Chaque point grisé correspond à une observation. Les essences sont classées de la plus présente à la moins présente.

Figure 14 : Hauteur des semis dans les placeaux dans les coupes de jardinage

Dans les coupes de jardinage, les semis d'érable à sucre sont les plus présents en dehors des placeaux (27,6 % des mesures) et mesurent en moyenne 1,4 m (médiane à 0,9 m, *Figure 15*). Le bouleau jaune est la deuxième essence la plus présente (21,6 % des mesures) et ses semis mesurent 1,4 m (médiane à 0,95 m). Le sapin baumier est régulièrement présent en dehors des placeaux (19,9 % des mesures) et ses semis mesurent 1,1 m en moyenne (médiane à 0,7 m). L'érable rouge est très présent dans les placettes (18,9 % des placettes), ses semis mesurant 1,2 m en moyenne (médiane à 0,9 m). Le bouleau à papier est présent dans un grand nombre de placettes (6,5 % des mesures) et ses semis mesurent 1,5 m en moyenne (médiane à 0,95 m). L'épinette blanche est présente dans un certain nombre de placette (4,2 % des mesures) et ses semis mesurent 1,3 m (médiane à 1,2 m). Le thuya occidental, le peuplier faux-tremble, le peuplier baumier, le frêne noir et l'épinette noire sont peu présents dans les placettes, leurs semis représentant ensemble 1,3 % des mesures.



ERS = érable à sucre, BOJ = bouleau jaune, SAB = sapin baumier, ERR = érable rouge, BOP = bouleau à papier, EPB = épinette blanche, THO = thuya occidental, PET = peuplier faux-tremble, PEB = peuplier baumier, FRN = frêne noir, EPN = épinette noire. Chaque point grisé correspond à une observation. Les essences sont classées de la plus présente à la moins présente.

Figure 15 : Hauteur des semis hors des placeaux dans les coupes de jardinage

## Discussion

De manière générale, il est observé que les placeaux ont une diversité spécifique deux fois plus faible que les surfaces en dehors de placeaux. Ceci s'explique aisément par le fait que la régénération présente dans les placeaux n'a pu s'installer qu'après leur formation. En effet, la régénération en dehors des placeaux est plus ancienne et d'autres essences ont pu s'installer sur ces surfaces. Il est remarquable de constater que les coupes progressives irrégulières sont une exception à cette observation, la diversité spécifique étant similaire dans et en dehors des placeaux. Ceci est probablement dû à la diversité d'essence présente dans les peuplements où sont appliqués ce traitement sylvicole, comme cela a été montré dans l'analyse des coefficients de distribution.

En cohérence avec l'analyse sur les coefficients de distribution de la régénération, il est remarqué que la coupe avec réserve de semenciers est le traitement sylvicole qui possède la plus faible diversité spécifique de semis parce que les seuls arbres laissés debout sont les semenciers de bouleau jaune ou d'épinettes. Ce type de traitement sylvicole est peu appliqué dans les peuplements feuillus échantillonnés (Tableau 2) et concerne des peuplements dégradés composés de feuillus tolérants et de résineux tel que le sapin ou les épinettes<sup>3</sup>. Ainsi, ce traitement sylvicole est préconisé dans les peuplements qui ont de manière générale une plus faible diversité en essence. Les coupes progressives, qu'elles

<sup>3</sup> Selon le Dictionnaire de la Foresterie, un peuplement forestier dégradé est un peuplement « dont la composition, la structure et les fonctions naturelles ont été suffisamment endommagées pour que les niveaux de population et la diversité des organismes qui y vivent soient modifiées artificiellement, ou dont les structures nécessaires aux populations et aux processus écologiques ultérieurs ont été détruites ou ne seront pas régénérées en raison d'une perturbation d'origine humaine » (Ordre des ingénieurs forestiers du Québec 2000)

soient régulières ou irrégulières, sont appliquées dans une plus grande variété de peuplements dominés par des essences longévives : feuillus tolérants, feuillus tolérants à résineux, pessières d'origine naturelle (et dans une certaine proportion de plantation pour la conversion structurale) et cédrières. Les coupes jardinées présentent une régénération plus diversifiée que dans les coupes avec réserves de semenciers, mais moins que dans les coupes progressives. De plus, la régénération présente dans les peuplements traités avec des coupes jardinées est constituée de plus d'essences feuillues que dans les autres types de coupes. Ceci est en cohérence avec les conditions d'application de ce traitement sylvicole (MFFP 2017). En effet, les coupes jardinées sont préconisées dans des érablières ou des bétulaies jaunes à érables.

Il est également remarqué que certaines essences sont en quantité plus importante dans les placeaux. En effet, la régénération du bouleau jaune, des épinettes et du thuya occidental semble plus importante dans les placeaux. Ces essences ont donc été favorisées par le travail de sol et la mise à nu du sol minéral. Le sol minéral est connu depuis longtemps comme étant le meilleur substrat pour la germination des épinettes (Burns et Honkala 1990b) et du bouleau jaune (Burton, Anderson, et Riley 1969). Le thuya occidental peut bénéficier d'une mise à nu du sol minéral, toutefois la principale contrainte pour la germination du thuya occidental est que le lit de germination doit rester humide, avec une chaleur suffisante (Burns et Honkala 1990b). Cette dernière contrainte peut expliquer le faible nombre de semis mesurés de cette essence (125), ainsi que sa tendance à se retrouver plus souvent qu'attendu dans les placeaux. De plus, peu de semenciers de thuya était présents dans le peuplement d'origine. Le sapin ne semble pas avoir de préférence pour un sol minéral ou organique, mais semble un peu plus présent en dehors des placeaux. Ceci s'explique par le comportement plus généraliste de cette essence qui germe dans des milieux variés (Burns et Honkala 1990b). Il n'est donc pas surprenant de la trouver en grande quantité, et sans préférence marquée dans et hors placeaux. Ces constatations se retrouvent dans tous les traitements sylvicoles où ces essences sont présentes. Par ailleurs, il est intéressant de constater que ces résultats concernant la mise à nu du sol minéral sont cohérents avec une étude faite précédemment sur un autre type de substrat, le bois mort (Gagné, Sirois, et Lavoie 2019). De manière plus générale cela suggère que la présence de placeaux associée à du bois mort en quantité suffisante pourrait assurer le succès de la régénération naturelle feuillue. De plus, l'installation sur chaque type de substrat n'est pas simultanée, puisque cela dépend des années semencières, ainsi que du moment où le travail de sol est réalisé. Ce décalage dans l'installation de la régénération favorise un recrutement continu sur une longue période et peut contribuer au maintien d'une structure irrégulière.

Par ailleurs, il a été démontré que l'érable à sucre échouait à germer sur des sols dépourvus de matière organique et d'humus (Nyland 1999). Il est donc cohérent d'observer une abondante régénération d'érable à sucre dans les forêts feuillues, mais en dehors des placeaux qui mettent à nu le sol minéral. Il est toutefois surprenant de constater que l'érable rouge est peu présent dans les placeaux alors que cette essence germe mieux sur du sol minéral (Burns et Honkala 1990a). Toutefois, la forte compétition d'autres essences à croissance en hauteur plus rapide dans les premières années peut avoir empêché l'érable rouge de mieux s'installer dans les placeaux. Le bouleau à papier germe facilement sur le

sol minéral, mais sa graine étant fragile (Burns et Honkala 1990a), il peut se retrouver facilement compétitionné par les autres essences. De plus, sa germination est favorisée sur le bois mort qui est présent en abondance dans les peuplements en régénération naturelle ayant fait l'objet de scarification. Ceci explique qu'il ne se retrouve que peu présents dans les placeaux alors qu'il est abondamment présent en dehors des placeaux.

Lorsque l'on s'intéresse aux hauteurs des semis, on constate qu'excepté dans les coupes progressives irrégulières, les semis dans les placeaux sont plus petits que les semis en dehors des placeaux. Ceci s'explique par la date d'installation des semis. En effet, s'il est impossible de connaître avec exactitude la date d'installation des semis, la régénération dans les placeaux n'a pu s'installer qu'après la formation des placeaux. Au contraire, les semis en dehors de placeaux peuvent être plus vieux et donc plus grands. Concernant les coupes progressives irrégulières, il est constaté que pour quelques essences (sapin baumier, érable à sucre et épinette blanche), la hauteur des semis est plus grande dans les placeaux comparativement aux semis en dehors des placeaux. Ceci est difficile à expliquer et pourrait provenir d'une année semencière particulièrement favorable pour ces essences aux années de création des placeaux.

## **Conclusions et perspectives**

L'étude présentée a permis de comparer le coefficient de distribution de la régénération et la croissance en hauteur suite à une scarification par placeaux du sol, dans différents types de coupes partielles. **Cette étude montre que le scarifiage par décapage par placeaux est une technique intéressante pour la régénération du bouleau jaune en particulier à la suite de coupes partielles.** En particulier, la complémentarité du recrutement par la création de sol minéral et le maintien de bois mort au sol semble être une avenue prometteuse pour assurer le succès de l'établissement d'une régénération naturelle dans un peuplement irrégulier. De plus, les coupes partielles traitées par placeaux montrent une diversité en essence avantageuse, notamment dans les coupes progressives régulières et irrégulières. Ceci permet d'améliorer la résilience des peuplements dans un contexte de changements climatiques où les optimums écologiques sont amenés à évoluer.

Tout d'abord, il a été montré que la régénération s'installe avec succès dans ces peuplements dans tous les types de coupes considérées : coupes avec réserve de semenciers, coupes progressives régulières, coupes progressives irrégulières et coupes de jardinage. En particulier, le bouleau jaune, essence d'intérêt majeure, est présent dans tous les types de coupes, de même que le sapin baumier. Si l'érable à sucre et l'érable rouge sont un peu moins présents, leur présence reste soutenue et appréciable dans tous les scénarios envisagés. L'épinette blanche, l'épinette noire et le thuya occidental étaient des essences d'intérêt de l'étude, mais semblent avoir plus de difficulté à se régénérer dans ces peuplements. Ensuite, il a été mis en évidence que la scarification par placeaux bénéficie à la croissance de plusieurs essences commerciales d'intérêt. De manière très marquée, le bouleau jaune bénéficie très grandement de la création de placeaux, de même que les épinettes et le thuya occidental. Pour ces deux dernières essences, le travail du sol a permis d'assurer une régénération minimale, malgré leur présence plus modeste lorsque l'on

considère le coefficient de distribution de la régénération. Le sapin baumier et l'érable à sucre semblent moins favorisé par la création de placeaux dans les peuplements.

La réalisation de placeaux dans les coupes considérées semble donc une bonne option pour réaliser des objectifs spécifiques d'aménagement. Toutefois, quelques considérations sont à prendre en compte pour déployer au mieux cette préparation de terrain. Dans un premier temps, le bouleau jaune étant fortement favorisé par la création de placeaux, il est probable que la taille des placeaux créés ainsi que leur nombre dans les peuplements traités exerce une influence sur la régénération de cette essence. Ainsi, des recherches complémentaires seraient à mener pour répondre à cette question. Dans un second temps, la préparation de terrain sert à favoriser les micro-conditions locales pour l'installation de la régénération pour certaines essences. Il est donc essentiel de combiner les travaux de terrain avec une bonne année semencière. Dans un troisième temps, la régénération des feuillus d'intérêt dans l'étude, ainsi que du sapin baumier est susceptible d'être broutée par l'orignal ou le cerf de Virginie. Il serait donc pertinent d'évaluer l'impact de la scarification du terrain sur le brout de la régénération par les grands herbivores à plus long terme. Dans un dernier temps, l'utilisation de machinerie pour la création de placeaux engendre des coûts qui peuvent être élevés. Il serait important d'établir si l'investissement initial dans la création de placeaux peut amener des bénéfices plus élevés à long terme. La présente étude suggère donc de compléter l'analyse en incluant une analyse de rendement économiques. Ceci permettrait de conclure précisément sur les gains économiques de cette préparation de terrain.





## **Bibliographie**

- Adili, Boutheina, Mohamed Hédi El Aouni, et Philippe Balandier. 2013. « Unravelling the influence of light, litter and understorey vegetation on *Pinus pinea* natural regeneration ». *Forestry: An International Journal of Forest Research* 86 (3): 297-304. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpt005>.
- Bataineh, Mohammad, Laura Kenefic, Aaron Weiskittel, Robert Wagner, et John Brissette. 2013. « Influence of Partial Harvesting and Site Factors on the Abundance and Composition of Natural Regeneration in the Acadian Forest of Maine, USA ». *Forest Ecology and Management* 306 (octobre): 96-106. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.06.016>.
- Burns, Russell M., et Barbara H. Honkala. 1990a. « Silvics of North America. Vol. 2 ». *Hardwoods. US Dep. Agric. Agric. Handb* 654: 799-815.
- . 1990b. « Silvics of North America. Volume 1, Conifers. » *Agriculture Handbook (Washington)*, n° 654.
- Burton, D. H., H. W. Anderson, et L. F. Riley. 1969. « Natural regeneration of yellow birch in Canada ». In *Birch Symposium Proceedings. Northeastern Forest Experiment Station, Upper Darby, Pennsylvania, USA*, 55-73.
- Cornett, Meredith W., Klaus J. Puettmann, Lee E. Frelich, et Peter B. Reich. 2001. « Comparing the Importance of Seedbed and Canopy Type in the Restoration of Upland *Thuja Occidentalis* Forests of Northeastern Minnesota ». *Restoration Ecology* 9 (4): 386-96. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100X.2001.94008.x>.
- Donoso, Pablo J., et Ralph D. Nyland. 2006. « Interference to Hardwood Regeneration in Northeastern North America: The Effects of Raspberries (*Rubus* spp.) Following Clearcutting and Shelterwood Methods ». *Northern Journal of Applied Forestry* 23 (4): 288-96. <https://doi.org/10.1093/njaf/23.4.288>.
- Dussault, Christian, Jean-Pierre Ouellet, Réhaume Courtois, Jean Huot, Laurier Breton, et Hélène Jolicoeur. 2005. « Linking Moose Habitat Selection to Limiting Factors ». *Ecography* 28 (5): 619-28. <https://doi.org/10.1111/j.2005.0906-7590.04263.x>.
- Gagné, Laurent, Luc Sirois, et Luc Lavoie. 2019. « Seed Rain and Seedling Establishment of *Picea Glauca* and *Abies Balsamea* after Partial Cutting in Plantations and Natural Stands ». *Forests* 10 (3): 221, <https://doi.org/10.3390/f10030221>,
- Greene, D F, et E A Johnson. 1999. « Modelling recruitment of *Populus tremuloides*, *Pinus banksiana*, and *Picea mariana* following fire in the mixedwood boreal forest ». *Canadian Journal of Forest Research* 29 (4): 462-73. <https://doi.org/10.1139/x98-211>,
- Greene, D F, D D Kneeshaw, C. Messier, V. Lieffers, D. Cormier, R. Doucet, K D Coates, A. Groot, G. Grover, et C. Calogeropoulos. 2002. « Modelling silvicultural alternatives for conifer regeneration in boreal mixedwood stands (aspen/white spruce/balsam fir) ». *The Forestry Chronicle* 78 (2): 281-95. <https://doi.org/10.5558/tfc78281-2>.
- Harmon, M. E., J. F. Franklin, F. J. Swanson, P. Sollins, S. V. Gregory, J. D. Lattin, N. H. Anderson, et al. 1986. « Ecology of Coarse Woody Debris in Temperate Ecosystems ». In *Advances in Ecological Research*, édité par A. MacFadyen et E. D. Ford, 15:133-302. Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0065-2504\(08\)60121-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2504(08)60121-X).
- Kuehne, Christian, et Klaus J. Puettmann. 2008. « Natural Regeneration in Thinned Douglas-fir Stands in Western Oregon ». *Journal of Sustainable Forestry* 27 (3): 246-74. <https://doi.org/10.1080/10549810802256221>,

- Larouche, C., F. Guillemette, P. Raymond, et J. P. Saucier. 2013. « Le guide sylvicole du Québec: les concepts et l'application de la sylviculture ». *Gouvernement du Québec*.
- Lavoie, Martin, David Paré, et Yves Bergeron. 2007a. « Quality of Growth Substrates of Post-Disturbed Lowland Black Spruce Sites for Black Spruce (*Picea Mariana*) Seedling Growth ». *New Forests*. <https://doi.org/10.1007/s11056-006-9024-5>.
- . 2007b. « Relationships between microsite type and the growth and nutrition of young black spruce on post-disturbed lowland black spruce sites in eastern Canada ». *Canadian Journal of Forest Research* 37 (1): 62-73. <https://doi.org/10.1139/x06-196>.
- Lieffers, V J, C Messier, K J Stadt, F Gendron, et P G Comeau. 1999. « Predicting and managing light in the understory of boreal forests ». *Canadian Journal of Forest Research* 29 (6): 796-811, <https://doi.org/10.1139/x98-165>.
- Lundqvist, Lars, et Kristina Nilson. 2007. « Regeneration dynamics in an uneven-aged virgin Norway spruce forest in northern Sweden ». *Scandinavian Journal of Forest Research* 22 (4): 304-9. <https://doi.org/10.1080/02827580701479717>.
- MFFP. 2017. *Sommaire du plan d'aménagement forestier intégré tactique 2018-2023*. <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/3429802>.
- Ministère des forêts, de la faune et des parcs. 2020, « Instruction technique régionale. Suivi de la mise en place de la régénération résineuse et feuillue dans les coupes de régénération et les coupes partielles (indicateurs 1 et 2). » Direction de la gestion des forêts du Bas-Saint-Laurent.
- Ministère des Ressources naturelles et de la faune et des parcs. 2003. *Manuel d'aménagement forestier*. 4<sup>ème</sup> édition. Québec: Gouvernement du Québec.
- Moore, Andrew R., Robert S. Seymour, et Laura S. Kenefic. 2007. « Height development of shade-tolerant conifer saplings in multiaged Acadian forest stands ». Publication 2954 of the Maine Agricultural and Forest Experiment Station, University of Maine, Orono, Maine. » *Canadian Journal of Forest Research* 37 (12): 2715-23. <https://doi.org/10.1139/X07-110>,
- Nyland, Ralph D. 1999. « Sugar maple: Its characteristics and potentials ». In *In: Horsley, Stephen B.; Long, Robert P., eds. Sugar maple ecology and health: proceedings of an international symposium; 1998 June 2-4; Warren, PA. Gen. Tech. Rep. NE-261, Radnor, PA: US Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station: 1-13*. Vol. 261,
- Olson, Matthew G., Spencer R. Meyer, Robert G. Wagner, et Robert S. Seymour. 2014. « Commercial thinning stimulates natural regeneration in spruce–fir stands ». *Canadian Journal of Forest Research* 44 (3): 173-81, <https://doi.org/10.1139/cjfr-2013-0227>.
- Ordre des ingénieurs forestiers du Québec. 2000, *Dictionnaire de la foresterie*. Marc Côté. Les presses de l'université Laval. <https://www.oifq.com/centre-de-documentation/dictionnaire-de-la-foresterie>.
- Powelson, R., J.L. Heineman, Lorne Bedford, John McClarnon, A.F.L. Nemeč, et Jacob Boateng. 2017. *White Spruce Responses to Mechanical Site Preparation, Chemical Site Preparation, and Post-planting Vegetation Control over Three Decades in the Boreal White and Black Spruce Zone of British Columbia*.
- Prévost, Marcel. 2008. « Effect of cutting intensity on microenvironmental conditions and regeneration dynamics in yellow birch – conifer stands ». *Canadian Journal of Forest Research* 38 (2): 317-30, <https://doi.org/10.1139/X07-168>.
- Simard, Marie-Josée, Yves Bergeron, et Luc Sirois. 1998. « Conifer Seedling Recruitment

- in a Southeastern Canadian Boreal Forest: The Importance of Substrate ». *Journal of Vegetation Science* 9 (4): 575-82. <https://doi.org/10,2307/3237273>.
- Stewart, James D., Simon M. Landhäusser, Kenneth J. Stadt, et Victor J. Lieffers. 2000, « Regeneration of White Spruce Under Aspen Canopies: Seeding, Planting, and Site Preparation ». *Western Journal of Applied Forestry* 15 (4): 177-82. <https://doi.org/10,1093/wjaf/15.4.177>.
- Turner, James A., Joseph Buongiorno, et Shushuai Zhu. 2006. « An economic model of international wood supply, forest stock and forest area change ». *Scandinavian Journal of Forest Research* 21 (1): 73-86. <https://doi.org/10,1080/02827580500478506>.
- Valladares, Fernando, et Ülo Niinemets. 2008. « Shade Tolerance, a Key Plant Feature of Complex Nature and Consequences ». *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 39 (1): 237-57. <https://doi.org/10,1146/annurev.ecolsys.39.110707.173506>.
- Weaver, Jamie K., Laura S. Kenefic, Robert S. Seymour, et John C. Brissette. 2009. « Decaying Wood and Tree Regeneration in the Acadian Forest of Maine, USA ». *Forest Ecology and Management* 257 (7): 1623-28. <https://doi.org/10,1016/j.foreco.2009.01.023>.
- Wiensczyk, Alan, Kathie Swift, Andrée Morneau, Nelson Thiffault, Kandyd Szuba, et F. Wayne Bell. 2011, « An Overview of The Efficacy of Vegetation Management Alternatives for Conifer Regeneration in Boreal Forests ». *The Forestry Chronicle* 87 (02): 175-200, <https://doi.org/10,5558/tfc2011-007>.
- Wolken, Jane M., Simon M. Landhäusser, Victor J. Lieffers, et Uldis Silins. 2011, « Seedling growth and water use of boreal conifers across different temperatures and near-flooded soil conditions ». *Canadian Journal of Forest Research* 41 (12): 2292-2300, <https://doi.org/10,1139/x11-136>.
- Wurtz, T L, et J C Zasada. 2001, « An alternative to clear-cutting in the boreal forest of Alaska: a 27-year study of regeneration after shelterwood harvesting ». *Canadian Journal of Forest Research* 31 (6): 999-1011, <https://doi.org/10,1139/x01-014>.



## Annexe 1 : Résumé du protocole d'échantillonnage

### Intensité d'échantillonnage

Le pas d'échantillonnage est d'une placette aux deux hectares. Les placettes sont uniformément distribuées de façon équidistante sur l'ensemble de la superficie à traiter d'une unité d'échantillonnage (UE).

### Dimension des microplacettes

- La grappe contient 10 microplacettes espacées de 6 mètres l'une de l'autre.
- Les microplacettes sont de forme circulaire et à rayon multiple soit 1,26 mètre, 1,69 mètre et 2,82 mètres.
- La première microplacette est à 6 mètres du point de départ de la placette.

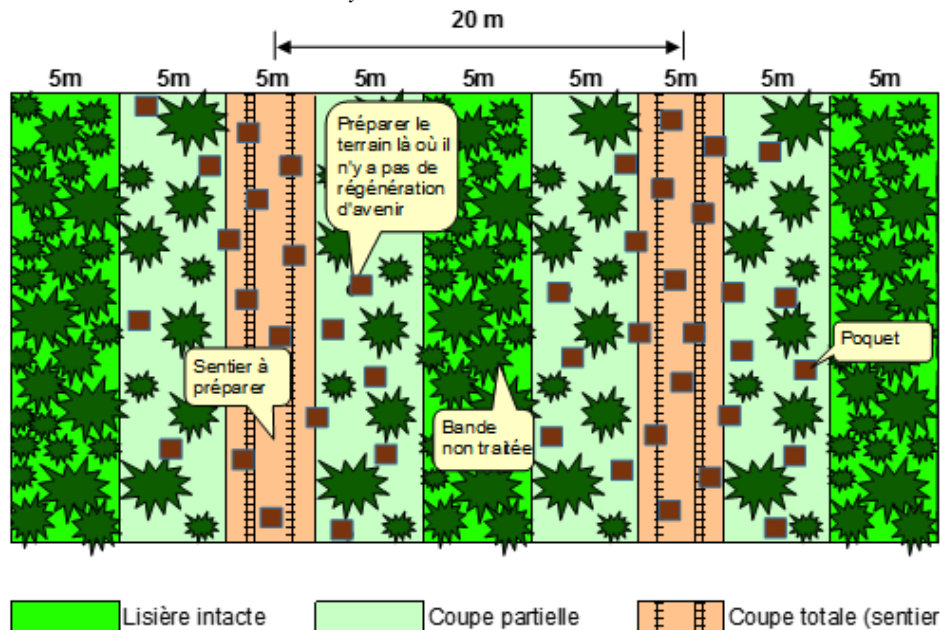
### Direction des placettes

Les placettes sont toujours orientées dans la direction nord ou sud. La direction est déterminée lors de la confection du plan de sondage.

### Exceptions

1. Pour les préparations de terrain par scarifiage par décapage par plateau dans les secteurs d'intervention issus de coupe partielle en plein (coupe partielle uniforme sur toute la superficie). Les placettes doivent être orientées perpendiculairement aux sentiers de débardage.
2. Pour les préparations de terrain par scarifiage par décapage par plateau dans les secteurs d'intervention issus de coupe partielle ayant une bande non traitée (Figure A1).

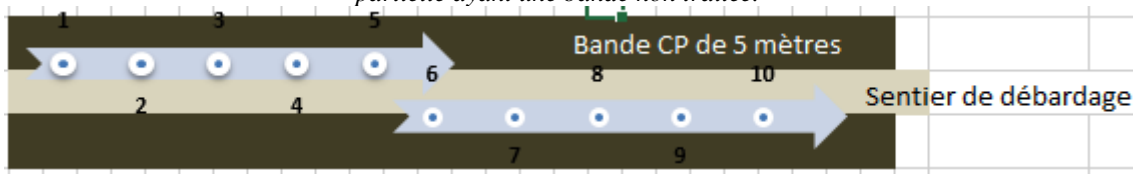
Figure A1 Exemple d'un patron de préparation de terrain dans une coupe partielle ayant une bande non traitée



Toutes les microplacettes doivent être localisées moitié-moitié dans les sentiers de débardage et les bandes de coupe partielle de 5 mètres. Pour ce faire, la microplacette 1 est située dans le sentier de débardage le plus proche du point de départ. Si le point de départ de la placette ne se trouve pas dans le sentier de débardage, se déplacer de façon perpendiculaire à l'orientation des sentiers et se rendre au sentier de débardage le plus près. Noter l'azimut.

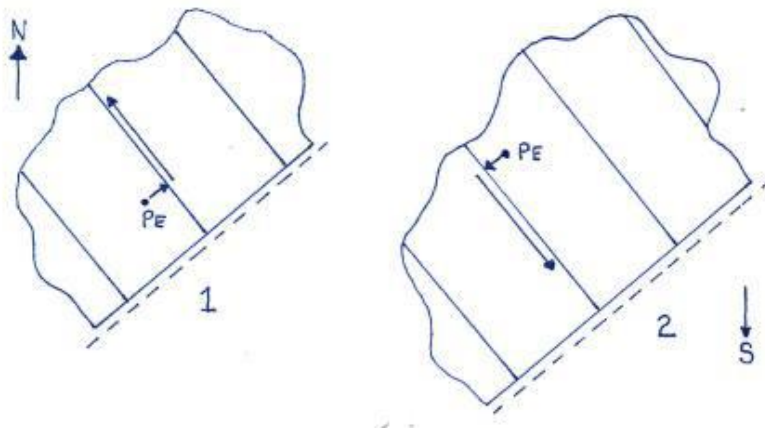
Les microplacettes 1 à 5 sont situées dans la bande de coupe partielle à gauche du sentier, et les microplacettes 6 à 10 sont situées dans la bande de coupe partielle à droite du sentier. Le point centre de la microplacette est situé dans la tangente du sentier de façon à ce que la moitié de la microplacette soit située dans la bande de coupe partielle de 5 mètres et l'autre moitié dans le sentier de débardage. Les microplacettes suivent le sentier même en cas de courbe (Figure A2).

Figure A2 : Orientation de la placette dans les préparations de terrain par scarifiage par décapage par plateau dans les secteurs d'intervention issus de coupe partielle ayant une bande non traitée.



L'évaluateur devra toujours se diriger dans le sentier de débardage vers la partie nord du secteur pour localiser les 10 microplacettes. Si la longueur du sentier ne permet pas d'établir les 10 microplacettes vers la partie nord « 1 », l'évaluateur devra les établir vers la partie sud du secteur « 2 » (Figure A3).

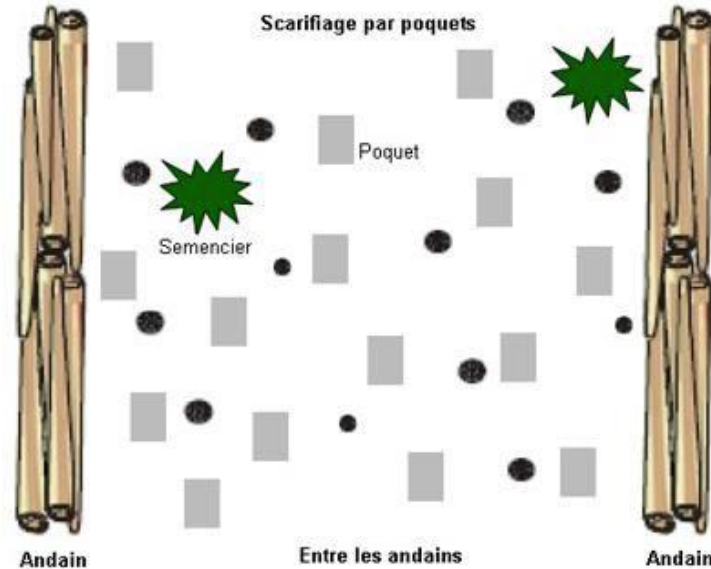
Figure A3 : Orientation selon la longueur du sentier de débardage



3. Pour les préparations de terrain par scarifiage par décapage par plateau dans les secteurs d'intervention issus de coupe avec réserve de semenciers (CRS). Les placettes doivent être orientées dans le même sens que les andains, c'est-à-dire parallèlement aux andains (Figure A4).

4. Pour les préparations de terrain par scarifiage par décapage par plateau dans les secteurs d'intervention issus de coupe par bandes. Les placettes doivent être orientées dans le même sens que les bandes et les sentiers de débardage, c'est-à-dire parallèlement aux bandes et aux sentiers de débardage

Figure A4 : Patron de préparation de terrain par scarifiage par décapage par plateau dans les CRS



### Déplacement d'une placette

Afin d'éviter la perte de placettes situées à l'extérieur de la partie traitable (exemple : à l'extérieur des contours, dans un îlot de bois marchand, dans un étang de castor, etc.), le déplacement de la placette de départ est effectué selon les paramètres suivants. La placette de départ devra être déplacée dans la direction qui permettra de l'établir dans le secteur d'intervention potentiel en respectant l'ordre N-E-S-O :

- Une première tentative à 15 mètres vers le nord; si c'est impossible.
- Une deuxième tentative à 15 mètres vers l'est; si c'est impossible.
- Une troisième tentative à 15 mètres vers le sud; si c'est impossible.
- Une dernière tentative à 15 mètres vers l'ouest.

Si, après les quatre tentatives, la placette n'a pu être établie à l'intérieur des limites du secteur d'intervention potentiel, elle sera annulée.

Lorsqu'une placette est parallèle à un chemin et qu'une série de microplacettes consécutives (5 et +) sont localisées dans celui-ci, appliquer cette méthode.

Lorsqu'il n'est pas possible d'établir une placette (10 microplacettes) au complet parce qu'on a atteint la bordure du secteur d'intervention, un chemin ou une exclusion (bouquet ou îlot de rétention), etc., on doit changer d'orientation en allant vers l'est pour installer la

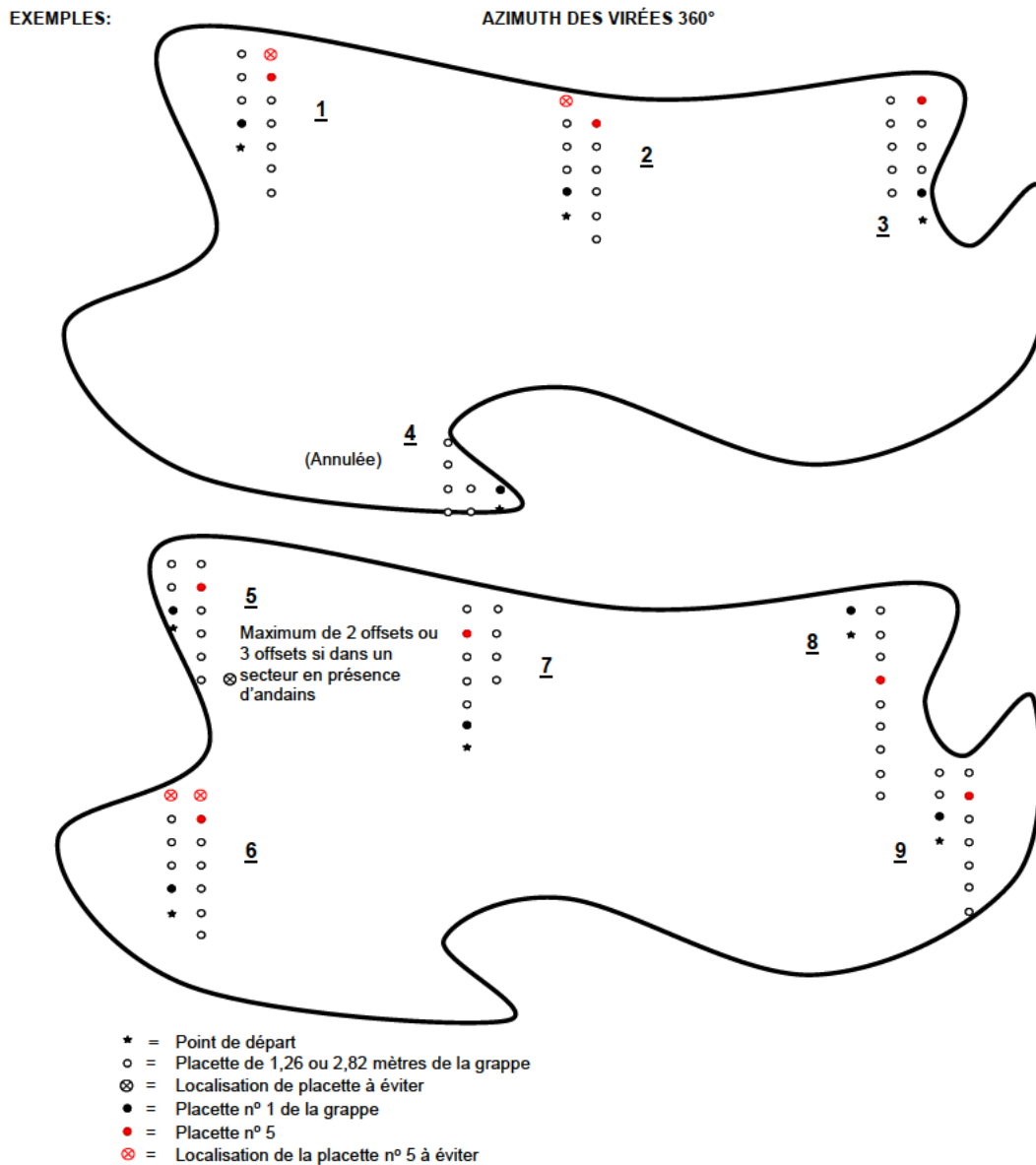
microplacette suivante sur une distance de 6 mètres. À partir de ce point, le reste de la placette est fait en sens inverse de la virée.

Lorsque le déplacement ne permet pas de faire la microplacette sans débordement à l'extérieur des limites du traitement, il faut se déplacer de 6 mètres jusqu'à ce qu'il soit possible d'installer une placette complète (Figure A5, exemples 1 et 2).

Advenant le cas où le déplacement à l'est ne permettrait pas de faire la placette au complet, la même procédure doit être appliquée du côté ouest (Figure A5, exemple 3).

Toutefois, si l'une et l'autre option ne permettent pas d'installer une placette complète, sans faire plus de deux changements de direction (offset), celle-ci devra être annulée (Figure A5, exemple 5).

Figure A5 : Exemples de déplacement de microplacettes

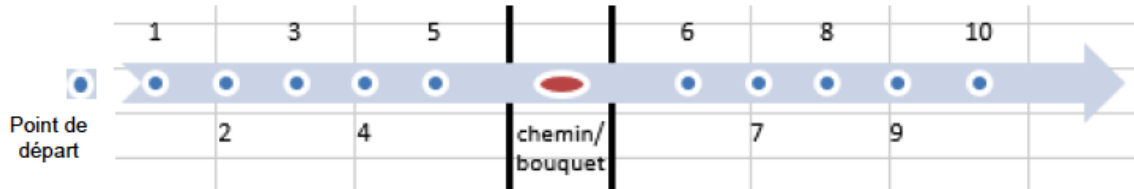




Lorsqu'une placette arrive de façon perpendiculaire à un chemin situé à l'intérieur d'un polygone, il faut traverser le chemin en déplaçant la microplacette de 6 mètres jusqu'à ce qu'il soit possible de poursuivre la placette de l'autre côté du chemin.

Lorsqu'une placette arrive dans un bouquet ou un îlot, il faut traverser le bouquet ou l'îlot en déplaçant la microplacette de 6 mètres jusqu'à ce qu'il soit possible de poursuivre la placette de l'autre côté du bouquet ou de l'îlot (Figure A6).

Figure A6 : Déplacement d'une microplacette en présence d'un chemin ou d'un bouquet





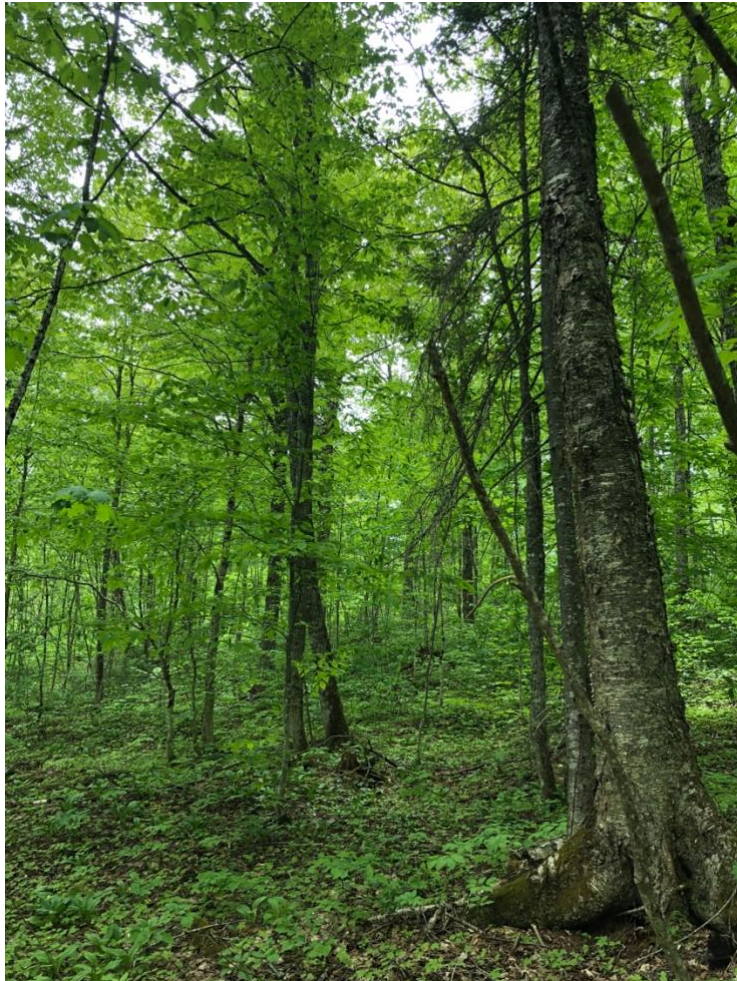
## **Annexe 2 : Illustration photographique des différents types de coupes étudiés**

Coupe avec réserve de semenciers (Crédit photo Laurent Gagné CRD dans tous les cas)





Coupe de jardinage





Coupe progressive irrégulière





Coupe progressive régulière



Régénération de jeunes semis d'épinette et bouleau jaune dans placeaux







### **Annexe 3 : Quelques éléments de compréhension mathématique**

Dans le présent document, nous utilisons plusieurs données descriptives. Pour résumer les observations, nous avons considéré d'une part la moyenne, et d'autre part la médiane. La moyenne correspond à l'indicateur le plus simple pour résumer l'information fournie par un ensemble de données statistiques : elle est égale à la somme de ces données divisée par leur nombre. Cette mesure est très sensible aux valeurs extrêmes. La médiane quant à elle est la valeur qui sépare la moitié inférieure de la moitié supérieure d'un ensemble de données statistiques. Dans un jeu de données de petite taille, la médiane s'obtient en comptant le nombre d'observations et en les ordonnant par ordre croissant.

Dans un grand nombre de cas, ces deux mesures sont proches et peuvent être utilisées indifféremment l'une de l'autre. Par exemple, imaginons le jeu de données fictif suivant (déjà ordonné par ordre croissant) :

Numéro d'arbre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hauteur (m)	15,2	17,1	17,2	18,3	18,4	18,9	19,0	20,1	20,3	21,1

Dans ce jeu de données, la moyenne est égale à :

$$\frac{15,2 + 17,1 + 17,2 + 18,3 + 18,9 + 19,0 + 20,1 + 20,3 + 21,1}{10} = 18,56 \text{ m}$$

La médiane, quant à elle, est égale à 18,65 m, ce qui est proche de la valeur de la moyenne. Quelquefois, la médiane et la valeur peuvent être notablement différentes, c'est le cas lorsque les distributions sont asymétriques. Dans le jeu de données fictif suivant, la médiane est égale à 18,65 m, mais la moyenne quant à elle est égale à 17,1 m. La présence de très faibles valeurs diminue la moyenne, mais la médiane est plus élevée.

Numéro d'arbre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hauteur (m)	10,1	12,1	13,4	18,3	18,4	18,9	19,0	20,1	20,3	20,4

Lorsqu'un grand nombre de données sont relativement proches de la médiane, il arrive souvent que la moyenne se retrouve très différente, puisque cette mesure est sensible aux valeurs extrêmes. Ceci est illustré dans le jeu de données suivant, où la médiane est égale à 17,6 m alors que la moyenne est égale à 18,38 m.

Numéro d'arbre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hauteur (m)	16,4	16,4	16,7	16,9	17,0	18,2	19,5	20,6	20,7	21,4

Ces éléments montrent que dans certains cas, il peut être pertinent de donner les deux mesures de dispersion que sont la moyenne et la médiane pour bien appréhender les caractéristiques d'un jeu de données. Dans la présente étude, il a été constaté que la médiane et la moyenne différaient souvent de manière importante. C'est pourquoi il a été choisi de présenter ces mesures ainsi que l'étendue des données. Dans notre cas, la moitié des données sont incluses dans l'intervalle donné par l'étendue (ceci correspond aux premiers et troisième quartile).