

Titre :	Différence entre les mesures du DHP prises avec le compas forestier ou le gallon circonférentiel, et incidence sur la simulation de l'accroissement en surface terrière chez l'érable à sucre, le bouleau jaune et le hêtre à grandes feuilles
Auteurs :	Guillaume Giroud, Hugues Power, François Guillemette, Isabelle Auger et Steve Bédard
Date :	Octobre 2018

1. Introduction

Les prochains calculs de possibilités forestières seront bientôt réalisés pour les régions de l'Outaouais et de Québec. Dans ces deux régions, les forêts de feuillus tolérants couvrent une grande partie de la forêt publique. Pour simuler la croissance dans les placettes-échantillons temporaires de ce territoire, le Bureau du forestier en chef (BFEC) utilise le modèle de croissance Artémis, développé par la Direction de la recherche forestière (DRF) (BFEC 2013). Ce modèle est paramétré avec des données provenant de placettes-échantillons permanentes (Power 2016). Or, le diamètre à hauteur de poitrine (DHP) des arbres dans les placettes-échantillons permanentes est mesuré au gallon circonférentiel (MFFP 2016a), alors que celui des arbres dans les placettes-échantillons temporaires est mesuré au compas forestier (MFFP 2016b). Des différences significatives entre les deux méthodes de mesure ont déjà été observées chez le bouleau jaune (*Betula alleghaniensis* Britton) et l'érable à sucre (*Acer saccharum* Marsh.) (Guillemette et Lambert 2009) : les mesures prises à l'aide du gallon circonférentiel étaient plus grandes que celles prises à l'aide du compas, et cette différence s'accroissait en fonction du DHP de l'arbre mesuré. Les mêmes auteurs observaient des différences importantes, de l'ordre de $1,1 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ en surface terrière et de $10,5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ en volume marchand, dans un peuplement avec une surface terrière marchande moyenne de $21 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ et un volume marchand moyen de $169 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.

On peut citer tout ou partie de ce texte en indiquant la référence
© Gouvernement du Québec

2700, rue Einstein, bureau C.1.105.2
Québec (Québec) G1P 3W8
Tél : 418 643-7994 poste 6702
Télécopieur : 418 643-2165
Courriel : guillaume.giroud@mffp.gouv.qc.ca
<http://www.mffp.gouv.qc.ca/forets/connaissances/recherche/index.jsp>

Le présent avis technique fait suite à une demande du BFEC d'estimer le plus précisément possible la différence de mesures du DHP prises avec le compas forestier ou le gallon circonférentiel, et d'évaluer si cette différence induit un biais dans l'estimation de la croissance des arbres par le modèle Artémis.

2. Matériel et méthode

La présente étude porte sur 3 988 érables à sucre, 679 bouleaux jaunes et 490 hêtres à grandes feuilles (*Fagus grandifolia* Ehrh.) provenant de 16 dispositifs de recherche de la DRF répartis à travers la province (figure 1). Ces dispositifs sont ceux du réseau d'expérimentation de la coupe de jardinage (MFFP 2018a, MFFP 2018c) et d'un dispositif de mesure des effets réels de l'éclaircie sélective individuelle (MFFP 2018b). Le DHP des arbres retenus a été mesuré deux fois à quelques mois d'intervalle, hors de la période de croissance : une fois avec un compas forestier, en pointant le compas dans une direction constante et préétablie, et une autre fois avec un gallon circonférentiel en métal.

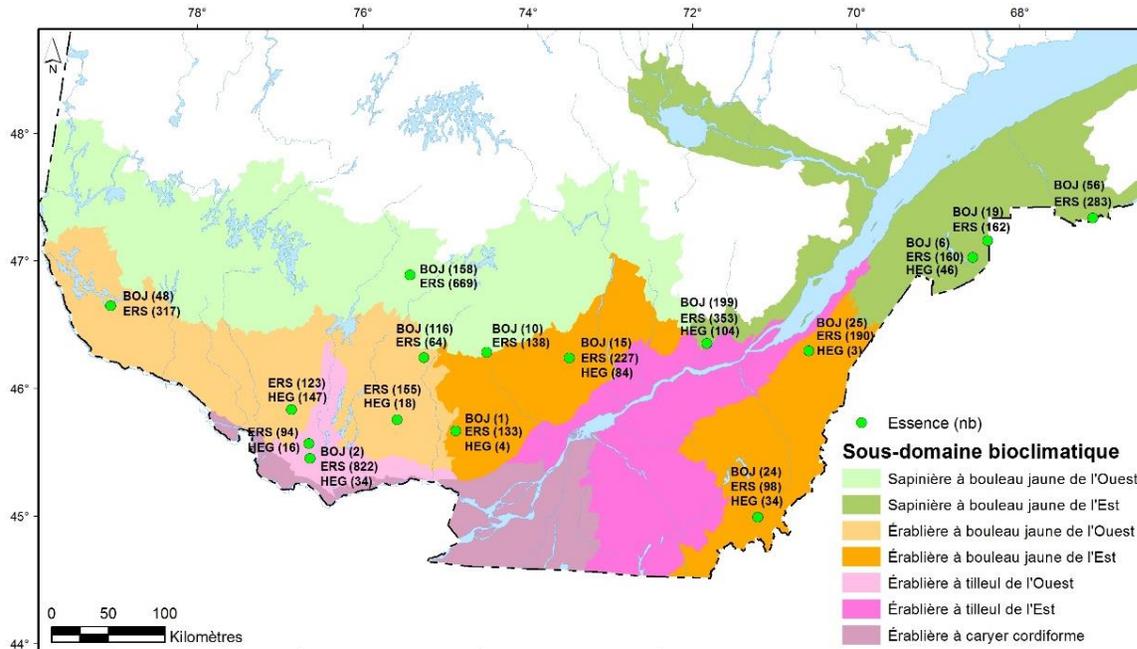


Figure 1. Répartition des dispositifs expérimentaux et nombre d'arbres mesurés, par essence (chiffres entre parenthèses). BOJ : bouleau jaune; ERS : érable à sucre; HEG : hêtre à grandes feuilles.

Nous avons utilisé un modèle linéaire à coefficients aléatoires avec la procédure MIXED du logiciel SAS/STAT (SAS Institute Inc. 2016) pour estimer la différence entre la mesure du DHP d'un arbre au compas forestier et celle au gallon circonférentiel, et déterminer si cette différence variait selon le DHP mesuré au compas forestier, de l'essence ou de leur interaction. Nous avons simplifié le modèle final en ne conservant que les variables significatives ($\alpha = 0,05$).

Afin d'estimer le biais d'accroissement induit par l'utilisation de mesures de DHP prises à l'aide du compas forestier dans Artémis, nous avons utilisé les mesures après coupe dans les placettes-échantillons du réseau de mesure des effets réels du jardinage (Guillemette *et al.* 2013). Un facteur de correction correspondant au biais induit par l'utilisation du compas forestier, et estimé avec le modèle linéaire, a été ajouté aux mesures de DHP. Pour simuler l'accroissement des arbres dans ces placettes, nous avons utilisé le modèle de croissance Artémis-2014 (version 3.06C) en mode déterministe, et regroupé les placettes-échantillons en 3 strates, selon la surface terrière marchande initiale : > 10 et ≤ 15 $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$; > 15 et ≤ 20 $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$; et > 20 $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$. Nous avons calculé l'accroissement annuel moyen en surface terrière marchande (AAM, Eq. 1) des placettes après 30 et 60 ans de simulation pour chacune des strates de surface terrière initiale, avec et sans correction du DHP, de même qu'un intervalle de confiance avec une probabilité de 95 %.

$$\frac{St_i - St_0}{\sum_1^n \frac{1}{i}} / n \quad [\text{Éq. 1}]$$

où St est la surface terrière marchande estimée d'une placette, i correspond au nombre d'années de la simulation et n , au nombre de placettes-échantillons utilisées pour la simulation.

3. Résultats

La figure 2 montre les différences observées entre les mesures de DHP prises au compas forestier et celles prises au gallon circonférentiel pour les 3 essences. Nos analyses révèlent que le compas forestier sous-estime le DHP de 0,42 cm en moyenne, avec une erreur type de 0,043 cm. Cette différence est constante : elle n'évolue pas significativement en fonction du DHP ($p = 0,081$) et n'est pas significativement différente entre les 3 essences ($p = 0,168$).

Les simulations de l'évolution des placettes avec les DHP corrigés ou non montrent une légère différence de l'AAM en surface terrière marchande (tableau 1). Après 30 ans, cette différence varie de 0,008 $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ (pour une surface terrière marchande initiale de 10 à 15 $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$) à 0,013 $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ (pour une surface terrière initiale de plus de 20 $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$). Après 60 ans, celle-ci diminue légèrement, pour atteindre 0,007 $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ (pour une surface terrière marchande initiale de 10 à 15 $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$) et 0,010 $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ (pour une surface terrière initiale de plus de 20 $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$). Pour ces 2 horizons de temps, la différence d'AAM entre les DHP corrigés et non corrigés est plus petite que la largeur de l'intervalle de confiance à 95 % sur l'AAM.

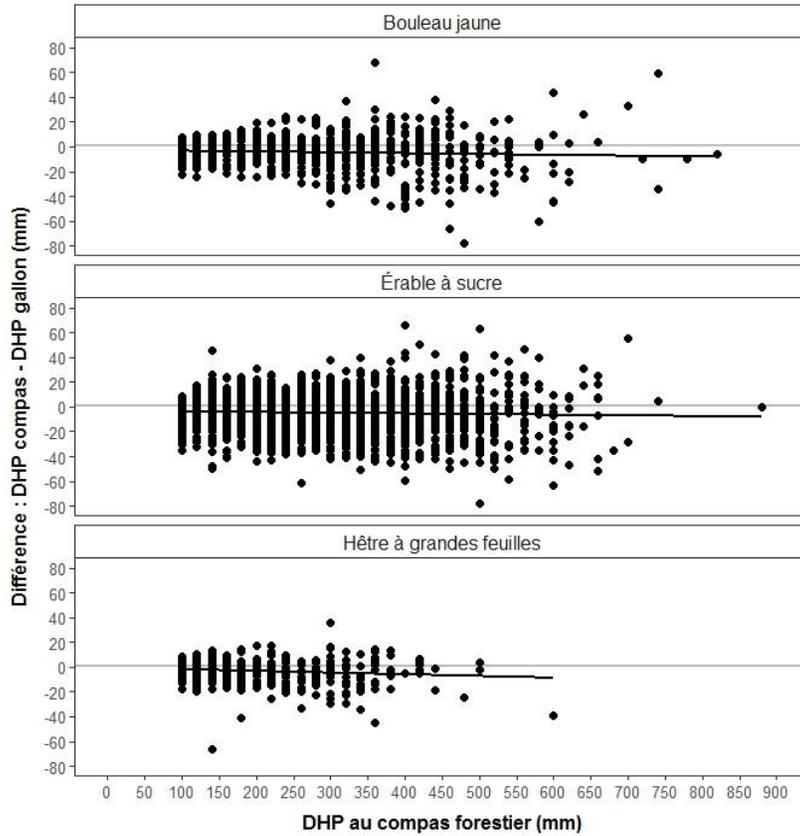


Figure 2. Différences observées entre les mesures de DHP prises au compas forestier et celles prises au gallon circonférentiel pour le bouleau jaune, l'érable à sucre et le hêtre à grandes feuilles. La ligne noire représente la tendance observée.

Tableau 1. Accroissement annuel moyen (AAM) en surface terrière marchande, avant et après correction des DHP, en fonction de la surface terrière marchande initiale, pour une période de simulation de 30 et de 60 ans. La largeur de l'intervalle de confiance à 95 % est présentée entre parenthèses.

Nombre d'années de simulation	Classe de surface terrière (m ² ·ha ⁻¹)	Nombre de placettes	AAM non corrigé (m ² ·ha ⁻¹ ·an ⁻¹)	AAM corrigé (m ² ·ha ⁻¹ ·an ⁻¹)	Différence (m ² ·ha ⁻¹ ·an ⁻¹)
30 ans	10 à 15	119	0,296 (± 0,014)	0,288 (± 0,014)	0,008
	15 à 20	191	0,243 (± 0,015)	0,233 (± 0,015)	0,010
	> 20	233	0,098 (± 0,021)	0,085 (± 0,021)	0,013
60 ans	10 à 15	119	0,229 (± 0,011)	0,222 (± 0,011)	0,007
	15 à 20	191	0,181 (± 0,010)	0,173 (± 0,010)	0,008
	> 20	233	0,074 (± 0,014)	0,064 (± 0,014)	0,010

4. Recommandation

Sur la base des données disponibles, nous confirmons l'existence d'une différence significative de 0,42 cm entre les mesures de DHP prises au compas forestier et celles prises au gallon circonférentiel. Cette différence étant très faible, il est important de se questionner sur la pertinence de corriger les diamètres dans les simulations de croissance. La différence en AAM simulé est plus petite que la largeur de l'intervalle de confiance sur l'AAM moyen des 3 strates de surface terrière marchande initiale après 30 et 60 ans de simulation. De plus, l'estimation de cette différence provient d'un modèle de croissance qui contient lui-même une certaine incertitude.

Par conséquent, nous ne recommandons pas de corriger le DHP des arbres avant de simuler leur croissance dans le modèle Artémis. Rappelons, par ailleurs, que tous les arbres d'essences commerciales ou non commerciales dont le DHP mesuré au compas forestier est plus grand que la classe des 50 cm sont mesurés au gallon circonférentiel dans les placettes-échantillons temporaires (MFFP 2016b). Bien que de tels arbres soient assez rares, cette réalité atténue également l'incidence des différences dues à la méthode de mesure de DHP.

5. Références

[BFEC] Bureau du forestier en chef, 2013. *Manuel de détermination des possibilités forestières 2013-2018*. Gouvernement du Québec, Bureau du forestier en chef. 247 p.

[\[http://forestierenchef.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/2013/01/MDPF_VF.pdf\]](http://forestierenchef.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/2013/01/MDPF_VF.pdf)

Guillemette, F. et M.-C. Lambert, 2009. *Relative effects of dendrometers on the estimation of diameter at breast height, stand basal area and stand volume in uneven-aged northern hardwoods*. For. Chron. 85(3): 446-452.

Guillemette, F., M.-M. Gauthier, M.-C. Lambert et S. Bédard, 2013. *Effets réels décennaux des coupes de jardinage pratiquées de 1995 à 1999 dans un contexte opérationnel*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Mémoire de recherche n° 168. 34 p.

[\[https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Guillemette-Francois/Memoire168.pdf\]](https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Guillemette-Francois/Memoire168.pdf)

[MFFP] Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2016a. *Norme d'inventaire écoforestier — Placettes-échantillons permanentes*. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction des inventaires forestiers. Édition 2016. 238 p.

[\[https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/Norme-PET.pdf\]](https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/Norme-PET.pdf)

- [MFFP] Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2016b. *Norme d'inventaire écoforestier — Placettes-échantillons temporaires*. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction des inventaires forestiers. Édition 2016. 172 p.
[<https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/Norme-PET.pdf>]
- [MFFP] Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2018a. *Développement de traitements sylvicoles alternatifs à la coupe de jardinage par pied d'arbre dans des forêts de la zone feuillue*. Dans : *Répertoire des projets de recherche 2017-2018*. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière.
[<https://mffp.gouv.qc.ca/publications/enligne/forets/activites-recherche/projets/description.asp?numero=42>]
- [MFFP] Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2018b. *Effets réels des traitements sylvicoles : coupes partielles*. Dans : *Répertoire des projets de recherche 2017-2018*. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière.
[<https://mffp.gouv.qc.ca/publications/enligne/forets/activites-recherche/projets/description.asp?numero=293>]
- [MFFP] Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2018c. *Étude des effets des coupes de jardinage par pied d'arbre dans des forêts inéquienues de la zone feuillue*. Dans : *Répertoire des projets de recherche 2017-2018*. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière.
[<https://mffp.gouv.qc.ca/publications/enligne/forets/activites-recherche/projets/description.asp?numero=65>]
- Power, H., 2016. *Comparaison des biais et de la précision des estimations des modèles Artémis-2009 et Artémis-2014 pour la surface terrière totale des peuplements forestiers, avec et sans coupe partielle, sur une période de 40 ans*. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière. Note de recherche forestière n° 143. 22 p.
[<https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Power-Hugues/Note143.pdf>]
- SAS Institute Inc., 2016. *SAS/STAT® 14.2 User's guide*. SAS Institute Inc. Cary, NC (États-Unis).

Guillaume Giroud, ing.f., Ph. D.

Service de la sylviculture et du rendement des forêts