

Évaluation de l'effet du jardinage et des coupes par trouées sur la dynamique de la régénération des érablières (strates ErFt et ErBj) : vers le développement d'outils de planification

Responsable : Dr. Christian Messier (GREFi, UQAM).

Autres membres : Dr. Marilou Beaudet (GREFi, UQAM); Dr. David Greene (Concordia).

Résumé

La coupe forestière en forêt feuillue se fait surtout par jardinage depuis une quinzaine d'années. Toutefois, des alternatives au jardinage par pieds d'arbres ont été proposées afin de favoriser les essences semi-tolérantes à l'ombre, importantes tant au niveau de la biodiversité qu'en termes économiques. Ce projet avait pour objectif d'améliorer notre compréhension des effets du jardinage sur la régénération des érablières. Il était divisé en deux volets : 1) Dans Portneuf, nous avons effectué un suivi d'un dispositif de coupe de jardinage avec trouées établi en 1996 (avec fertilisation et dégagement). Les résultats obtenus indiquent que : (i) Une combinaison de jardinage par pieds d'arbres et par trouées est probablement nécessaire pour permettre la régénération des espèces tolérantes et semi-tolérantes; (ii) Le chaulage ne procurait pas d'effet positif sur la régénération de l'érable à sucre et du bouleau jaune; (iii) Le dégagement devrait s'effectuer prioritairement dans les grandes trouées et être évité en présence de fortes densités de chevreuils; 2) En Estrie, des travaux ont été effectués pour documenter l'effet du jardinage sur les lits de germination, la lumière, l'établissement, la croissance et la mortalité de la régénération suite à des coupes de jardinage. Ces données ont servi à paramétriser le modèle de simulation SORTIE. Ce modèle est un modèle de simulation spatialement explicite par arbres individuels qui permet de simuler l'effet de coupes partielles en tenant compte des effets sur le régime lumineux et du degré de perturbation du parterre forestier dans les sentiers de débardage. Le modèle a été utilisé pour évaluer l'effet des scénarios sylvicoles suivants, sur une période de 75 ans: 1) absence de coupe ; 2) CJ avec un prélèvement de 20%, une superficie de peuplement affectée par les sentiers de débardage de 15% et rotation de 15 ans; 3) CJ à 28 % avec 20 % de sentiers et rotation de 20 ans; 4) CJ à 35 % avec 20 % de sentiers et rotation de 25 ans ; 5) CJ à 35 % avec 25 % de sentiers et rotation de 25 ans ; 6) CJ à 42 % avec 25 % de sentiers et rotation de 30 ans ; 7) CJ à 35 % (incluant des trouées de 575 m²), 20 % de sentiers et rotation de 25 ans. Les résultats indiquent que les coupes de jardinage par pieds d'arbres augmentaient la proportion des gaules d'érable à sucre et de hêtre. Toutefois, dans le cas du hêtre, cette augmentation était moindre suite au jardinage par trouées. Concernant le bouleau jaune, l'augmentation de l'intensité du prélèvement, lorsque celui-ci était effectué par pieds d'arbres, ne favorisait pas cette espèce. En fait, un prélèvement plus faible (20 %) sur de courtes rotations (15 ans) semblait plus favorable. Malgré tout, lorsque l'on comparait les patrons de coupe par pieds d'arbres à ceux avec des trouées, le jardinage par trouées s'avérait plus favorable au bouleau jaune. La coupe de jardinage par trouées semble donc être une alternative présentant un bon potentiel pour favoriser le bouleau jaune et contrôler l'augmentation du hêtre, tout en maintenant la proportion d'érable à sucre.

1. Objectifs et approche utilisée

Ce projet avait pour objectif d'améliorer notre compréhension des effets du jardinage sur la dynamique de régénération des érablières. Les objectifs spécifiques étaient les suivants : (1) Quantifier l'effet de la coupe de jardinage et de la coupe par trouées sur les conditions lumineuses et les lits de germination; (2) Évaluer l'établissement, le recrutement, la croissance et la survie des principales essences commerciales suite aux coupes et évaluer la réponse de la végétation compétitrice à l'ouverture du couvert; (3) Mesurer la densité et la croissance de la régénération établie dans les anciens sentiers de débardage pour évaluer le potentiel de rendement de ces microsites; (4) Développer différents outils d'aide à la planification des interventions sylvicoles en forêt feuillue, incluant le recours à la modélisation pour tester différents scénarios sylvicoles.

Le projet comportait deux volets : 1) Dans la région de Portneuf, nous avons effectué un suivi d'un dispositif de coupe de jardinage avec trouées. Ce dispositif, établi en 1996, comportait des traitements de dégagement et de fertilisation (chaulage) ; 2) En Estrie, des travaux de terrain ont été effectués pour documenter divers aspects de la dynamique de régénération des érablières suite au jardinage ainsi que pour paramétriser le modèle de simulation SORTIE. Le modèle a été utilisé pour évaluer l'effet de variations dans l'intensité et la répartition spatiale du prélèvement.

2. Volet Portneuf

2.1 Travaux accomplis:

Dans une érablière à bouleau jaune et à hêtre, un dispositif a été établi à l'automne 1996 en collaboration avec GESTOFOR dans lequel un jardinage à 20% a été effectué avec des trouées de ~ 1000 m². En 1997, 144 quadrats (7 m x 7 m) ont été établis, répartis dans de petites (~ 50 m²), moyennes (100-300 m²) et grandes (700-1200 m²) trouées. Des traitements de dégagement (élimination de la compétition arbustive et herbacée pendant les 3 premières années) et de chaulage (500 kg.ha⁻¹ chaux + 25 kg.ha⁻¹ KCl la 1^{ère} année) furent appliqués selon un dispositif en blocs aléatoires de type factoriel. À l'automne 1999, 1500 semis d'érable à sucre et de bouleau jaune ont été sélectionnés pour un suivi de croissance et mortalité. Dans le cadre du présent projet, un suivi du dispositif a été effectué à l'été 2002. La densité, la croissance et la survie des semis ont été évalués. Le pourcentage de recouvrement de la végétation a été évalué par espèce et classe de hauteur. Des mesures de lumière ont été prises à 30 cm, 1 m et 2 m. Les données relatives à la densité, croissance et survie des semis, ainsi qu'à l'abondance de la végétation de sous-bois, la disponibilité de la lumière, le degré de perturbation, le pH et les éléments nutritifs du sol nous ont permis d'évaluer les effets interactifs de la taille des trouées avec la disponibilité en calcium du sol et la compétition de sous-bois sur la régénération naturelle de l'érable à sucre et du bouleau jaune pendant une période de 6 ans après intervention.

2.2 Résultats obtenus:

Premièrement, les résultats démontrent que l'érable à sucre et le bouleau jaune présentent deux stratégies de régénération différentes. La densité de l'érable à sucre est généralement plus élevée que celle du bouleau jaune mais le bouleau jaune a une croissance en hauteur plus rapide, même dans des conditions ombragées. Étonnamment, les deux espèces ont une survie comparable pour la majorité des traitements, malgré leur différence de tolérance à l'ombre. Deuxièmement, la performance relative de la croissance entre l'érable à sucre et le bouleau jaune reste généralement la même selon les traitements malgré des conditions environnementales contrastantes. Troisièmement, la complexité et le caractère inattendu des réponses de la régénération de l'érable à sucre et du bouleau jaune suite au chaulage suggèrent

qu'il serait souhaitable d'effectuer des recherches sur l'écophysiologie de la nutrition de l'érable à sucre et du bouleau jaune. Quatrièmement, la végétation de sous-bois peut exercer un effet compétitif important sur la croissance dans les grandes trouées en réduisant la lumière et la disponibilité du nitrate du sol. Au niveau des implications pour la gestion forestière, les principales conclusions sont les suivantes: La coupe de jardinage a fourni des conditions favorables pour la régénération des deux espèces dans le site de Portneuf. La densité de l'érable à sucre était plus élevée dans les petites et moyennes trouées. Les moyennes trouées favorisaient la survie du bouleau jaune. Les grandes trouées étaient associées à de plus fortes densités et croissances chez le bouleau jaune, et à une plus forte croissance et survie chez l'érable à sucre. Puisque le bouleau jaune est plus sensible à la fermeture du couvert que l'érable à sucre, il est délicat de prédire si les petites et moyennes trouées fourniront assez de lumière pour permettre la survie du bouleau jaune jusqu'à la prochaine coupe. Une combinaison de coupe de jardinage par pieds d'arbres et par trouées est probablement nécessaire pour maintenir la composition en espèces de l'érablière à bouleau jaune en créant des conditions qui permettent la régénération des espèces tolérantes et semi-tolérantes à l'ombre. Le chaulage présente généralement un effet négatif sur la régénération de l'érable à sucre et du bouleau jaune et nos résultats ne permettent pas de recommander un tel traitement, même sur des sols pauvres en cations échangeables. Le contrôle des espèces non commerciales devrait s'effectuer prioritairement dans les grandes trouées et ne pas être appliqué dans des érablières abritant d'importantes populations de chevreuils car selon nos observations, le dégagement a tendance à exposer les semis au broutage.

3. Volet Estrie

3.1 Travaux accomplis:

Des travaux de terrain ont été effectués en 2002 et 2003 dans différents secteurs appartenant à Domtar, en Estrie (sous-région écologique 2cT, unité de paysage #8), dans des strates feuillues (Er, ErFt, ErBj) sur sites mésiques (drainage 2 ou 3). Ces travaux ont servi à paramétrer plusieurs modules du modèle de simulation SORTIE, pour les sept espèces suivantes : l'érable à sucre (ERS), le bouleau jaune (BOJ), le hêtre (HEG), l'érable rouge (ERR), le frêne d'Amérique (FRA), le cerisier tardif (CET) et l'érable de Pennsylvanie (ERP). Allométrie et lumière : Les relations hauteur vs. DHP, rayon de cime vs. DHP, et longueur de cime vs. hauteur ont été établies. Le coefficient de transmission de la lumière au travers de la cime a été obtenu à partir de photographies de la cime des arbres prises à l'aide d'une Nikon Coolpix 950. Lits de germination : La disponibilité des lits de germination a été évaluée dans 2 peuplements non coupés et 11 coupes de jardinage (chronoséquence de 1 à 13 ans après coupe). Dans chaque peuplement, 4 transects de 150 m étaient établis et des relevés du % de recouvrement des lits de germination (litière, bois frais, bois pourri, sol minéral, humus et roches) étaient effectués à tous les 2 m, en notant si le quadrat était dans un sentier de débardage. Ces données ont permis de déterminer: 1) le % du parterre affecté par les sentiers; 2) le % de recouvrement des lits de germination dans des forêts non coupées et des coupes de jardinage récentes; et 3) l'évolution temporelle de la disponibilité des différents lits de germination. Établissement de la régénération : Dix placettes de 1.5 ha ont été établies dans des coupes de jardinage récentes, avec un transect de 50 m au centre. Les semenciers potentiels (arbres de DHP > 8 cm, ou 4 cm pour l'ERP) ont été cartographiés. Des quadrats de 1 m² ont été installés, de façon contiguë, le long du transect central. Les semis de ≤ 2 ans et les lits de germination ont été répertoriés. Croissance des gaules en fonction de la lumière : L'échantillonnage (97 à 106 gaules / sp.) a été effectué dans 8 sites variant en ouverture du couvert (1 non coupé, 5 CJ, 2 CB). La disponibilité en lumière au-dessus des individus était établie à partir de photos hémisphériques. Pour chaque individu, une section de tige était rapportée au laboratoire pour mesurer les cernes de

croissance. Chaque site d'échantillonnage a été caractérisé (surface terrière, pente, exposition, type d'humus, de sol et de dépôt, pH, capacité d'échange cationique, saturation en bases). Mortalité des gaules en fonction de la croissance radiale : Nous avons utilisé la méthode de Kobe et al. (1995). Pour chaque espèce, les données proviennent de 3 sites, sauf pour l'ERS et le BOJ (6 sites), le HEG (4 sites) et le CET (aucun site). Des parcelles de 400 à 1000 m² ont été établies (1/site). Des sous-parcelles couvrant 10% à 20% de la superficie des parcelles ont été inventoriées afin d'établir le ratio d'individus morts et vivants pour estimer le taux de mortalité annuel. Seuls les individus morts qui satisfaisaient les critères de mortalité récente (< 4 ans) ont été comptés. Soixante tiges (30 mortes, 30 vivantes) ont été récoltées pour analyse des cernes pour chacun des 25 sites, pour un total de 1500 tiges. Croissance des arbres adultes : La paramétrisation à partir de données de terrain de ce module, dans lequel la croissance radiale des arbres est fonction d'un indice de compétition, n'était pas prévue dans la demande initiale. À l'été 2003, six placettes de 0.54 ha ont été établies dans lesquelles tous les arbres de DHP > 5 cm ont été cartographiés. Tous les arbres situés à l'intérieur d'une zone tampon de 20 m ont été carottés. La croissance radiale des 5 dernières années a été évaluée. Les effectifs n'ont toutefois pas été suffisants pour évaluer les variations de croissance en fonction de la compétition. La paramétrisation de ce module a donc plutôt été effectuée à l'aide des taux de croissance publiés dans le Manuel de mise en valeur des forêts privées (MRN, 1999). Autres modules : Les autres valeurs nécessaires pour compléter la paramétrisation (ex. : taux de mortalité des arbres adultes par classe de DHP, fréquence d'occurrence des chablis, etc.) ont été obtenues à partir de la littérature. À noter que dans le cas de la mortalité des arbres adultes, nous avons utilisé des taux provenant des dispositifs de la DRF (mortalité plus faible après jardinage). Validation : Bien que des tests de validation du modèle n'aient pas été prévus dans la demande initiale, nous avons effectué des travaux visant à valider les prédictions de lumière générées par SORTIE.

Le modèle SORTIE a été utilisé pour effectuer des simulations pour des peuplements de trois types forestiers (Er, ErBj, ErFt) et de trois surfaces terrières initiales (22, 25 et 28 m²/ha). La proportion des essences, la densité des tiges et la distribution de diamètres des peuplements ont été établies à partir des données d'inventaire de Domtar. Plusieurs scénarios ont été comparés en faisant varier l'intensité du prélèvement, la période de rotation, la proportion du parterre forestier affectée par les sentiers de débardage, ainsi que le patron de récolte (par pieds d'arbres ou par trouées). Les scénarios suivants ont été comparés sur une période de 75 ans: 1) absence de coupe ; 2) CJ avec un prélèvement de 20%, une superficie de peuplement affectée par les sentiers de débardage de 15% et une période de rotation de 15 ans; 3) CJ à 28% avec 20% de sentiers et une rotation de 20 ans; 4) CJ à 35% avec 20% de sentiers et une rotation de 25 ans ; 5) CJ à 35% avec 25% de sentiers et une rotation de 25 ans ; 6) CJ à 42% avec 25% de sentiers et une rotation de 30 ans ; 7) CJ à 35% avec 20% de sentiers et une rotation de 25 ans, mais avec des trouées de 575 m². Les quatre premiers scénarios ont été testés pour l'ensemble des types forestiers et surfaces terrières initiales, alors que les trois derniers ne l'ont été que pour les peuplements de type ER à 28 m²/ha.

3.2 Résultats obtenus:

Les données récoltées sur le terrain ont permis de quantifier plusieurs caractéristiques importantes des espèces et des sites à l'étude et nous ont servi pour paramétriser le modèle. Des relations allométriques entre le DHP, la hauteur, le rayon moyen et la longueur de la cime ont été obtenues pour chaque espèce pour un large éventail de DHP (0 à 92 cm). L'étude des lits de germination a démontré que les sentiers de débardage avaient en moyenne une largeur de 5.3 m et occupaient 23.5% de la superficie des peuplements jardinés. Le recouvrement de sol minéral et d'humus (combinés) était de seulement 2.2 % dans les forêts non coupées et augmentait à 27.6 % dans les sentiers des CJ récentes (1 an). Cette disponibilité accrue de ces lits de germination ne persistait toutefois pas longtemps puisque 4 ans après coupe, les valeurs

étaient de nouveau similaires à celle des forêts non coupées. Les courbes de croissance radiale des gaules en fonction de la lumière ont été établies pour chaque espèce. La lumière a un effet significatif sur la croissance radiale qui augmente (toutes espèces confondues) d'environ 0.5 à 1.5 mm/ an, de 10% à >60% de lumière. Le BOJ et le CET sont les deux essences ayant la plus forte croissance sous des conditions lumineuses élevées, et l'ERR et l'ERS étaient les deux essences ayant les croissances les plus faibles. L'étude de la mortalité des gaules a permis d'établir des probabilités de mortalité en fonction de la croissance radiale et de la lumière. Des différences entre espèces ont été observées, le HEG ayant la plus faible mortalité à l'ombre, suivi de l'ERS, du BOJ, de l'ERP, de l'ERR puis du FRA.

Les simulations effectuées sur une période de 75 ans démontraient une évolution vraisemblable de la surface terrière dans les peuplements non coupés (celle-ci atteignant de 29 à 32 m²/ha pour des s.t. initiales de 22 et 25 m²/ha, respectivement). Suite aux coupes de jardinage, on observait généralement un retour à la surface terrière initiale après une première coupe, mais cela n'était pas toujours le cas lors des rotations subséquentes. Le fait de réutiliser les mêmes sentiers de débardage d'une coupe à l'autre ne permettait pas d'aller récolter un volume suffisant lors des 2^e et 3^e coupes. Toutefois, le fait d'ouvrir des sentiers de débardage à des endroits systématiquement différents d'une coupe à l'autre entraînait des diminutions importantes de la surface terrière. Un scénario intermédiaire (avec un chevauchement partiel des sentiers d'une coupe à l'autre) permettait généralement d'atteindre le prélèvement visé ainsi que le recouvrement de la surface terrière d'une rotation à l'autre. Au niveau des effets des coupes sur la composition en espèces, nous n'avons pas observé d'effets importants sur la composition des arbres adultes, ce qui n'est pas surprenant puisque l'intensité du prélèvement ne variait pas entre espèces et que la période de simulation est relativement courte (75 ans). Les principaux effets des coupes sur la composition en espèces des peuplements étaient plutôt au niveau des gaules. Nos résultats indiquent que les coupes de jardinage par pieds d'arbres avaient généralement pour effet d'augmenter la proportion des gaules d'ERS. L'intensité du prélèvement n'avait pas d'effet significatif sur l'amplitude de cette augmentation dans les Er et les ErFt. Dans les ErBj toutefois, une intensité de prélèvement plus élevée (35%) avait tendance à accentuer l'augmentation dans la proportion d'ERS, par rapport à un prélèvement plus faible (20%). Un fait surprenant à première vue dans le cas du BOJ est que le fait d'augmenter l'intensité du prélèvement (jusqu'à 42%) ne favorisait pas cette espèce lorsque le prélèvement était effectué par pieds d'arbres. En fait, lorsque le prélèvement était effectué par tiges individuelles, un prélèvement plus faible (20%) sur de courtes rotations (15 ans) semblait plus favorable. Ce traitement pourrait donc faire l'objet d'un essai sylvicole. L'effet négatif des prélèvements plus élevés (mais par pieds d'arbres) sur le BOJ semblait être attribuable à une mortalité des gaules de BOJ, 20-30 ans coupe, qui pourrait être liée à la refermeture des trouées de dimension restreinte résultant du prélèvement par pieds d'arbres. Lorsque tous les scénarios étaient considérés, le jardinage par trouées (35% avec trouées de 575 m² et rotation de 25 ans) était de loin supérieur aux autres pour favoriser le BOJ. Nos simulations indiquent une augmentation de la proportion des gaules de HEG suite à toutes les formes de jardinage testées (ce qui concorde avec ce que l'on observe sur le terrain), toutefois, l'amplitude de cette augmentation était moindre suite au jardinage par trouées. Si l'on se base sur l'effet des différents régimes de coupe sur l'ensemble des espèces, on peut conclure que la coupe de jardinage à 35% avec un patron de récolte par trouées semble être un régime de coupe adéquat pour favoriser le BOJ et contrôler l'augmentation de l'importance du HEG, tout en maintenant la proportion d'ERS. Ce traitement pourrait être particulièrement avantageux dans les peuplements de type ErBj où une intensité de prélèvement plus élevée semble pouvoir augmenter la proportion d'ERS et où le potentiel de régénération du BOJ est accru étant donné la plus grande abondance de semenciers de cette espèce dans ce type forestier.

4. Atteinte des objectifs et retombées escomptées

Nos travaux dans Portneuf et en Estrie ont permis de quantifier l'effet de la coupe de jardinage sur la distribution des lits de germination et des conditions lumineuses (obj. #1). La paramétrisation du module de lumière de SORTIE permet d'avoir recours à la modélisation pour évaluer l'effet de différentes grandeurs de trouées sur la lumière en sous-bois. L'objectif #2, visant à évaluer l'établissement, le recrutement, la croissance et la survie des principales essences commerciales suite aux coupes et d'évaluer la réponse de la végétation compétitrice à l'ouverture du couvert, a été atteint de plusieurs façons, notamment par le développement de courbes croissance vs lumière pour la régénération. L'objectif #3 était d'évaluer l'impact, lors d'une 2^e rotation, de ré-utiliser les mêmes sentiers de débardage que lors de la 1^{ère} coupe. Cette question a été explorée à l'aide de simulations mais reste à approfondir. Finalement, ce projet a permis de paramétriser SORTIE pour plusieurs essences commerciales de la forêt feuillue du Québec et d'explorer les effets de scénarios sylvicoles différant quant à l'intensité, la fréquence et la répartition spatiale de leur prélèvement (obj. #4). Les données de terrain récoltées dans ce projet et le développement de l'approche par modélisation constituent des sources d'information permettant de favoriser le maintien de la diversité de composition et de structure des érablières, un sujet d'intérêt pour plusieurs intervenants du milieu forestier. Le développement d'outils de modélisation pourra s'avérer utile pour la mise en place d'un mode d'aménagement écosystémique pour les forêts feuillues ce qui permettra de garantir la sauvegarde de la biodiversité et de la productivité de nos érablières.