

Rôle des épidémies de la livrée des forêts dans la dynamique forestière : effets potentiels sur les trajectoires successionales (enfeuillage vs enrésinement)

Chercheur principal : Yves Mauffette, UQAM
Collaborateurs : François Lorenzetti, UQO et IQAFF
Yves Bergeron, UQAM, Christian Messier, UQAM
Frédéric Doyon, IQAFF

Ce projet a été retenu en fonction des priorités suivantes :

- *Avoir une meilleure connaissance des régimes de perturbations naturelles et des processus écologiques leur étant associés.*
- *Validation des appréhensions concernant la modification du couvert forestier, (ex. l'enfeuillage, l'ensapinage, l'envahissement par le Kalmia, la raréfaction d'essences nobles, etc.) dans un contexte de maintien de la biodiversité.*
- *Développer des stratégies d'aménagement visant à maintenir les fonctions et la diversité biologique du milieu forestier.*
- *Améliorer les modèles de simulation utilisés au Québec afin de mieux intégrer les variables écologiques, le régime de perturbations naturelles, la diversité biologique, les interventions passées dans les peuplements et les retombées socio-économiques.*
- *Comprendre le rôle et la dynamique des populations de ravageurs forestiers et améliorer les moyens de détection et de suivi.*

Les objectifs suivants ont été fixés pour ce projet :

- 1)** *Quantifier l'apport de lumière supplémentaire occasionné par les défoliations et modéliser à partir de ces données la trajectoire des peuplements à l'aide du logiciel SORTIE/Boréal, un modèle de simulation à l'échelle du peuplement spatialement explicite basé sur les réponses individuelles des arbres;*
- 2)** *Documenter l'incidence et les patrons temporel et spatial des trouées causées par la mortalité des peupliers et calibrer les modules appropriés dans SORTIE/Boréal afin de tenir compte de ces mortalités;*
- 3)** *Décrire et quantifier la réponse du sous-couvert (régénération du peuplier, réponse de la végétation compétitrice, dynamique de la régénération résineuse) à l'apport en lumière hors trouée (durant les épidémies elles-mêmes) et dans les trouées afin de valider les simulations obtenues à l'aide du logiciel SORTIE/Boréal;*
- 4)** *Établir des liens avec les résultats d'autres études visant à imiter les perturbations naturelles, comme le Projet SAFE, en Abitibi.*

RÉSUMÉ DE LA PROBLÉMATIQUE

Parmi les perturbations naturelles récurrentes qui touchent les peuplements forestiers et qui influencent leur dynamique, on retrouve les épidémies d'insectes. Leur impact peut être drastique, en tuant les arbres directement lors d'une épidémie, ou plus subtil, en affaiblissant les arbres et les rendant plus susceptibles à des agents secondaires de mortalité (Schoeneweiss, 1975; Kulman, 1971). Dans les deux cas, ces mortalités directes et indirectes changeront la composition spécifique des peuplements à plus ou moins long terme et influenceront le rythme auquel la succession se déroule (Schowalter, 2000; Musika et Liebhold, 1999; Alfaro et Singh, 1997; Castello *et al.*, 1995. Campbell et Sloan, 1977). Ainsi, une connaissance du rôle des épidémies d'insectes dans la dynamique des peuplements est essentielle à notre compréhension des processus naturels qui jouent un rôle dans la dynamique forestière.

MÉTHODOLOGIE

Réseau initial de placettes, cartographie et caractérisation

Un réseau initial de douze placettes, dont la taille varie de 0.1 à 1 hectare selon la densité de tiges de peuplier faux-tremble, a été établi dans toute l'Abitibi. Ces placettes ont été sélectionnées sur la base des estimations de défoliation réalisées au sol entre 1998 et 2000 par les techniciens de la Direction de la conservation des forêts du Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune du Québec. Les peuplements retenus devaient être dominés par le peuplier faux-tremble et être âgés autour de 50 ans. Dans ce réseau initial, la distribution des placettes en fonction du régime de défoliation fut le suivant : 3 placettes non défoliées entre 1998 et 2000, 3 placettes sévèrement défoliées une seule année¹ (2000), 3 placettes sévèrement défoliées deux années consécutives (1999-2000) et 3 placettes sévèrement défoliées 3 années consécutives² (1998-1999-2000) [Figure 1].

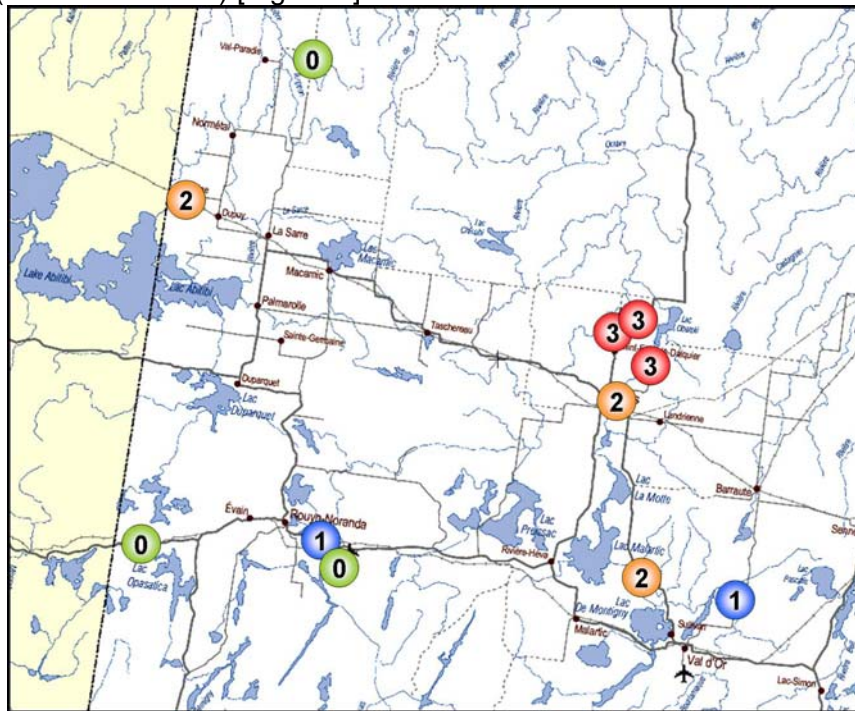


Figure 1. Localisation des placettes de suivi des effets des défoliations par la livrée des forêts en Abitibi. La numérotation dénote le nombre d'années de défoliation sévères subies dans les placettes entre 1998 et 2000.

¹ Une placette dans cette catégorie a été abandonnée après que plusieurs arbres y furent coupés.

² Deux de ces placettes ont été défoliées de manière modérée (26-65% de défoliation) en 1998, mais elles furent défoliées de manière sévère (66-100%) en 1999 et 2000.

Une cartographie de la position spatiale des arbres a été réalisée dans chacune de ces placettes. L'essence, le diamètre à hauteur de poitrine, la position sociale et l'état de santé (mort ou vivant, présence de maladies, blessures, cassures, etc.) ont été notés pour chacun des arbres³. Un suivi des placettes a été effectué en 2004 et en 2005. Afin de reconstituer les périodes de mortalité des arbres, une première classification sur place a été effectuée lors du premier suivi, basée sur l'état de dégradation de la cime et du tronc. Des carottes ont été prélevées sur plusieurs arbres appartenant à chacune des classes constituées afin de préciser la période de mortalité, soit celle remontant avant le début de l'épidémie, celle ayant eu cours durant l'épidémie, et celle après l'épidémie. En associant la mortalité en fonction des périodes visées, de la position sociale des arbres et de leur localisation, il a été possible d'obtenir une description détaillée de l'évolution de cette mortalité et des conséquences sur l'ouverture du peuplement.

Second réseau d'échantillonnage

Un second réseau d'échantillonnage a été mis sur pied en 2004 afin d'augmenter l'information relative à la mortalité dans des peuplements défoliés 3 années consécutives. Cinq sites sévèrement défoliés durant 3 ans et 2 sites non touchés ont été sélectionnés à partir de la superposition des données numérisées de défoliation obtenues par inventaires aériens menés de 1999 à 2002 inclusivement par le MRNFQ. Dans ces sites, de 3 à 5 quadrats de 400 m² distants les uns des autres d'environ 100 m ont été inventoriés, mais cette fois-ci, sans que la localisation des arbres ne soit déterminée. Les autres mesures décrites précédemment ont cependant été effectuées. Du fait que ces sites n'ont pas été caractérisés par des estimations de défoliation réalisées au sol, et que les inventaires aériens concernent une différente échelle de résolution – moins précise, l'intensité de la défoliation dans les quadrats même n'est pas parfaitement connue. C'est pourquoi un inventaire des arbres morts a aussi été réalisé entre les quadrats dans ces sites du second réseau d'échantillonnage. Il faut néanmoins considérer les estimations de la mortalité dans ces sites comme ayant peu de probabilité d'inclure les événements très rares et très localisés de mortalité importante. Les résultats obtenus constituent donc une sous-estimation de la mortalité associée aux défoliations, mais tout de même un reflet des événements de plus haute probabilité.

Régimes de lumière

En 2004, soit durant la période post-épidémique, des mesures de la lumière diffuse ont été réalisées à l'aide d'un LAI-2000 dans 8 des placettes du réseau initial d'échantillonnage, deux placettes dans chaque catégorie de nombre d'années de défoliation. Cet échantillonnage fut intensif, 75 à 100 points de mesure à 4 m de hauteur sur des grilles de 600 mètres carrés en moyenne.

Réponses de la régénération et du sous-couvert

En 2004 et 2005, des mesures de croissance latérale et en hauteur ont été effectuées sur des sapins et des épinettes blanches ayant entre 12 et 16 ans d'âge apparent (nombre de verticilles). Toutes les tiges sélectionnées devaient avoir pour seule compétition celle exercée par une canopée de peuplier faux-tremble. L'idée était de pouvoir comparer la croissance en fonction du nombre d'années de défoliation (0 ou 3 ans) subies par le peuplement dans lequel cette régénération se trouvait. En 2005, dans les 8 placettes où le régime de lumière a été décrit, 25 quadrats de 1 m² ont été placés sur la grille de mesure de la lumière (5 par 5). Dans chacune

³ Un compte rendu de la caractérisation des ces placettes est disponible dans le rapport 2004 de l'IQAFF (www.igaff.qc.ca) intitulé « CARACTERISTIQUES DES PLACETTES DE SUIVI DES IMPACTS DES DEFOLIATIONS PAR LA LIVREE DES FORETS EN ABITIBI » et rédigé par F. Lorenzetti et D. Marchand.

de ces placettes, les tiges d'espèces arbustives ont été recensées, de même que celles d'essences en régénération. Les hauteurs maximales des strates arbustives et en régénération ont été notées et des galettes ont été prélevées près du sol afin d'examiner la réponse de la croissance radiale au régime de lumière. Les espèces herbacées ont aussi été recensées et le pourcentage de couvert par cette strate a été estimé. Une estimation de la quantité de lumière disponible a aussi été réalisée à 1 m du sol au centre des quadrats à l'aide d'un densiomètre convexe.

Simulations des trajectoires successionales à l'aide de SORTIE

Des simulations informatiques de l'évolution de peuplements virtuels ont été réalisées à l'aide d'une version du logiciel SORTIE⁴ (version 4.1) paramétrée pour l'Abitibi. Toutes les simulations ont été réalisées à partir d'une forêt initiale en régénération qui, au bout d'une période de 200 ans, aurait une répartition équitable de la surface terrière entre le peuplier faux-tremble et l'épinette blanche. C'est cette forêt virtuelle qui par la suite a été retenue pour servir de point de comparaison pour déterminer si les effets des défoliations répétées par la livrée (augmentation de la lumière dans le sous-étage, mortalité) accélère l'enrésinement. Les scénarios réalisés examinaient l'effet de la défoliation et celui de la mortalité, événements appliqués de manière ponctuelle ou récurrente (à tous les 15 ans), isolément ou en combinaison. Les effets des pertes de croissance associées aux défoliations n'ont pas été examinés car le logiciel ne permet pas à l'heure actuelle de modifier cette option. Cependant, les scénarios réalisés ayant couvert un ensemble assez large de situations, les résultats obtenus donnent l'étendue de la plage des effets possibles.

PRINCIPAUX RÉSULTATS OBTENUS

L'effet « livrée » sur la mortalité, qu'en est-il ?

Les estimations obtenues grâce à ce projet de recherche indiquent que, depuis 1998, première année de défoliations sévères, la livrée a fait passer le taux de mortalité annuel de 1.2-1.7 % (comparable à des estimations indépendantes réalisées sur les placettes-échantillons permanentes) à 3.3-16.4 % **après** l'épidémie (taux applicable pour la période allant de 2002 à 2005 inclusivement ; médiane de 5.5 %, n=8 sites du réseau initial d'échantillonnage). Le taux annuel de mortalité dans le second réseau de sites échantillonnés dans la période post-épidémique était de 1.9-3.8%, avec une médiane de 3.5 % (n=5 sites). Les étendues des taux annuels de mortalité varient selon que les sites aient été sélectionnés à partir d'un inventaire de la défoliation au sol ou par les airs, mais les taux médians se rapprochent, confirmant en quelque sorte que : (1) les défoliations par la livrée peuvent causer de la mortalité importante, mais de façon très localisée – ce sont des événements extrêmes de mortalité de groupe, mais bien réels [Figure 2], et (2) la mortalité autour des événements extrêmes est plus faible, mais plus uniforme⁵. Tout inventaire à l'échelle du paysage devrait tenir compte de ces 2 réalités.

⁴ Le logiciel SORTIE a été développé par Charles D. Canham, du Institute of Ecosystem Studies (Millbrook, NY). Un rapport 2005 complet des simulations menées dans le cadre du présent projet est disponible (www.iqaff.qc.ca) sous le titre « EFFETS DE LA LIVREE DES FORETS, DEFOLIATEUR DU PEUPLIER FAUX-TREMBLE SUR L'ENRESINEMENT EN ABITIBI : SIMULATIONS A L'AIDE DU LOGICIEL SORTIE-BC VERSION 4.1 ». Il a été préparé par F. Lorenzetti.

⁵ La distribution de fréquence des groupes d'arbres morts suite à l'épidémie, obtenue à partir des données du second réseau de sites d'échantillonnage, indique que les trouées sont formées par un seul arbre dans la très grande majorité des cas.

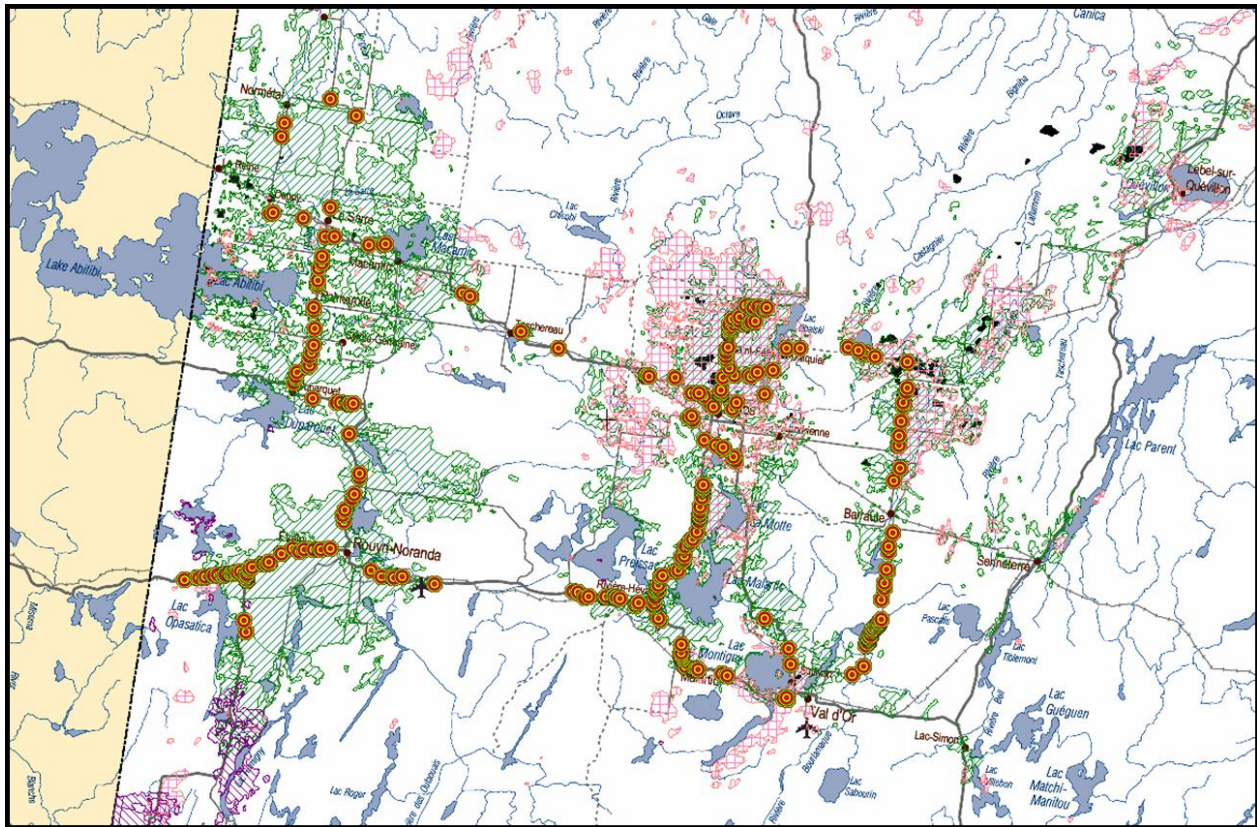


Figure 2. Mortalité de groupes de tiges de peuplier faux tremble inventoriée lors de la saison 2005 de travaux de recherche en Abitibi. Chaque cible représente un groupe de tige indépendant. En filigrane sont représentées les superficies défoliées selon différentes années dans la période 1999-2002 (Source : Direction de la conservation, MRNFP).

Une analyse plus détaillée des données prises dans les placettes du réseau initial d'échantillonnage indique que le taux de mortalité est à la fois une fonction du temps et du nombre d'année de défoliation : la mortalité augmente constamment depuis le début de l'épidémie jusqu'à maintenant, et ce de manière plus rapide avec le nombre d'années de défoliation. L'étude étant achevée, il n'est pas possible de dire quand un plateau et une réduction du taux de mortalité seront atteints.

D'autres analyses ont également indiquées que la mortalité dans les placettes touchées 3 ans affecte graduellement dans le temps des arbres occupant des positions sociales plus élevées. Ces résultats ont été analysés en tenant compte de la position des tiges dans les placettes et de la taille des couronnes des arbres (établie à partir d'une relation entre le diamètre de couronne et le diamètre à hauteur de poitrine) et ils indiquent que la mortalité occasionne une ouverture du peuplement (une plus grande portion du ciel est visible à partir du sous-couvert suite à l'épidémie)⁶. Ces résultats concordent avec l'augmentation de la lumière diffuse à une hauteur de 4 m au-dessus du sol observée dans les placettes touchées par l'épidémie de livrées.

Un autre résultat important que cette étude a permis de mettre en évidence, est que la mortalité du peuplier ne peut pas être associée à une incidence plus forte de pathogènes résultant de l'affaiblissement des arbres défoliés. Une grande majorité des arbres morts ne montraient aucun signe de maladie. Ceci corrobore toutefois les résultats d'une autre étude sur les effets de la livrée réalisée au Minnesota (Churchill et. Al, 1964).

⁶ MARCHAND, D., F. LORENZETTI, Y. BERGERON et Y. MAUFFETTE. Impact of forest tent caterpillar outbreaks on trembling aspen (*Populus tremuloides* Michx.) mortality and canopy opening in Quebec's boreal forest. (*manuscript en preparation*).

Les effets la végétation en sous-couvert

La régénération résineuse

La croissance apicale du sapin baumier est stimulée immédiatement après une première année de défoliation, alors que chez l'épinette blanche, cette réaction est plus mitigée. Ceci est aussi vrai lorsque l'on examine le rapport entre la croissance apicale et la croissance latérale. Il semble que le sapin profite du changement dans le régime de lumière occasionné par les défoliations pour échapper à sa forme « parapluie », tandis que l'épinette profite globalement de ce changement, mais dans une moindre mesure.

La régénération du peuplier faux-tremble

Il était attendu que l'ouverture de la canopée occasionnée par la mortalité du peuplier stimule la production d'une importante nouvelle cohorte de drageons, mais cela ne s'est aucunement produit. Dans les faits, la régénération de peuplier est quasi absente dans les placettes touchées 3 ans (même malgré un échantillonnage intensif, soit 25 x 1 m² répartis sur une surface de 200 m²), bien que la mortalité y soit importante. Une explication a posteriori, mais pas la seule, serait que les réserves racinaires sont pratiquement épuisées dans le système clonal. Cette hypothèse est compatible avec l'observation que la grande majorité des arbres meurent sans démontrer la présence de maladies : les défoliations ont dues essentiellement épuiser les réserves.

Les strates arbustive et herbacée

En général, la strate arbustive n'a pas semblé encore répondre en 2005 à la défoliation de la dernière épidémie, ceci d'aucune manière. En fait, cette strate devient de moins en moins représentée en fonction du nombre d'années de défoliation dans les placettes. En revanche, le pourcentage d'occupation du sol par la strate herbacée et par les mousses augmente en fonction du nombre d'années de défoliation.

Effets sur les trajectoires successioneelles

Le seul changement du régime de lumière associé aux défoliations n'accélère pas le rythme avec lequel la succession procède, selon les simulations réalisées, même si les défoliations sont appliquées de façon récurrente. Par contre, elle s'accélère avec l'augmentation du taux de mortalité (mortalité sans défoliation), mais seulement si la mortalité est appliquée à partir de 40 ou 60 ans. Plus tôt dans l'âge du peuplement, cela n'a qu'un effet marginal. La récurrence des épidémies, et la combinaison de la défoliation et de la mortalité, accélèrent considérablement l'enrésinement.

RETOMBÉES ESCOMPTÉES

Ce projet a permis de mettre en évidence comment la perturbation de l'écosystème forestier se manifeste en terme d'effets : (1) une mortalité plus élevée, assez variable selon l'intensité et la durée de l'épidémie, (2) une augmentation de la croissance, observée directement à court terme chez le sapin baumier, et observée à plus long terme chez l'épinette blanche grâce aux simulations informatiques, (3) une absence de réponse de la régénération en peuplier suite à l'épidémie. Pris dans leur ensemble, on pourrait conclure que les défoliations par la livrée ont le potentiel d'accélérer l'enrésinement. Cependant, la régénération résineuse n'étant pas souvent au rendez-vous, il semble que les peuplements les plus affectés soient plus sur la voie d'une stagnation de la succession qu'autre chose, en plus de subir une perte de productivité considérable.

Néanmoins, dans le cadre d'une approche écosystémique de la sylviculture, les résultats obtenus soutiennent des projets comme SAFE, en Abitibi, ou EMEND en Alberta, qui cherchent à déterminer comment différentes intensités d'ouverture partielles du peuplement peuvent aider la croissance des résineux et pour lequel une contrepartie au niveau des processus naturels n'était pas encore disponible pour des fins de comparaison.

BIBLIOGRAPHIE CITÉE

- Alfaro, R. I. et P. Singh. 1997. *Dans* : Proceedings of the XI World Forestry Congress, Vol. 1. Antalya, Turquie, 13-22 octobre 1997.
- Campbell, R.W. et R.J. Sloan. 1977. For. Sci. Monogr. No. 19.
- Churchill, G.B., John, H.H., Duncan, D.P. et A.C. Hodson. 1964. Ecology 45: 630-633.
- Castello, J.D., D.J. Leopold et P.J. Samllidge. 1995. BioScience 45: 16-24.
- Kulman, H.M. 1971. Ann. Rev. Entomol. 16: 289-324.
- Muzika R.M. et A.M. Liebhold. 1999. Can. J. For. Res. 29: 1365-1373.
- Schoneweiss, D.F. 1975. Ann. Rev. Phytopathol. 13: 193-212.
- Schowalter, T.D. 2000. Academic Press, San Diego, 483 pp.