



Titre : Modélisation simplifiée de l'accroissement net des coupes de jardinage comme outil de transfert de la connaissance

Auteurs : François Guillemette et Steve Bédard

Date : Octobre 2009

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

1. Introduction

La Direction de l'aménagement des forêts publiques et privées (DAFPP) nous a demandé de préciser les balises minimales pour lesquelles une coupe partielle doit se conformer pour être acceptable d'un point de vue sylvicole. Cette question s'adressait particulièrement au choix des arbres à marquer en prévision de la coupe selon la priorité de récolte définie pour les forêts de feuillus. Il est bien reconnu que les arbres ayant des défauts majeurs doivent être récoltés en priorité afin d'améliorer la productivité et la qualité de ces peuplements. Cependant, les contraintes financières à court terme exercent une pression pour récolter davantage de produits de plus haute valeur. La question de la DAFPP est donc de savoir s'il est possible de faire un compromis financier à court terme lors du choix des arbres à couper, sans trop amputer la production à long terme des forêts de feuillus. Advenant le cas, la DAFPP désire aussi savoir comment analyser l'acceptabilité de ces compromis. Des outils de simulation du rendement adaptés à ces compromis sont donc nécessaires pour aider les forestiers à analyser les effets de ces compromis.

Le simulateur SaMARE (FORTIN *et al.* [en prép.]) a été conçu par la DRF dans le but d'évaluer le rendement des coupes partielles de la famille des coupes de jardinage dans la forêt de feuillus au Québec. C'est certainement un des meilleurs outils dont nous disposons actuellement pour analyser les effets de ces compromis. Cependant, SaMARE est un outil complexe. Il intègre plusieurs modules d'évolution des arbres (accroissement, recrutement, mortalité, classe de vigueur), lesquels comprennent une multitude de paramètres statistiques. Obtenir une compréhension générale et pouvoir en même temps faire une synthèse de l'accroissement des peuplements comme le simule SaMARE constituent une opération fort complexe pour l'esprit humain. L'utilisateur peut avoir l'impression d'insérer des données d'inventaire dans une boîte noire, puis d'obtenir un résultat d'accroissement sans toutefois comprendre ce qui s'est passé. Or, une telle compréhension est nécessaire pour alimenter les réflexions des

gestionnaires et les grandes orientations en matière de sylviculture, ainsi que pour améliorer la formation des sylviculteurs.

Le premier objectif consiste à simplifier les principales variables qui servent le plus au calcul du rendement simulé par la méthode d'utilisation actuelle de SaMARE de même qu'à évaluer l'ampleur de leurs effets. Une fois ces résultats connus, il est possible de fixer certaines qualités minimales que doivent avoir les peuplements résiduels (après coupe) et espérer obtenir un niveau de rendement sans compromettre la production à long terme des forêts de feuillus.

2. Méthode

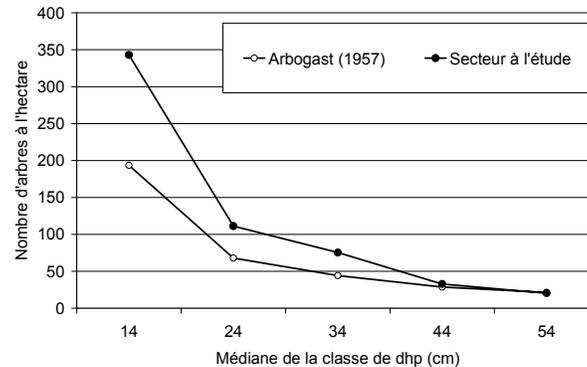
L'approche retenue consiste à simuler l'accroissement annuel net (AAN) de la surface terrière marchande (arbres de 10 cm et plus au dhp, m²/ha/an) dans SaMARE selon différentes étendues de surface terrière résiduelle totale, différentes priorités de récolte (MSCR¹) et différents degrés de qualité (O = avec potentiel de bois d'œuvre, P = qualité pâte). Le nombre d'itérations dans SaMARE a été fixé à 200 par simulation. L'AAN moyen pour la période de 0 à 5 ans après la coupe a été retenu. Les valeurs d'AAN générées par SaMARE sur une plus longue période sont influencées par le module d'évolution de la vigueur des arbres. Or, ce dernier tend à faire évoluer tous les peuplements vers les conditions moyennes observées dans les placettes qui ont servi à son élaboration, alors que ce projet vise justement à explorer des conditions qui s'éloignent des conditions moyennes. L'AAN de la période de 0 à 5 ans a servi à contourner le module d'évolution de la vigueur des arbres, puisque ce dernier n'agit qu'à partir de 5 ans. Puis nous avons posé l'hypothèse que ce taux d'accroissement net se maintiendrait sur la durée de la rotation, soit sur 20 ans. Les résultats de nos sites de recherche observés sur 10 à 15 ans supportent généralement cette hypothèse (BÉDARD et MAJGEN 2004).

Les variations de priorité de récolte et de qualité ont été effectuées pour un seul territoire d'intervention, à partir de sa position géographique et des données de l'inventaire effectué au prisme dans ce territoire afin de limiter le nombre de cas à simuler. Le territoire étudié est une érablière de structure inéquienne faisant partie des projets pilotes de la DAFPP en 2008-2009 (Tableau 1 et Figure 1). Les conditions de ce territoire ont été jugées comme les plus représentatives de l'érablière parmi les projets pilotes. Entre autres, la forme de la structure diamétrale avant coupe était celle qui s'apparentait le plus à la structure résiduelle recommandée par ARBOGAST (1957). Le territoire est situé au nord-est de Mont-Laurier.

¹ Définition des priorités de récolte selon BOULET (2005) : arbre qui risque de mourir avant la prochaine coupe (M); arbre qui risque de se dégrader, mais dont la survie n'est pas menacée (S); arbre défectueux à conserver dont le bois marchand ne risque pas de se dégrader (C); et arbre d'avenir en réserve, sain ou peu défectueux (R).

Tableau 1. Description du secteur à l'étude

UAF	Long. (°)	Lat. (°)	Alt. (m)	Temp. (°C)	Préci. (mm)	Région Écolo.	S.T. initiale (m ² /ha)	Composition (%)				
								ERS	BOJ	HEG	Rés.	Autres
61-52	-75,0	46,7	360	2,3	1128	3bT	25,1	72	7	7	8	5

**Figure 1. Structure diamétrale avant coupe du territoire étudié et la structure résiduelle proposée par ARBOGAST (1957).**

Les modifications apportées à la liste d'arbres du territoire étudié ont été faites de façon à respecter, dans la mesure du possible, le martelage effectué sur le terrain. De plus, les modifications apportées aux attributs des arbres (priorité, qualité) ont été effectuées de la façon la plus réaliste possible. Par exemple, la proportion d'arbres de priorité M augmentait avec le dhp et celle des arbres de priorité CR diminuait avec le dhp. La surface terrière des arbres de qualité pâte (P) dont la priorité de récolte était S, C ou R a généralement été fixée à 0,3, 0,2 et 0,8 m²/ha, respectivement (Tableau 2). Ces priorités de récolte sont des composantes mineures des peuplements et il est normal de les observer près de ces valeurs. De cette façon, il était possible de limiter les simulations à 48 combinaisons possibles. La coupe d'arbres non martelés lors de la récolte a été simulée en sélectionnant aléatoirement une liste d'arbres commune à toutes les simulations dans le but de contrôler cette variabilité. Les taux appliqués d'arbres non martelés et coupés étaient respectivement de 20, 8 et 4 % pour les arbres des classes de dhp de 10 à 12 cm, de 14 à 18 cm et de plus de 18 cm. Ces taux étaient basés sur des données non publiées prises dans un de nos dispositifs expérimentaux pour lequel l'abattage était mécanisé (GUILLETTE *et al.* 2007). La surface terrière cumulée par ces arbres était de 1,03 m²/ha. L'effet des blessures causées lors de la récolte sur la vigueur des arbres a été simulé avec le module compris dans SaMARE.

Les résultats d'AAN des 48 simulations ont ensuite été modélisés avec la procédure REG de SAS pour créer un modèle linéaire de variables significatives. Les variables explicatives de l'AAN, soumises à cette modélisation, sont la surface terrière des arbres de priorité MO, de priorités MP et SP, de priorité SO et de priorité CR. Nous avons retenu cette approche sans prétendre créer un modèle de haute qualité statistique, puisqu'il est construit à partir de résultats de simulations. Cependant, cette approche permet de représenter de façon simple et efficace les composantes du peuplement qui déterminent l'AAN de la première rotation du territoire étudié. Il s'agit surtout d'un exercice qui illustre le comportement de SaMARE, améliore la compréhension des variables qui évaluent le rendement et l'ampleur de leurs effets. Néanmoins, il est recommandé d'utiliser SaMARE en tout temps afin d'obtenir un estimé précis du rendement plutôt que d'utiliser ce modèle simplifié. De plus, l'étalonnage de ce modèle a été fait pour un seul site et une seule composition de peuplement, par rapport aux essences et à la structure diamétrale.

Tableau 2. Valeurs minimales, moyennes et maximales de la surface terrière résiduelle marchande (m²/ha) selon la priorité de récolte (MSCR) et la qualité (OP) des 48 cas simulés

Valeur	M		S		C		R		Totale
	O	P	O	P	O	P	O	P	
Minimale	0,00	0,15	0,00	0,00	2,00	0,18	4,86	0,82	16,0
Moyenne	2,46	2,32	1,11	0,24	3,90	0,18	6,35	0,82	17,4
Maximale	7,61	7,44	5,46	0,31	5,85	0,18	8,32	0,82	18,5

3. Résultats

Le modèle linéaire explique une forte proportion de la variabilité de l'AAN prévu du territoire étudié, avec un coefficient de détermination (R²) de 91 %. Le modèle comprend une ordonnée à l'origine, ce qui équivaut à un taux fixe d'AAN (Tableau 3). Ainsi, tous les calculs débutent par un AAN de 0,138 m²/ha/an, ou 2,8 m²/ha sur 20 ans, à partir duquel les étendues de surface terrière par priorité de récolte apportent des modifications à l'AAN prévu.

Tableau 3. Paramètres des variables du modèle linéaire de l'AAN (m²/ha/an) et leurs statistiques.

Variable	Paramètres	Valeur F	Pr > F
Ordonnée à l'origine	0,1379	102,12	< 0,0001
CR (m ² /ha)	0,0136	185,68	< 0,0001
MP et SP (m ² /ha)	-0,0094	58,28	< 0,0001
SO (m ² /ha)	0,0061	26,74	< 0,0001
Modèle :			
AAN = 0,1379 + 0,0136 x CR - 0,0094 x (MP + SP) + 0,0061 x SO			

La variable qui détermine le plus l'AAN simulé (valeur F la plus élevée) est l'étendue de la surface terrière des arbres de priorité C et R et son effet est positif (Tableau 3). Ce sont ces arbres qui stimulent le plus l'AAN du peuplement. Un changement d'un mètre carré à l'hectare de la surface terrière de ce groupe d'arbres occasionne un changement de l'AAN de 0,014 m²/ha/an ou 0,27 m²/ha sur 20 ans. En supposant une étendue de 10 m²/ha d'arbres de priorité CR, cela impliquerait des priorités CO et RO (le capital forestier en croissance) de 9 m²/ha d'arbres dans le modèle. La contribution de ce groupe à l'AAN serait donc de 0,136 m²/ha/an, ou 2,7 m²/ha sur 20 ans.

La seconde variable en importance est l'étendue de la surface terrière des arbres de qualité P et de priorité M ou S, mais son effet est négatif. Chaque mètre carré à l'hectare d'arbres de ces priorités réduit l'AAN prévu de 0,009 m²/ha/an ou 0,188 m²/ha sur 20 ans. Il est donc justifiable de minimiser la présence des arbres de priorité MP et SP afin d'accroître l'AAN, même si cela peut nécessiter une réduction de la surface terrière résiduelle plus près de 16 m²/ha que de 18 m²/ha.

Les arbres de priorité SO ont un effet moins important, mais tout de même positif et significatif. Leur contribution à l'AAN est d'environ 45 % de celle des arbres de priorité CR.

Pour ce qui est des arbres de priorité MO, leur effet n'est pas significatif ($p > 0,15$). Ces arbres occupent un espace du peuplement, mais ne contribuent d'aucune manière à sa production nette. Les pertes par mortalité qu'ils engendrent sont possiblement équivalentes aux gains de croissance en dhp des survivants de leur groupe.

4. Discussion

4.1 Le modèle linéaire

Le modèle linéaire proposé (Tableau 3) démontre de façon simple les principales variables qui déterminent le rendement des coupes de jardinage de la première rotation : un effet positif majeur des arbres de priorité C et R, un effet négatif des arbres de qualité P et de priorité M ou S, puis un effet positif de moindre importance des arbres de priorité SO. Les arbres de priorité MO ne contribuent pas significativement à l'AAN. En ce sens, ce modèle linéaire est un outil simple pour comprendre rapidement les effets probables de différents choix d'arbres à marquer pour la coupe.

Cependant, il faut se rappeler que la méthode d'élaboration de ce modèle est difficilement défendable d'un point de vue statistique, que ses résultats ont un caractère indicatif et que son champ d'application est limité. Il est toujours préférable d'utiliser SaMARE pour évaluer le rendement d'une véritable

recommandation sylvicole. Le modèle linéaire a été élaboré à partir de résultats de simulations effectuées pour une seule composition d'essence. Certaines essences comme le hêtre à grandes feuilles, l'érable rouge, les feuillus intolérants à l'ombre et les résineux ont des taux de mortalité plus élevés que l'essence dominante de ces simulations, soit l'érable à sucre (FORTIN *et al.* 2008). Le modèle linéaire n'a pas été testé pour une surface terrière résiduelle inférieure à 16,0 m²/ha ou supérieure à 18,5 m²/ha. Nous avons effectué quelques essais qui ont simulé un AAN un peu plus élevé lorsque la structure diamétrale comprenait un fort surplus d'arbres dans les classes de dhp de 20 à 38 cm et une rupture dans les classes de 40 cm et plus. La localisation géographique a aussi un effet important sur l'AAN, surtout un effet sur la température annuelle moyenne comme le simule BioSIM (intégré dans SaMARE). Nous avons déplacé quelques simulations sur un site plus chaud (3,2 °C au lieu de 2,3 °C) de la région écologique 3bM (à l'ouest de Mont-Tremblant) et l'AAN simulé y était diminué d'environ 0,04 m²/ha/an. De même, nous avons déplacé quelques simulations sur un site plus frais (1,9 °C) de la région écologique 4bM et l'AAN simulé y était augmenté d'environ 0,03 m²/ha/an. Il serait donc pertinent de répéter notre méthode pour d'autres localisations géographiques dont la température annuelle moyenne est supérieure ou inférieure à 2,3 °C.

Les limites propres à SaMARE sont aussi applicables au modèle linéaire. Par exemple, SaMARE a été étalonné pour des données observées lors de la première rotation de coupe de jardinage. Le rendement qu'il simule s'applique donc seulement à la première rotation et il en est de même pour le modèle linéaire du présent rapport. L'estimation de la température annuelle moyenne est aussi obtenue à l'aide d'un modèle (Biosim) et elle comporte un niveau d'erreur qui influence la précision de l'AAN. Aussi, le modèle linéaire a été conçu pour des arbres classés dans le système des priorités de récolte (MSCR), alors que SaMARE a été élaboré pour des données de vigueur des arbres (classement 1234). L'utilisation de données selon le système MSCR est possible grâce à l'utilisation d'une matrice de conversion, laquelle introduit un degré additionnel de variabilité dans les simulations.

4.2 Analyse de l'acceptabilité d'une pratique

Comme l'analyse de l'acceptabilité de la pratique d'un compromis a un effet négatif sur le rendement, il faut comparer l'AAN anticipé (simulé) à une valeur de référence basée sur des objectifs de production. De plus, d'autres variables doivent être prises en compte.

4.2.1 Accroissement selon l'objectif de production

À notre avis, deux objectifs de production minimums seraient acceptables pour une coupe de jardinage dans nos conditions : soit produire au moins 50 m³/ha (Leak *et al.* 1987, volume marchand brut de 10 cm

et plus) ou soit produire un volume égal ou supérieur à celui prélevé, si celui-ci est inférieur à 50 m³/ha. Il faudrait aussi atteindre l'objectif de production sur une période de rotation de 20 ans. La possibilité d'allonger la rotation sur une période de 25 ans devrait être limitée surtout aux peuplements qui exigent une forte amélioration.

Le Tableau 4 présente trois ratios du volume sur la surface terrière, en fonction de la hauteur des peuplements et de l'AAN propre à cet objectif de production (50 m³/ha sur 20 ans). Les descriptions de stations correspondantes sont approximatives, mais basées sur quelques données que nous avons observées (d'après : MAJGEN *et al.* 1984, MAJGEN *et al.* 2005, GUILLEMETTE *et al.* 2007). Selon l'objectif de produire au moins 50 m³/ha en 20 ans, l'AAN simulé du peuplement résiduel des stations devrait être de 0,28 à 0,36 m²/ha/an en première rotation. L'objectif correspondant à l'AAN de la surface terrière (m²/ha/an) est plus faible dans les territoires où les arbres sont plus hauts, mais c'est aussi dans ces territoires où SaMARE prévoit les plus faibles valeurs d'AAN en raison de la température généralement plus élevée.² L'objectif d'AAN des érablières dont la hauteur est près de 20 m est beaucoup plus élevé, toutefois ces érablières bénéficient généralement d'un climat plus frais pour lequel un AAN plus élevé est associé dans SaMARE.

Tableau 4. Trois exemples de ratios du volume marchand brut (diamètre au fin bout de 9,1 cm) selon la surface terrière marchande (arbres de 9,1 cm et plus au dhp) de l'accroissement annuel net lesquels correspondent à l'objectif de produire 50 m³/ha en 20 ans et d'une description approximative des stations correspondantes

Relation entre la surface terrière (m ² /ha) et le volume (m ³ /ha)		Accroissement net (m ² /ha/an) minimal à atteindre pour produire 50 m ³ /ha en 20 ans	Description approximative des stations	
Ratio du volume sur la surface terrière	Surface terrière correspondante à un volume de 50 m ³ /ha		Hauteur (m) des érables dominants et codominants	Domaine bioclimatique
7,0	7,1	0,36	20	Sapinière à bouleau jaune
8,6	5,8	0,29	23	Érablière à bouleau jaune
9,0	5,6	0,28	25	Érablière à tilleul

² Même si l'accroissement en diamètre est plus faible sur certaines stations, l'accroissement en volume ne l'est pas nécessairement car les arbres peuvent être plus hauts et peuvent ainsi produire un volume comparable.

Il est important de préciser que les valeurs d'AAN présentées au Tableau 4 sont des seuils minimaux pour obtenir une production de 50 m³/ha en 20 ans. Il ne faudrait pas écrémer des peuplements de belle qualité pour réduire leur AAN près de ces valeurs. Les prévisions d'AAN sur des périodes aussi longues que 20 ans comprennent une forte variabilité et un fort risque d'erreur. Il faut demeurer prudent et viser, dans la mesure du possible, l'atteinte des valeurs supérieures aux accroissements minimaux indiqués au Tableau 4.

Il est possible de pratiquer une coupe de jardinage même si l'état du peuplement ne permet pas d'atteindre l'objectif minimal d'AAN. Dans ce cas, il s'agit surtout d'une coupe d'amélioration et la marge de manœuvre disponible pour effectuer un compromis de nature financière sans compromettre la production à long terme du peuplement est inexistante. L'allongement de la période de rotation jusqu'à 25 ans est alors une alternative intéressante à prendre en compte. Il faudrait éviter de recourir automatiquement à une coupe de régénération lorsque le meilleur AAN, qui puisse être simulé pour un peuplement donné, est inférieur aux valeurs présentées au Tableau 4.

4.2.2 Autres variables à évaluer

D'autres variables que l'AAN des arbres de 10 cm et plus au dhp doivent être prises en compte au moment d'analyser l'acceptabilité d'une recommandation de coupe de jardinage. Nous rappelons entre autres : la structure diamétrale du peuplement résiduel, la composition de ses essences et la qualité de ses tiges, la valeur de surface terrière résiduelle, le dhp maximal, le contrôle de la régénération et le respect d'autres attributs fauniques ou écologiques. Une liste détaillée de ces variables est présentée dans les guides sylvicoles (en prép.). Ces variables servent notamment à s'assurer d'obtenir un AAN intéressant pour les prochaines rotations. Néanmoins, il faut éviter à tout prix d'appliquer des modalités de coupe qui produiront un AAN élevé au cours de la première rotation d'un régime de coupes de jardinage, mais qui compromettront celui des rotations suivantes.

Il serait possible de faire varier légèrement l'AAN d'une même étendue de surface terrière par priorité de récolte en modifiant la composition des arbres résiduels de chaque classe de priorité de récolte. En effet, une de nos études sur la relation entre les défauts majeurs des arbres et leur probabilité de mortalité (GUILLEMETTE *et al.* 2008) montre que des arbres d'une même classe de priorité de récolte peuvent avoir une probabilité de mortalité assez différente. Par exemple, un érable à sucre de 40 cm au dhp, de qualité P et infecté d'un sporophore (priorité M) aurait une probabilité de mortalité de 15 % sur 15 ans, contre 42 % pour le même arbre sans sporophore, mais atteint de dépérissement sur 60 % de sa cime (aussi de priorité M). En conséquence, l'effet sur l'AAN de laisser sur pied un arbre de priorité MP peut varier

considérablement selon les défauts qui déclassent cet arbre. Les précisions suivantes peuvent être apportées au classement MSCR des arbres à très haut risque de mortalité :

- Pour l'érable à sucre : présence de dépérissement sur plus de 50 % de la cime ou de bris de cime sur plus de 75 % (idem à MSCR).
- Pour le bouleau jaune : présence de dépérissement ou de bris de cime sur plus de 50 % de la cime, présence d'un sporophore ou d'un chancre.
- Pour le hêtre à grandes feuilles : présence de dépérissement ou de bris de cime sur plus de 50 % de la cime, arbre d'un diamètre d'environ 40 cm et plus ayant un signe ou un symptôme de pourriture profonde (M ou S). La probabilité de mortalité augmente rapidement avec le diamètre, notamment lorsque l'arbre est défectueux. De plus, le risque de mortalité est très élevé dans les régions touchées par la maladie corticale.
- Pour ces trois essences : combinaison d'un signe ou d'un symptôme de pourriture profonde (priorité M ou S) avec soit une absence de potentiel de bois d'œuvre, soit la présence de dépérissement sur un tiers de la cime ou plus.

Ainsi, si nous laissons sur pied une quantité significative d'arbres de priorité M ou S sans toutefois laisser d'arbres correspondants au classement précédent, alors il serait théoriquement possible d'obtenir sur le terrain un AAN légèrement supérieur à celui prévu par SaMARE et vice-versa.

Lorsque l'AAN simulé dépasse nettement l'objectif de production et qu'un compromis de nature financière est demandé, alors il est possible de diminuer légèrement la valeur du diamètre optimum de récolte (DOR). Les DOR de l'érable à sucre et du bouleau jaune sont généralement fixés à 56 cm et il serait possible de les diminuer jusqu'à 50 cm, par exemple. Le DOR du hêtre pourrait être ramené plus près de 40 cm puisque ses probabilités de mortalité sont supérieures dans les classes de dhp élevées. Il faut toutefois rappeler deux mises en garde en ce qui concerne les modifications de DOR. D'abord, ce prélèvement additionnel d'arbres vigoureux ne doit pas compromettre l'amélioration de la qualité du peuplement dans les plus petites classes de dhp; il faut y récolter les arbres qui risquent fortement de mourir. Ensuite, il faudrait s'assurer de maintenir sur pied de 4 à 6 m²/ha de surface terrière composée d'arbres de 40 cm et plus au dhp. De cette façon, il serait possible d'obtenir une structure diamétrale résiduelle assez près des structures théoriques suggérées par MAJCEN *et al.* (1990) pour une surface terrière résiduelle d'au moins 16 m²/ha et un dhp maximal de 50 cm. Le risque associé à une faible présence d'arbres de 40 cm et plus au dhp est de créer une rupture d'approvisionnement en gros bois lors des rotations suivantes.

Le maintien d'au moins 1 m²/ha en arbres de gros dhp et de priorité MP pour épargner des attributs écologiques en première rotation est discutable. D'abord, plusieurs attributs recherchés, comme des cavités, peuvent être disponibles sur des arbres de meilleure qualité. Ensuite, il y aura quand même de la mortalité parmi les arbres de priorités S, C ou R, laquelle fournira de nouveaux chicots et débris ligneux au sol. En effet, même si le peuplement contenait seulement des arbres de priorité CR, l'AAN prévu par SaMARE pour le peuplement à l'étude serait de 0,37 m²/ha/an pour un accroissement annuel brut de 0,47 m²/ha/an. La mortalité serait donc estimée à 0,10 m²/ha/an, ce qui correspond à une perte à l'hectare de soit deux arbres de 26 cm par année, ou un arbre de 36 cm par année ou un arbre de 50 cm à chaque deux années. Ce serait probablement suffisant pour maintenir en tout temps au moins un chicot à l'hectare de 35 cm et plus au dhp (BERGERON *et al.* 1997).

4.3 Exemple d'utilisation du modèle linéaire

À partir d'un modèle simple conçu pour un peuplement donné, il est possible d'élaborer une table qui contient les seuils des surfaces terrières exigés par priorité de récolte pour atteindre un objectif de production donné. De telles tables pourraient être construites pour les principaux types de peuplements rencontrés dans les principales conditions climatiques. Ces outils accéléreraient l'analyse d'une pratique selon le rendement anticipé. Cependant, nous rappelons qu'il est toujours préférable d'utiliser SaMARE pour obtenir un estimé plus précis de l'AAN anticipé.

Un exemple est présenté au Tableau 5. Il montre les étendues de surfaces terrières par priorité de récolte nécessaires à l'atteinte d'un AAN d'au moins 0,29 m²/ha/an selon le modèle linéaire présenté au Tableau 3. La première ligne de chaque paire de la valeur fixe d'une même étendue de surface terrière (16 m²/ha) de priorités C et R (ex. 8-8) représente le maximum de surface terrière de priorités MP et SP qu'il est possible d'obtenir (ex. 0,6). La seconde ligne représente le minimum de surface terrière de priorité MP, SP et SO qu'il serait possible de conserver pour atteindre un AAN d'au moins 0,29 m²/ha/an. La surface terrière restante pour atteindre l'étendue de surface terrière totale fixée (16 ou 18 m²/ha) a été attribuée par défaut aux arbres de priorité MO puisqu'ils n'ont pas d'effet sur le modèle d'AAN.

Ces exemples élaborés pour le peuplement à l'étude indiquent qu'une surface terrière d'au moins 9 m²/ha en arbres de priorités CO et RO y est nécessaire pour espérer atteindre l'objectif de rendement de 0,29 m²/ha/an (Tableau 5). Les cas avec seulement 8 m²/ha d'arbres de priorités CO et RO sont difficilement observables en forêt car ils nécessitent une étendue exceptionnellement élevée de surface terrière de priorité SO, soit plus de 4 m²/ha.

Tableau 5. Surfaces terrières marchandes (m²/ha) à obtenir par priorité de récolte pour espérer obtenir un niveau d'accroissement annuel net (AAN) d'au moins 0,29 m²/ha/an avec le peuplement à l'étude

	Priorité/Qualité					Total
	C et R Bois d'œuvre	C et R Pâte	M Bois d'œuvre	M et S Pâte	S Bois d'œuvre	
Série avec 16 m ² /ha, l'AAN simulé est \geq 0,29 m ² /ha/an						
Maximum MP, SP :	8	1	0,5	0,6	5,9 *	16
Minimum MP, SP et SO :	8	1	0,8	0,5	5,7 *	16
Maximum MP, SP :	9	1	0,6	1,1	4,3 *	16
Minimum MP, SP et SO :	9	1	2,1	0,5	3,4	16
Maximum MP, SP :	10	1	0,5	1,6	2,9	16
Minimum MP, SP et SO :	10	1	3,3	0,5	1,2	16
Maximum MP, SP :	11	1	0,5	2,1	1,4	16
Minimum MP, SP et SO :	11	1	3,0	0,5	0,5	16
Série avec 18 m ² /ha, l'AAN simulé est \geq 0,29 m ² /ha/an						
Maximum MP, SP :	8	1	2,7	0,5	5,8 *	18
Minimum MP, SP et SO :	8	1	2,7	0,5	5,8 *	18
Maximum MP, SP :	9	1	0,5	1,9	5,6 *	18
Minimum MP, SP et SO :	9	1	4,1	0,5	3,4	18
Maximum MP, SP :	10	1	0,5	2,4	4,1	18
Minimum MP, SP et SO :	10	1	5,3	0,5	1,2	18
Maximum MP, SP :	11	1	0,6	2,8	2,6	18
Minimum MP, SP et SO :	11	1	5,0	0,5	0,5	18
Maximum MP, SP :	12	1	0,6	3,3	1,1	18
Minimum MP, SP et SO :	12	1	4,0	0,5	0,5	18

* Niveau de SO exceptionnellement élevé; il s'agit de cas davantage théoriques que réalistes.

Conclusion

Les simulations effectuées avec SaMARE ont permis de concevoir un modèle linéaire simple qui facilite la compréhension des principales variables explicatives de l'accroissement annuel net. D'autres modèles comparables pourraient être conçus en déplaçant les coordonnées géographiques du peuplement étudié

et en simulant l'évolution de peuplements pourvus d'autres caractéristiques (composition, structure). De cette façon, il serait possible d'obtenir de façon simple et rapide un estimé de l'accroissement net selon les territoires et les types de peuplements. Ces outils permettraient d'analyser sommairement l'acceptabilité d'une demande de compromis financier dans le choix des arbres à marquer pour la coupe. Cependant, il demeure préférable d'utiliser SaMARE pour obtenir un estimé plus précis de l'accroissement net.

Références

- ARBOGAST, C., Jr., 1957. *Marking guides for northern hardwoods under the selection system*. USDA For. Serv., Lake States For. Exp. Stn., Stn. Pap. No. 56. 21 p.
- BÉDARD, S. et Z. MAJČEN, 2004. *Résultats de 15 ans des coupes de jardinage dans les forêts feuillues du Québec méridional*. Forum de transfert sur la recherche en aménagement et en environnement forestier. Action concertée fonds nature et technologies - Fonds forestier, programme de recherche stratégique en aménagement et environnement forestiers. Sainte-Foy, le 6 avril 2004. P. 177-183.
- BERGERON, D., M. DARVEAU, A. DESROCHERS et J.-P. L. SAVARD, 1997. *Impact de l'abondance des chicots sur les communautés aviaires et la sauvagine des forêts conifériennes et feuillues du Québec méridional*. Série de rapports techniques n° 271F, Service canadien de la faune, région du Québec, Environnement Canada, Sainte-Foy. vi + 24 p.
- BOULET, B., 2007. *Défauts et indices de la carie des arbres*. 2^e édition. Les publications du Québec. 317 p.
- FORTIN, M., S. BÉDARD et J. DEBLOIS, en prép. *SaMARE : un modèle par tiges individuelles destiné à la prévision de la croissance des érablières inéquiennes du Québec méridional*. Soumis pour publication à gouv. du Québec, min. Ress. nat. et Faune, Dir. rech. for., Mémoire de recherche.
- FORTIN, M., S. BÉDARD, J. DEBLOIS et S. MEUNIER, 2008. *Predicting individual tree mortality in northern hardwood stands under uneven-aged management in southern Québec, Canada*. Ann. For. Sci., 65 : 1-12.
- GUILLEMETTE, F., S. BÉDARD et M. FORTIN, 2007. *Installation d'un dispositif de suivi des effets de l'éclaircie sélective individuelle dans des érablières à bouleau jaune près du réservoir Mitchinamecus*. Gouv. du Québec, min. des Ress. nat. et de la Faune, Dir. de la rech. for. Rap. interne n° 496. 60 p.

GUILLEMETTE, F., S. BÉDARD et M. FORTIN, 2008. *Evaluation of a tree classification system in relation to mortality risk in Québec northern hardwoods*. For.Chron. 84(6) : 886-899.

LEAK, W.B., D.S. SOLOMON et P.S. DEBALD, 1987. *Silvicultural guide for northern hardwood types in the northeast (revised)*. USDA For. Serv., Northeast. For. Exp. Stn., Res. Pap. NE-603. 36 p.

MAJCEN, Z., S. BÉDARD et S. MEUNIER, 2005. *Accroissement et mortalité quinze ans après la coupe de jardinage dans quatorze érablières du Québec méridional*. Gouv. du Québec, min. Ress. nat., Dir. rech. for. Mémoire de recherche n° 148. 39 p.

MAJCEN, Z., Y. RICHARD et M. MÉNARD, 1984. *Écologie et dendrométrie dans le sud-ouest du Québec. Étude de douze secteurs forestiers*. Gouv du Québec, min. Énergie et Ress., Serv. de la rech. Mémoire de recherche n° 85. 333 p.

MAJCEN, Z., Y. RICHARD, M. MÉNARD et Y. GRENIER, 1990. *Choix des tiges à marquer pour le jardinage d'érablières inéquiennes. Guide technique*. Gouv. du Québec, min. Énergie et Ress., Serv. de la rech. Mémoire de recherche n° 96. 94 p.