

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

LA SÉLECTION DES POTEaux DE DISTRIBUTION D'ÉLECTRICITÉ COMME
SUBSTRAT DE NIDIFICATION CHEZ LE GRAND PIC (*Dryocopus pileatus*) EN FORÊT
FEUILLUE TEMPÉRÉE

MÉMOIRE
PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN BIOLOGIE

PAR
LAURIANE NAULT

DÉCEMBRE 2025

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.12-2023). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Je tiens à débiter mes remerciements en reconnaissant la chance que j'ai eu d'avoir Pierre Drapeau comme directeur de mémoire. Si plusieurs connaissent le caractère encyclopédique d'une discussion avec lui, j'y ai aussi trouvé de la bienveillance et une passion contagieuse qui ont été cruciales à plusieurs moments de cette étape qu'est la maîtrise. Je tiens également à remercier Alain Leduc et Philippe Cadieux pour leur temps et leurs précieux conseils qui rendent n'importe quelle idée réalisable. Mes remerciements vont aussi à tous les membres du laboratoire Drapeau que j'ai eu la chance de côtoyer dans les dernières années, Julien Bilodeau-Colbert, Katherine Lapointe-Quesnel, Jérémie Pelletier, Évelyne Bérubé-Beaulieu, Domitille Condrain-Morel.

Ce projet de recherche n'aurait pas été possible sans toutes les personnes qui ont participé à la récolte de données rigoureuses. J'ai eu la chance d'avoir deux équipes de terrain merveilleuses avec qui la vie à Saint-Faustin-Lac-Carré a été un réel bonheur malgré les dures journées, les longues *rides* d'auto, les bébittes par milliers et tous les imprévus que nous avons rencontrés. Merci à Benjamin-Charles Généreux, Alexandre Lajeunesse, ma grande amie Arianne Reda, Corinne Pradet, Alice Poirier, Zachary Forgues et Rafaele Saget pour les repas en famille et toutes les chansons chantées à tue-tête quand la fatigue de fin de journée se présentait. Votre dévouement au projet et votre motivation ont été inestimables tout au long des étés. J'aimerais également remercier les équipes en Abitibi, dirigées par Réjean Deschenes et Julien Bilodeau-Colbert, qui ont récolté des données précieuses à distance. Je suis aussi très reconnaissante à toutes les personnes dans les Laurentides qui nous ont fait confiance en nous permettant de récolter des données sur les arbres de leurs propriétés.

Ma prochaine vague de remerciements s'adresse à toutes les personnes de mon entourage qui ont gravité dans mon quotidien et qui m'ont donné la force de continuer tous les

jours. Tout d’abord, je tiens à remercier mes parents, Anny et Sylvain, qui ont toujours cru en moi et qui m’ont permis de développer un amour pour la biologie dès mon plus jeune âge. Ensuite, merci à mes grands-parents, Céline et Réjean, et ma sœur, Amélie, pour votre support constant à travers les années. Je n’oublie pas mes colocs, Félix, Pierre-Olivier et Simon, et à mes presque colocs, Florence, Lau PB et Willia, qui ont enduré mon horaire surchargé et qui ont fait de la maison un lieu de bonheur permanent. Finalement, merci à toutes les personnes avec qui j’ai partagé des journées d’étude, que ce soit aux *Mardis-Ami-e-s*, dans une cuisine de *Cowork* ou au *Thèsez-Vous*, votre présence a été un catalyseur de motivation à moult reprises.

CITATION

Sur des portions de plus en plus nombreuses du territoire américain, le retour des oiseaux n'annonce plus le printemps, et le lever du soleil, naguère empli de la beauté de leur chant, est étrangement silencieux.

Rachel Carson

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES	3
LISTES DES TABLEAUX	5
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	6
RÉSUMÉ	7
INTRODUCTION GÉNÉRALE	9
0.1 Problématique	9
0.2 État des connaissances	10
0.2.1 Écologie du Grand Pic	10
0.2.2 Dommages aux poteaux de distribution d'électricité.....	17
0.2.3 Aire d'étude	21
0.2.4 Objectifs	23
CHAPITRE 1	25
1.1 Résumé	26
1.2 Introduction.....	27
1.3 Matériel et méthodes.....	32
1.3.1 Aire d'étude	32
1.3.2 Inspection et localisation des poteaux avec et sans cavité de nidification	33
1.3.3 Caractéristiques d'ouverture du couvert forestier vis-à-vis les cavités sur les arbres.....	35
1.3.4 Caractérisation de la végétation adjacente aux poteaux avec et sans cavité de nidification	36
1.3.5 Caractérisation de la qualité des peuplements forestiers pour la reproduction du Grand Pic à l'échelle du domaine vital	38
1.4 Résultats.....	45
1.4.1 Caractéristiques de l'ouverture face aux cavités de nidification sur les arbres.....	45
1.4.2 Caractéristiques des poteaux avec et sans cavité de nidification	45
1.4.3 Traces d'alimentation et disponibilité des substrats alimentaires dans les forêts adjacentes aux poteaux avec et sans cavité de nidification	46
1.4.4 Qualité des peuplements forestiers pour la reproduction du Grand Pic à l'échelle du domaine vital.....	48
1.5 Discussion	49
1.6 Conclusion	54
1.7 Remerciements.....	57
1.8 Figures	58
1.9 Tableaux.....	68
BIBLIOGRAPHIE.....	74
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	80

ANNEXE A	84
BIBLIOGRAPHIE GÉNÉRALE	85

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 a) Aire d'étude dans la région des Laurentides, dans le domaine bioclimatique de l'érablière au bouleau jaune du Québec, Canada. b) Carte des 58 poteaux de distribution d'électricité sélectionnés pour la caractérisation végétale. Les points rouges représentent les poteaux comportant au minimum une cavité de nidification de Grand Pic, avec un haut degré de confiance sur la présence d'une chambre de nidification complétée. Les points bleus symbolisent des poteaux avec un diamètre à hauteur de poitrine supérieur à 30 cm, avec un traitement CCA-PA, se trouvant au centre d'une zone de 900 m de rayon exempte de tout dommage de nidification de Grand Pic sur les poteaux de distribution d'électricité. 59

Figure 1.2 a) Les mesures d'ouverture sont toutes prises à hauteur de la cavité de nidification du Grand Pic. b) Exemple de mesures d'ouverture prises de part et d'autre d'un arbre contenant une cavité C de nidification de Grand Pic inspiré de Runckle (1981), où L_1 représente la distance entre la cavité et le premier obstacle, W_1 la plus grande distance entre deux arbres, perpendiculaire à la mesure L_1 . Les mesures L_2 et W_2 représentent les mêmes mesures, mais prises sur l'azimut opposé à la cavité de nidification. 60

Figure 1.3 Exemple d'application de la méthode d'échantillonnage T-square de Silva et al. (2017) pour calculer la densité d'arbres morts de plus de 20 cm de DHP utilisée lors de la caractérisation végétale de 2023. Pt représente un des 10 points GPS placés à chaque 40 m le long d'un transect de 400 m. A_1 représente l'arbre mort le plus près de Pt et la distance entre ces deux points est r_i . La ligne pointillée délimite le secteur de recherche possible (gris clair) pour le deuxième arbre mort A_2 . La mesure entre A_1 et A_2 est identifiée par t_i . La mesure maximale pour r_i et t_i est respectivement de 20 m. 61

Figure 1.4 Distribution des longueurs horizontales en mètres des ouvertures végétales à hauteur de cavité orientées sur l'axe d'une cavité de nidification de Grand Pic (orientation : cavité) et sur l'azimut opposé à la cavité sur le même tronc (orientation : opposée) avec une longueur maximale de 50 mètres pour 47 arbres à cavité. Les mesures de longueurs d'ouvertures provenant d'un même arbre à cavité sont reliées par un trait entre les deux types d'orientations. 62

Figure 1.5 Diamètre à hauteur de poitrine des poteaux de distribution d'électricité dans les deux types de secteurs d'utilisation des poteaux comme support de nidification pour le Grand Pic (0 : sans cavité de nidification, 1 : avec cavité de nidification). 63

Figure 1.6 Âge des poteaux de distribution d'électricité au moment de la caractérisation végétale dans les deux types de secteurs d'utilisation des poteaux comme support de nidification pour le Grand Pic (0 : sans cavité de nidification, 1 : avec cavité de nidification). 64

Figure 1.7 Superficie de forêt en pourcentage sur 250 ha autour des poteaux de distribution d'électricité dans les deux types de secteurs d'utilisation des poteaux comme support de nidification pour le Grand Pic (0 : sans cavité de nidification, 1 : avec cavité de nidification). 65

Figure 1.8 Proportion de la superficie moyenne des classes de MQH attribuée aux peuplements forestiers sur 250 ha autour des poteaux de distribution d'électricité à partir des cartes écoforestières du 5e décennal (MRNF). 66

Figure 1.9 Probabilité d'utilisation des poteaux de distribution d'électricité pour la nidification du Grand Pic en fonction du pourcentage total de superficie des peuplements de classe MoyenFort et Fort du MQH de Cadieux (2017) sur 250 ha autour du poteau. 67

LISTES DES TABLEAUX

Tableau 1.1 Description des strates cartographiques du MQH développé par Cadieux (2017).	68
Tableau 1.2 Cote de qualité d'habitat en fonction des strates écoforestières et de la densité de tiges à l'hectare (tiges / ha) calculé pour les différents groupes d'essences et leur classe de DHP (cm) tiré du MQH développé par Cadieux (2017).....	69
Tableau 1.3 Répartition des caractéristiques des arbres (essence, DHP, détérioration) recensés dans les placettes de caractérisation végétale de 0.16 ha en fonction de leur disponibilité et de leur utilisation comme substrat d'alimentation par le Grand Pic. (Boj : Bouleau jaune, Bop ; Bouleau à papier, Epb : Épinette blanche, Epr : Épinette rouge, Err : Érable rouge, Ers : Érable à sucre, Pet : Peuplier faux-tremble, Pir : Pin rouge, Sab : Sapin baumier, Tho : Thuya occidental, autres : résidu des essences ne composant pas 90 % des occurrences, DHP_1 : < 20 cm, DHP_2 : ≥ 20 cm et < 30 cm, DHP_3 : ≥ 30 cm et < 35 cm, DHP_4 : ≥ 35 cm). Les classes de détérioration sont issues de la classification de Bergeron (1997). L'indice w > 1 représente une sélection pour la caractéristique.....	70
Tableau 1.4 Résumé de la régression logistique binomiale de l'utilisation des poteaux de distribution d'électricité comme substrat de nidification en fonction de la densité de tiges mortes avec un DHP supérieur à 20 cm dans les peuplements adjacents aux poteaux (D1 : <25 tiges / ha, D2 : ≥25 et <40 tiges / ha, D3 : ≥ 40 tiges /ha).	72
Tableau 1.5 Sélection de modèles par comparaison d'AIC pour déterminer l'agencement des classes du MQH de Cadieux (2017) expliquant le mieux l'utilisation des poteaux de distribution d'électricité pour la nidification du Grand Pic en fonction de la superficie des peuplements occupée sur 250 ha (Nombre de variables du modèle (K) ; $\Delta_i = AIC_{c(i)} - \min AIC_c$).....	73

LISTE DES ABRÉVIATIONS

CCA-PA	Arséniate de cuivre chromaté avec polymère ajouté
DHP	Diamètre à hauteur de poitrine
MRNF	Ministère des Ressources Naturelle et des Forêts
PCP	Pentachlorophenol
PET	Placette-échantillons temporaires
ROM	Règlement sur les Oiseaux Migrateurs

RÉSUMÉ

Les poteaux de distribution d'électricité en bois sont fréquemment excavés à des fins d'alimentation et de nidification par les différentes espèces de pics, et ce, à l'échelle mondiale. Au Québec, l'espèce causant les dommages les plus importants par la taille de ses excavations est le Grand Pic (*Dryocopus pileatus*). Ses cavités de nidification, quand elles sont excavées sur les poteaux, fragilisent la structure de ceux-ci qui doivent être remplacés pour éviter des ruptures de service d'alimentation d'électricité aux clients du réseau. Ces remplacements précoces entraînent des coûts importants aux compagnies de distribution d'électricité. L'objectif de cette étude est d'identifier les caractéristiques de la végétation adjacente aux lignes de distribution d'électricité qui favorisent l'utilisation des poteaux comme substrat de nidification par le Grand Pic. Ces connaissances sur le processus de sélection des poteaux comme sites de nidification devraient être un outil important pour la gestion et l'entretien des poteaux pour les compagnies distributrices d'électricité. Pour ce faire, nous avons identifié 29 secteurs de 2,5 km² centrés sur un poteau comportant une cavité de nidification de Grand Pic et 29 secteurs de 2,5 km² sans aucune excavation de nidification, mais centrés sur un poteau présentant des caractéristiques similaires à ceux utilisés pour la nidification. La végétation de ces deux types de secteurs a été comparée en ce qui concerne la disponibilité de substrats d'alimentation, soit du bois mort à fort diamètre à hauteur de poitrine (DHP), abritant des insectes saproxyliques et xylophages, ainsi qu'à la disponibilité en substrats naturels de nidification, soit des arbres sénescents à fort diamètre. Ces ressources se retrouvent naturellement dans les forêts matures et âgées, ce qui explique leur forte association avec la présence du Grand Pic. Les densités de bois mort dans les peuplements adjacents aux 58 poteaux ont été mesurées au moyen de placettes de 0,16 ha dans lesquelles tous les arbres de plus de 10 cm de DHP ont été caractérisés pour l'année 2022 et selon la méthode du plus proche voisin (Silva *et al.* 2017) pour 2023. Le modèle de qualité d'habitat de nidification développé par Cadieux *et al.* (2017, 2023) a été utilisé pour comparer la qualité des peuplements forestiers présents sur 250 ha — soit le domaine vital pour la forêt tempérée du Sud du Québec — autour de 58 poteaux étudiés. Ce modèle repose sur le niveau de maturation du couvert forestier et la densité de tiges des essences à fort diamètre sélectionnées par le Grand Pic pour sa nidification dans les forêts du Québec extrapolés aux 27 289 placettes-échantillons temporaires du ministère des Ressources Naturelles et des Forêts. Nous avons également mesuré l'effet de l'ouverture de la canopée en forêt naturelle pour évaluer si l'ouverture du couvert forestier dans les emprises de lignes de distribution présentait des conditions distinctes de celles observées en forêt.

Nos analyses sur l'ouverture de la canopée vis-à-vis de l'orifice d'entrée des cavités de nidification montrent que le Grand Pic positionne ses cavités face à de plus grandes ouvertures autour des arbres qu'il sélectionne en forêt, indiquant que les ouvertures du couvert forestier le long des emprises de poteaux de distribution ne diffèrent pas de celles observées en milieu naturel. Nos résultats révèlent aussi que, sur l'ensemble du territoire étudié, la densité de bois mort, un indicateur de la disponibilité de ressources alimentaires dans les peuplements adjacents aux poteaux de distribution d'électricité, serait relativement homogène et donc, la ressource alimentaire ne constituerait pas le facteur limitant dans la sélection des poteaux de distribution d'électricité comme substrat de nidification du Grand Pic. À l'échelle du domaine

vital, nous avons observé une relation significative et négative entre la superficie occupée par des peuplements forestiers adjacents de forte qualité pour la nidification et l'utilisation des poteaux de distribution d'électricité comme substrat de nidification par le Grand Pic.

Ces résultats démontrent l'importance de la maturation du couvert forestier pour maintenir un habitat de qualité capable de répondre aux besoins du grand pic, que ce soit en termes de substrats alimentaires ou de substrats de nidification, et ainsi minimiser le risque que ce dernier utilise des poteaux de distribution. Les poteaux de distribution d'électricité situés dans des secteurs constitués de peuplements forestiers adjacents avec une faible densité de tiges potentielles à la nidification ont une plus forte probabilité d'être utilisés par le Grand Pic. Les compagnies de distribution d'électricité devraient donc tenir compte de la qualité des peuplements forestiers adjacents à l'emplacement de leurs lignes de poteaux de distribution d'électricité et dans les forêts adjacentes qui comptent une faible densité d'arbres potentiels pour la nidification, soit réduire le diamètre des poteaux sous 30 cm ou opter pour des poteaux en matériaux composites.

Mots clés : Grand Pic, forêts matures, forêts âgées, substrat de nidification, poteaux de distribution d'électricité, substrat d'alimentation

INTRODUCTION GÉNÉRALE

0.1 Problématique

Les poteaux de bois des réseaux de distribution d'électricité et de télécommunications qui desservent des services publics aux populations et aux entreprises sont fréquemment utilisés par plusieurs espèces de pics (Bevanger, 1997 ; Dennis, 1964 ; Harness et Walters, 2005 ; Hoyt, 1957 ; Millar, 1992 ; Parker, 2008 ; Rumsey, 1973 ; Stemmerman, 1988). Qu'il s'agisse d'excavations faites pour l'alimentation ou de cavités de nidification, ces dommages peuvent considérablement fragiliser la structure interne des poteaux en raison de leur dimension et leur nombre (Daigle, 2013). En seulement quelques années, les pics peuvent ravager un poteau en y excavant plusieurs cavités (Stemmerman, 1988). Sur le territoire québécois, ce sont près de 2,5 millions de poteaux en bois qui composent le réseau de distribution de 226 000 km qui alimente les foyers en électricité (Hydro-Québec, 2021). Proportionnellement à leur taille, les différentes espèces de pics excavent des cavités de nidification de dimensions variables. La plupart des excavations faites par les petites espèces de pics, qui incluent entre autres le Pic mineur (*Picoides pubescens*), le Pic chevelu (*Leuconotopicus villosus*) et le Pic maculé (*Sphyrapicus varius*), causent des dommages superficiels aux poteaux (Dennis, 1964).

L'espèce causant les dommages les plus sérieux sur les poteaux de distribution d'électricité en Amérique du Nord est le Grand Pic (*Dryocopus pileatus*), le plus gros pic dont la répartition couvre l'ensemble du continent (Dennis, 1964 ; Tupper, 2010, Bull et Jackson, 2020). Celui-ci excave de longues entailles rectangulaires dans les poteaux pour se nourrir et de profondes cavités ovoïdes (20 cm de diamètre et jusqu'à 50 cm de profondeur) pour sa nidification (Bull et Jackson, 2020). En plus d'affecter directement la structure interne des poteaux, ces cavités provoquent l'infiltration d'eau, ce qui contribue à leur dégradation prématurée par la croissance fongique (Harness & Walters, 2005 ; Millar, 1992 ; Steenhof, 2011). Les poteaux endommagés

sont promptement remplacés pour éviter tout problème dans le réseau de distribution d'électricité. En Amérique du Nord, les entreprises propriétaires de ces réseaux électriques déboursent des sommes d'argent importantes pour l'entretien et le remplacement de chaque poteau endommagé par les pics (Daigle, 2013 ; Stemmerman, 1988). Plusieurs stratégies dissuasives ont été utilisées pour tenter de protéger les poteaux des attaques de pics (Tupper, 2010). Rumsey (1973) a exploré près d'une centaine de produits chimiques pour repousser les pics des poteaux électriques. Aucun de ces produits n'a été efficace de manière significative. Des silhouettes de rapaces en plastique, des dispositifs rotatifs et sonores ont également été testés à proximité des poteaux pour effrayer les picidés, mais ceux-ci s'habituent après un certain temps, ce qui rend les dispositifs inefficaces (Rumsey, 1973). La technique la plus effective est la pose de bande de treillis métallique autour des poteaux comme barrière physique (Millar, 1992). Cette technique reste relativement coûteuse, difficile à installer selon l'épaisseur du treillis et comporte des risques d'incendie dus à la conductivité du métal (Bevanger, 1997). De ces constats, il résulte qu'il serait avantageux d'intégrer davantage les facteurs écologiques liés aux exigences d'habitat qui favorisent l'occupation spatiale du territoire par le Grand Pic pour mieux comprendre et prévoir cette utilisation des poteaux électriques pour sa nidification.

0.2 État des connaissances

0.2.1 Écologie du Grand Pic

Un facteur écologique important associé à la présence du Grand Pic sur un territoire donné, le vieillissement du couvert forestier, tient à son association avec les forêts matures et âgées, en raison de leur disponibilité élevée en arbres sénescents ou morts au diamètre assez grand pour abriter sa cavité de nidification (Bilodeau-Colbert 2023 ; Bull, 1987 ; Cadieux *et al.* 2023, 2024 ; Conner *et al.* 1975 ; Hu et Tong, 2022 ; McClelland et McClelland, 1999 ; Ouellet-Lapointe

et al. 2012). En raison de son aire de répartition qui recoupe une forte proportion de l'Amérique du Nord, tant en forêt tempérée que boréale, le Grand Pic montre une grande plasticité dans la sélection d'un arbre de nidification, tant en ce qui a trait aux essences sélectionnées qu'à leur diamètre à hauteur de poitrine (DHP) à travers les études (Aubry et Raley, 2002 ; Conner et Adkisson, 1977 ; Harris, 1983 ; Mellen et al. 1992). En Oregon, Bull (1987) observe une sélection pour le Pin ponderosa (*Pinus ponderosa*) avec un DHP supérieur à 54 cm. Dans l'État de Washington, Aubry et Raley (2002) observent une sélection pour le Sapin gracieux (*Abies amabilis*) avec un DHP entre 65 cm et 154 cm et une sélection contre la Pruche de l'Ouest (*Tsuga heterophylla*). Au Montana, McClelland (1977) observe une sélection pour le Mélèze de l'Ouest (*Larix occidentalis*) avec un DHP supérieur à 65 cm. En Alberta, Bonar (2001) observe une sélection pour le Peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides*) avec un DHP supérieur à 29 cm. L'essence et le DHP des arbres sont généralement les variables qui expliquent le mieux les modèles de sélection de support de nidification, mais leurs valeurs respectives varient (Aubry et Raley, 2002 ; Bonar, 2000 ; Bush et al. 2009 ; Cadieux, 2011, 2017 ; Evans et Conner, 1979). De plus, plusieurs auteurs expliquent la sélection du support de nidification par le stade de dégradation de celui-ci (Aubry et Raley, 2002 ; Blanc et Martin, 2012 ; Bull et al. 1992 ; Conner et Adkisson, 1977 ; Conner et al. 1975 ; Lorenz et al. 2015 ; McClelland, 1977 ; McClelland et McClelland, 1999 ; Morneau et al. 2008). Les arbres vivants démontrant des caractéristiques de dégradation (classes 2 et 3) (Bergeron, 1997), ainsi que les arbres récemment morts (classe 4) offrent au Grand Pic un support facile à excaver tout en conservant leur solidité (Blanc et Martin, 2012 ; Bull et al. 1987 ; Conner et al. 1975, 1976, 1977 ; Harris, 1983 ; Harestad et Keisker, 1989 ; Jusino et al. 2014 ; McClelland et McClelland, 1999). Le Peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides*) est une espèce fortement associée à la nidification du Grand Pic (Blanc et Martin, 2012 ; Drever et Martin, 2010 ; Harestad et Keisker, 1989), particulièrement au Québec (Cadieux, 2017). Certains suggèrent que cette

association serait entre autres due à la carie blanche du tremble (*Phellinus tremulae*) (Blanc et Martin, 2012 ; Jackson et Jackson, 2004 ; Witt, 2010). Ce champignon est généralement retrouvé dans les peuplements plus âgés de peuplier faux-tremble et sur les arbres à plus grand DHP ayant subi des blessures aux branches ou au tronc (Basham, 1958 ; Jackson et Jackson, 2004 ; Wikstrom et Unestam, 1976). Il ramollit le bois de cœur tout en épargnant l'aubier, ce qui diminue l'effort requis pour excaver une cavité tout en assurant une solidité structurelle nécessaire pour la sécurité des nids des pics (Jackson et Jackson, 2004 ; Kilham, 1971). Le degré de dégradation interne du bois, plus précisément du bois de cœur, semble donc un critère important de sélection du support de cavité nidification pour le Grand Pic (Bull, 1987 ; Conner *et al.* 1976, 1977 ; Harestad et Keisker, 1989 ; Harris, 1983). À travers toutes ces variables, Gutzat et Dormann (2018) déterminent grâce à une méta-analyse que le DHP est la variable clé pour la sélection de support de nidification dans les forêts où le DHP moyen des arbres est inférieur à 45 cm. Pour les études menées dans l'Est de son aire de répartition, dont le Québec, où le DHP moyen des arbres est nettement inférieur au DHP moyen des forêts de l'ouest de son aire de répartition nord-américaine, le DHP devrait être une variable importante et limitante dans la sélection de support de nidification du Grand Pic. Cela explique également pourquoi le Peuplier faux-tremble, une essence à croissance rapide qui peut atteindre de forts diamètres, se démarque tant dans les études menées au Québec qu'ailleurs au Canada.

Les forêts matures et âgées offrent également une disponibilité élevée des ressources alimentaires au Grand Pic. L'important réservoir d'arbres morts à différents stades de dégradation qui est retrouvé dans les forêts âgées abrite ses principales ressources alimentaires que sont les fourmis charpentières et les coléoptères saproxyliques foreurs de bois (Antaya, 2019 ; Aubry et Raley, 2002 ; Beal, 1911 ; Beckwith et Bull, 1985 ; Bérubé-Beaulieu, 2023 ; Bull *et al.* 1992 ; Conner, 1979 ; Hoyt, 1957 ; Mannan et Meslow, 1984 ; Mellen 1987 ; Millard *et al.* 1992 ; Nappi *et al.* 2015 ; Raley et Aubry, 2006 ; Renken et Wiggers, 1989 ; Torgersen

et Bull 1995). Les fourmis charpentières s'infiltrant habituellement par une blessure dans les arbres vivants présentant des signes légers de dégradation pour y excaver leurs galeries et y installer une colonie (Torgersen et Bull, 1995). Elles restent longtemps dans un même substrat, affectant l'intégrité de celui-ci avec le temps. Ces ressources alimentaires sont donc retrouvées de manière importante dans des arbres sénescents et morts à différents stades de dégradation (Newell et al. 2009 ; Mannan, 1977 ; Renken et Wiggers, 1989 ; Torgersen et Bull, 1995). Des travaux sur les marques d'alimentation du Grand Pic en forêt boréale au Québec montrent que cette espèce sélectionne le bois mort avec un diamètre de plus de 20 cm (Bérubé-Beaulieu, 2023 ; Nappi *et al.* 2015).

La disponibilité des arbres d'alimentation est une autre variable importante dans la sélection d'un habitat de nidification pour le Grand Pic (Bonar, 2001 ; Flemming, 1999 ; Millar, 1992). Les traces d'alimentation se retrouvent principalement sur les arbres morts sur pieds (ci-après désignés par chicots) (Bonar, 2001 ; Flemming, 1999), mais les substrats de bois mort au sol sont également utilisés (Bull et Meslow, 1988 ; Hartwig *et al.* 2006) et dans certaines régions, les arbres vivants sont utilisés en plus grande proportion que le bois mort (Conner *et al.* 1994 ; Erskine, 2008 ; Newell *et al.* 2009). Lemaitre et Villard (2005) détectent, en forêt hémiboréale du Nouveau-Brunswick, une utilisation des conifères proportionnelle à leur disponibilité et une sélection pour les chicots de feuillus à fort diamètre (DHP supérieur à 30 cm). À travers les études, une dégradation avancée et un fort diamètre sont les caractéristiques sélectionnées de façon constantes par le Grand Pic pour les substrats d'alimentation, avec un effet local sur les essences d'arbres sélectionnées (Antaya, 2019 ; Conner *et al.* 1994 ; Flemming, 1999 ; Hartwig *et al.* 2006 ; Lemaitre et Villard, 2005 ; Nappi *et al.* 2015 ; Torgersen et Bull, 1995).

Le vieillissement du couvert forestier est donc un paramètre clé à considérer dans l'évaluation quantitative de la qualité de l'habitat chez cette espèce (Bonar, 2001 ; Bull *et al.* 1992 ; Cadieux

et Drapeau, 2017 ; Cadieux *et al.* 2023, 2024 ; Renken et Wiggers, 1989 ; Savignac *et al.* 2000 ; Zeller *et al.* 2024) tant en raison des substrats de nidification, les vieux arbres de fort diamètre, que des substrats d'alimentation, soit le bois mort à divers stades de dégradation (Drapeau *et al.* 2009 ; Drapeau et Cadieux, 2016 ; Cadieux *et al.* 2023).

C'est à l'échelle du domaine vital du Grand Pic que l'analyse de la qualité du couvert forestier pour son cycle vital est importante à considérer, puisque ce résidant à l'année est reconnu pour sa sédentarité et sa fidélité à un même site sur plusieurs années (Bull et Jackson, 2011 ; Hoyt, 1957 ; Kilham, 1979). En Amérique du Nord, le Grand Pic est la plus grande espèce de pic présente (Hoyt, 1957, Dennis, 1964) avec une taille fluctuant de 40 cm à 49 cm de long et une masse corporelle de 250 g à 350 g (Petersen, 1985 ; Short et Sandström, 1982). En raison de leur taille, il n'est pas surprenant que le domaine vital des Grands Pics couvre de grandes superficies variant de plusieurs dizaines à plusieurs centaines d'hectares d'une région à l'autre de son aire de répartition (Bonar, 2001 ; Bull, 1987 ; Bull et Jackson, 2011 ; Bull et Meslow, 1977 ; Mellen, 1987, 1992 ; Noel, 2011 ; Renken et Wiggers, 1989 ; Rolando, 2002 ; Savignac *et al.* 2000). De plus, au Québec comme ailleurs dans son aire de répartition, ce résidant à l'année est reconnu pour sa sédentarité et sa fidélité à un même site sur plusieurs années (Bull et Jackson, 2011 ; Hoyt, 1957 ; Kilham, 1979). En forêt tempérée du Sud du Québec, le domaine vital moyen est estimé à 250 ha (Savignac *et al.* 2000) tandis qu'en forêt boréale, des données préliminaires de suivis télémétriques montrent que cette superficie peut atteindre 500 ha (Bilodeau-Colbert, données non publiées). Au sein de ce domaine vital, un couple de Grands Pics excave généralement une nouvelle cavité de nidification par année sur son territoire et utilise sporadiquement les anciennes comme dortoirs (Aitken, 2002 ; Aubry et Raley, 2002 ; Bonar, 2000 ; Bull *et al.* 1992). Pour permettre le renouvellement soutenu d'arbres à cavités année après année, le Grand Pic a besoin d'une densité élevée de tiges matures et âgées dans son domaine vital (Bilodeau-Colbert, 2023). Celles-ci sont principalement retrouvées dans des

massifs de forêts matures et âgées (Cadieux *et al.* 2023 ; Cline *et al.* 1980 ; Goodburn et Lorimer, 1998). La composition et la structure du couvert forestier à l'échelle du domaine vital occupé par le Grand Pic est donc importante dans l'évaluation de la qualité de son habitat, car elle traduit à la fois ses exigences quant à la disponibilité en vieux arbres de fort diamètre pour sa reproduction et d'une diversité de stades de dégradation de bois mort qui abritent ses ressources alimentaires (Antaya 2019 ; Bérubé-Beaulieu, 2023 ; Bilodeau-Colbert 2023 ; Nappi *et al.* 2015).

Il a été démontré que la sélection de l'habitat chez de nombreuses espèces animales se fait à plusieurs échelles spatiales (Johnson, 1980 ; Gutzwiller et Anderson, 1987 ; Jokimaki et Huhta, 1996 ; Rolstad *et al.* 2000 ; Lawler et Edwards Jr., 2002 ; Battin et Lawler, 2006 ; Johnson, 2007 ; Dudley *et al.*, 2012 ; Jedlikowski *et al.* 2016) en réponse aux principaux facteurs limitants leurs populations sur le territoire (Mayor *et al.* 2009). Rettie et Messier (2000) suggèrent que les individus d'une population effectuent une sélection des caractéristiques de l'environnement qui minimisent les impacts négatifs des facteurs avec le plus grand potentiel limitant sur leur succès reproducteur aux échelles spatiotemporelles les plus larges. Cette sélection multiscalaire de l'habitat correspond très bien à la situation du Grand Pic (Bilodeau-Colbert, 2023 ; Cadieux, 2017 ; Savignac *et al.* 2000). Différents mécanismes de sélection s'emboîtent à différentes échelles dans un calcul coûts-bénéfice pour maximiser le succès reproducteur des individus (Mayor *et al.* 2009 ; Wiens, 1989). Une hiérarchisation différente des caractéristiques d'habitat (Battin et Lawler, 2006 ; Mayor, 2009) s'opère donc à l'échelle du territoire défendu, du peuplement contenant des sites propices de reproduction, ainsi qu'à l'échelle du site ou dans le cas de notre étude correspond au poteau de distribution d'électricité sélectionné par le Grand Pic pour sa nidification. Pour une espèce comme le Grand Pic, l'utilisation de son territoire est influencée par les caractéristiques structurelles de la forêt qui le compose. Ces caractéristiques affectent à la fois leurs substrats de nidification et leurs

substrats d'alimentation, deux fonctions critiques de leur cycle de vie. Pour mieux comprendre les mécanismes de sélection des poteaux de distribution d'électricité comme site de nidification du Grand Pic, il est donc nécessaire de mesurer la qualité de l'habitat de cette espèce en fonction de la disponibilité de l'alimentation et des tiges de nidification.

Par ailleurs, en excavant une nouvelle cavité de nidification chaque année, le Grand Pic contribue activement au renouvellement des cavités disponibles pour les espèces qui utilisent les cavités d'arbres, mais ne peuvent creuser leur cavité, comme c'est le cas pour la Petite Nyctale (*Aegolius acadicus*), la Crécerelle d'Amérique (*Falco sparverius*) et les canards arboricoles (Cadieux *et al.* 2023, 2024 ; Cockle *et al.* 2012 ; Darveau et Desrochers, 2001 ; Drapeau et Cadieux, 2016 ; Martin *et al.* 2004 ; Martin et Eadie, 1999 ; Ouellet-Lapointe *et al.* 2012). Au Québec, le Grand Pic joue un rôle écologique pivot pour la nidification des plus grandes espèces en leur fournissant des cavités de grande taille (Cadieux *et al.* 2023, 2024) alors que la complexité des réseaux d'utilisateurs de cavités (nest web *sensu* Martin et Eadie, 1999) repose fortement sur les espèces de grandes tailles faisant du Grand Pic une espèce clé de voûte alors que ses cavités attirent une forte variété de grands utilisateurs de cavités. De plus, le Grand Pic est considéré comme une espèce parapluie (Aubry et Raley, 2002 ; Savignac *et al.* 2000), puisque ses besoins en ressources ligneuses matures et son grand domaine vital sont positivement corrélés à la présence de plusieurs autres espèces sur un même territoire. Conserver un habitat de qualité pour le Grand Pic assure la conservation d'habitats pour plusieurs autres espèces de vertébrés cavicoles (Aubry and Raley 2002 ; Bull and Meslow 1977 ; Cadieux *et al.* 2023, 2024 ; Koven and Martel, 1994). Il est considéré par le gouvernement du Québec comme une espèce sensible à l'aménagement forestier et représentative des forêts matures et âgées tant en forêt tempérée qu'en forêt boréale. Le Grand Pic est, depuis 2018, incorporé dans la mise en place d'efforts de suivis des espèces sensibles à l'aménagement forestier au moyen de modèles de qualité d'habitat. Ses besoins en ressources

ligneuses sont par ailleurs utilisés comme guide dans l'aménagement forestier dans certaines législations provinciales au Canada (Naylor *et al.* 1996 ; Bradford *et al.* 2003). Enfin, les cavités du Grand Pic ont récemment été ajoutées à l'annexe 1 du *Règlement sur les oiseaux migrateurs* (ROM, 2022) de la loi sur la convention concernant les oiseaux migrateurs du Canada, assurant la protection à l'année des arbres à cavités de nidification et étendant cette mesure à un nombre minimal de 36 mois durant lesquels le nid doit avoir été inoccupé par un oiseau migrateur avant que la protection ne puisse être levée.

À la lumière de ces connaissances sur l'écologie du Grand Pic, et notamment sur la sélection de son habitat et des arbres utilisés pour sa nidification et son alimentation, il devient pertinent de mesurer quantitativement les caractéristiques structurelles des forêts adjacentes aux poteaux de distribution d'électricité qui sont utilisés de celles des poteaux qui ne sont pas utilisés par le Grand Pic pour mieux comprendre les conditions forestières favorables ou non à la sélection d'un poteau comme site de nidification chez cette espèce et ainsi contribuer au développement d'outils de gestion qui soient à même de mieux cibler des zones de vulnérabilité du réseau de distribution d'électricité aux dommages causés par la nidification du Grand Pic.

0.2.2 Dommages aux poteaux de distribution d'électricité

Depuis l'installation des premiers poteaux en bois au milieu du 19^e siècle pour les télécommunications, initialement pour les télégraphes, ceux-ci sont utilisés par plusieurs espèces de pics en Amérique du Nord et ailleurs dans le monde (Bevanger, 1997 ; Crabb, 1930 ; McAtee, 1911 ; Turcek, 1960). Au début du 20^e siècle, le Grand Pic est au bord de l'extinction à cause de la chasse et ne représente pas une grande menace pour les compagnies de distribution d'électricité (Dennis, 1964), mais déjà en 1950, ses populations sont en augmentation et utilisent les poteaux de distribution d'électricité pour leur nidification (Frings et Frings, 1963). Le Grand Pic devient rapidement le picidé qui engendre les dommages les plus sérieux aux

réseaux de distribution d'électricité en Amérique du Nord (Dennis, 1964). Les poteaux en bois représentent un ajout de bois mort dans l'environnement et peuvent atteindre des diamètres similaires, sinon supérieurs, aux arbres utilisés pour la nidification du Grand Pic en forêt naturelle. Avant 1980, les poteaux de distribution en bois étaient protégés par un traitement au pentachlorophénol (PCP). Depuis, pour remédier à l'odeur, le suintement et pour augmenter la durée de vie des poteaux de distribution, Hydro-Québec utilise des poteaux en bois traités à l'arséniate de cuivre chromaté (CCA) contre les champignons et les insectes xylophages (Hydro-Québec, 2010). Puisque les poteaux traités au CCA finissent par durcir, un additif à base de polymère (PA) qui permet une réduction permanente de la dureté est ajouté au traitement (CCA-PA). Cet additif permet aux grimpettes des monteurs de mieux pénétrer dans le bois des poteaux et pourrait de même faciliter l'excavation pour le Grand Pic, leur donner un signal de dégradation des poteaux semblable aux arbres colonisés par des mycéliums. Comme sur les arbres, ceux-ci excavent les poteaux pour faire leurs cavités de nidification et pour s'alimenter d'insectes vivant dans les poteaux. En seulement quelques années après leur installation, les poteaux de distribution d'électricité peuvent être ravagés par les pics (Stemmerman, 1988). En plus d'affaiblir la structure même du poteau, les excavations permettent une infiltration d'eau et mènent à la dégradation prématurée de celui-ci (Harness et Walters, 2005 ; Millar, 1992). Les deux grands types de dégradations fongiques sont causés par des moisissures brunes et blanches. La dégradation causée par des champignons bruns s'attaque à la cellulose, ce qui cause des fissures et une diminution de la dureté du bois, tandis que les champignons blancs s'attaquent également à la lignine, ce qui cause une décoloration et une diminution de la rigidité structurelle du bois de cœur (Steenhof, 2011). Une perte de 1 % de masse du poteau causé par la dégradation fongique peut réduire la rigidité de 6 % à plus de 50 % (Steenhof, 2011). Les dommages causés par les pics constituent un problème pour les

compagnies distributrices d'électricité, mais les circonstances dans lesquelles les pics utilisent les poteaux de distribution demeurent à éclaircir.

Les hypothèses les plus fréquentes en ce qui a trait aux raisons pour lesquelles le Grand Pic utilise ces substrats de nidification sont : 1) Les vibrations émises par les câbles électriques attirent les pics par résonance ; 2) l'environnement adjacent aux poteaux ne fournit pas suffisamment de supports naturels adéquats pour le Grand Pic ; 3) les poteaux de distribution d'électricité et de télécommunications fournissent un positionnement stratégique aux pics pour défendre leur territoire, notamment en raison du degré d'ouverture du couvert forestier le long des lignes de distribution (Millar, 1992). Les vibrations à travers les poteaux électriques tromperaient les pics en ressemblant à des insectes ou à la résonance retrouvée dans des arbres morts (Dennis 1964 ; Townsend, 1925). Il y aurait donc un stimulus acoustique qui inciterait les pics à explorer les poteaux en quête de nourriture ou de bons supports à cavité (Dennis, 1964). Cependant, cette hypothèse est écartée, puisque plusieurs excavations ont été observées sur des poteaux en processus d'installation, encore vierges de fils électriques (Dennis, 1964). Pour ce qui est de la deuxième hypothèse, certains auteurs ont observé une sélection pour les poteaux avec les plus grands DHP (Bevanger, 1997 ; Dennis, 1964). Cette observation concorde avec les habitudes des pics à sélectionner les arbres disponibles ayant les plus gros DHP (Aubry et Raley, 2002 ; Conner et Adkisson, 1977). Au Manitoba, Millar (1992) a tenté d'expliquer la sélection de poteaux de distribution d'électricité comme substrat de nidification par le Grand Pic en précisant les caractéristiques environnementales. Il identifie trois variables explicatives, soit la disponibilité de la nourriture, la classe d'âge de la forêt 20-50 ans et la distance réduite au couvert forestier. Avec ces trois variables, il qualifie d'opportuniste la sélection de poteaux pour la nidification, puisqu'elle serait favorisée lorsque la grosseur des arbres de la forêt adjacente est l'élément limitant. Bien que la composition de ses parcelles d'études ne soit pas précisée, Millar (1992) observe également une forte utilisation du Peuplier

faux-tremble comme substrat de nidification du Grand Pic et identifie les peuplements mixtes et décidus comme plus à risques pour l'utilisation des poteaux de distribution d'électricité.

Millar (1992) émet également l'hypothèse que le degré d'ouverture de l'habitat le long des lignes de poteaux de distribution d'électricité pourrait offrir une localisation de choix pour réduire les risques de prédation en permettant une meilleure vue aux adultes nicheurs sur leur nid. Les Grands Pics, comme l'ensemble des espèces cavicoles, est moins sujet à la prédation des jeunes au nid que les espèces nichant à nid ouvert (Martin et Li, 1992). Ses prédateurs aériens sont, entre autres, l'Autour d'Amérique (*Accipiter gentilis*), l'Épervier de Cooper (*Accipiter cooperii*) et la Buse à queue rousse (*Buteo jamaicensis*), mais peuvent également être des prédateurs terrestres, tels que la Martre d'Amérique (*Martes americana*) et le Pékan (*Pekania pennanti*) (Bonar, 2001 ; Bull, 1987 ; Bull et Jackson, 2020 ; Lima, 1993 ; Tomasevic et Marzluff, 2018 ; Walter et Miller, 2001). Le couvert forestier vis-à-vis l'orifice d'entrée d'une cavité de Grand Pic est souvent dégagé en forêt (Aubry et Raley, 2002). Cela pourrait expliquer, en partie, pourquoi le Grand Pic n'évite pas les substrats anthropiques, tels que les poteaux de distribution d'électricité, positionnés dans des ouvertures créées par l'emprise des lignes de distribution d'électricité (Millar, 1992). Toutefois, si les poteaux d'électricité reproduisent des indices propices à la sélection d'un site de nidification, les zones de lisières créées par les lignes de distribution pourraient en contrepartie offrir des conditions favorables à une pression accrue de prédation. Les Grands Pics pourraient donc sélectionner des sites de nidification qui offrent des indices structuraux (diamètre des substrats, hauteur, dureté du bois, absence de branches et capacité d'éviter les prédateurs aériens) qui apparaissent adéquats, mais qui sont en fait dans des environnements sujets à une pression de prédation forte, ce qui en ferait des pièges écologiques (ecological traps : *sensu* Gates et Gysell, 1978 ; Weldon et Haddad, 2005). Que le taux de prédation soit supérieur aux nids excavés sur des poteaux de distribution d'électricité ou sur des arbres en forêt, l'ouverture autour des poteaux de

distribution d'électricité pourrait être une variable secondaire de sélection des poteaux comme substrat de nidification du Grand Pic en reproduisant des conditions d'ouverture autour des cavités de nidification sélectionnées sur les arbres en forêt naturelle.

0.2.3 Aire d'étude

Si le Grand Pic peut s'accommoder de conditions d'habitats hétéroclites, telles que les forêts fragmentées par le développement urbain et périurbain (Hu et Tong, 2022 ; Baz et Murphy, 2023 ; Tomasevic et Marzluff, 2018), les paysages forestiers aménagés par la coupe industrielle de la forêt (Blake, 2018 ; Bull *et al.* 1992 ; Drapeau *et al.* 2009 ; Flemming *et al.* 1999 ; Hannon et Cooke, 2010 ; Ouellet-Lapointe *et al.* 2012 ; Villard, 2000) et les zones agricoles (Hoyt, 1957), c'est véritablement dans les paysages dominés par un couvert forestier que ses populations sont susceptibles d'être le plus abondantes (Robert *et al.* 2019). Dans le Sud du Québec, la maturation du couvert forestier dans la région des Laurentides et des Appalaches entre le début des années 1980 et les années 2010 ont été accompagnées d'une hausse des occurrences des Grands Pics et des autres picidés dans cette portion de la forêt tempérée du Québec méridional (Drapeau *et al.* 2019 ; Villard, 2019). En parallèle, la région des Laurentides, ainsi qu'une partie de la région de Lanaudière, ont connu un essor remarquable de leurs populations respectives dans les derniers trente ans. Cette croissance démographique s'est accompagnée d'une hausse considérable de la demande de services d'électricité et de télécommunication (Hydro-Québec, données inédites). La double conjoncture de la maturation du couvert forestier et le déploiement important de nouvelles lignes de distribution dans les Laurentides pour répondre à la croissance démographique ont fait en sorte que, dans les dernières années, la principale cause de remplacement de poteaux d'électricité par Hydro-Québec est associée aux dommages causés par les pics. Cette région constitue donc un territoire d'étude de prédilection pour tester l'hypothèse de l'importance de l'âge et du degré de maturité

structurale de la forêt adjacente aux lignes de distribution d'électricité sur l'utilisation ou non des poteaux de distribution par le Grand Pic à des fins de reproduction. Les poteaux inspectés et suivis dans la présente étude sont dispersés entre les villes de Saint-Jérôme au sud, Mont-Laurier au nord, Sainte-Émélie-de-l'Énergie à l'est et Maniwaki à l'ouest, ce qui représente une superficie de 14 000 km² (voir Figure 1.1). La zone d'étude fait donc partie des terres du Bouclier canadien en forêt tempérée dans le domaine bioclimatique de l'érablière à Bouleau jaune de l'Ouest (Société de la Faune et des Parc du Québec, 2002 ; Roy *et al.* 2009). On y retrouve de 0 % à 5 % d'activité agricole concentrée en périphérie des rivières principales du territoire et près de 85 % de forêt. Le sous-domaine se caractérise par une majorité de peuplements feuillus, en grande partie des érablières, et quelques feuillus intolérants, ainsi que des peuplements mixtes composés de feuillus intolérants et de résineux (Gosselin *et al.* 1998 ; Roy *et al.* 2009). Les essences principales qui composent les peuplements sont le Sapin baumier (*Abies balsamea*), le Bouleau à papier (*Betula papyrifera*), l'Érable à sucre (*Acer saccharum*), l'Érable rouge (*Acer rubrum*) et le Peuplier Faux-Tremble (*Populus tremuloides*). À cause de la grande accessibilité du territoire dépourvu de contraintes biophysiques, presque l'entièreté de la région des Laurentides a subi, depuis le 19^e siècle, au moins une coupe par les compagnies forestières, parfois jusqu'à trois coupes. Le territoire a également connu des perturbations naturelles, telles que de grands feux (1870 et 1923), des épidémies de tordeuses de bourgeons d'épinettes et des chablis (Roy *et al.* 2009) qui ont contribué au rajeunissement du couvert forestier. Le territoire des Laurentides est grossièrement divisé en trois sections : les Basses-Laurentides, où se concentrent les activités agricoles et manufacturières ; le centre des Laurentides, axé sur le récréotourisme ; et les Hautes-Laurentides, où l'économie est grandement basée sur l'exploitation forestière (Thériault, 2006). Entre 1989 et 2001, les Laurentides ont enregistré une croissance de population de 44,4 %, soit quatre fois supérieure à la moyenne du Québec pour la même période (ministère des Ressources naturelles et de la

Faune, 2006). Le centre des Laurentides, où se trouve la majorité de l'aire d'étude, est caractérisé par un fort développement de la villégiature, ce qui implique un déboisement restreint et un ajout continu de nouvelles lignes électriques pour alimenter les nouveaux développements.

0.2.4 Objectifs

L'objectif principal de cette étude est de mieux comprendre le rôle de la maturation du couvert forestier adjacent aux lignes de distribution de poteaux d'électricité dans l'utilisation des poteaux pour la nidification du Grand Pic. Comme celui-ci dépend des ressources ligneuses caractéristiques des forêts matures et âgées, nous tenterons de mieux comprendre l'effet de la disponibilité des substrats d'alimentation et de nidification des peuplements forestiers adjacents aux lignes de distribution des poteaux électriques sur leur utilisation par le Grand Pic comme support de nidification. Nous considérons que ces connaissances sont essentielles pour mieux comprendre la cause des dommages faits par le Grand Pic sur le réseau de distribution d'électricité et permettre de mieux prévenir de futures utilisations des poteaux comme support de nidification. Avec l'augmentation des populations de Grand Pic au Québec (Drapeau *et al.* 2019 ; Robert *et al.* 2019 ; Villard, 2019) et la pression croissante de l'expansion de la villégiature dans les régions forestières qui augmente le nombre de lignes de distribution d'électricité dans ces régions, il est crucial de mieux comprendre comment les réseaux de distribution électriques peuvent être mieux gérés pour réduire les risques de dommages par le Grand Pic sur les poteaux d'électricité.

Malgré les dommages que cette espèce peut causer sur les structures anthropiques, le Grand Pic est un acteur essentiel dans la communauté des espèces arboricoles en renouvelant les cavités disponibles pour la nidification de tout un réseau d'utilisateurs secondaire de grande taille (Aubry et Raley, 2002 ; Cadieux, 2017 ; Jackman, 1974 ; Martin et Eadie, 1999 ; Martin

et al. 2004). Approfondir les connaissances fondamentales de l'écologie de la reproduction du Grand Pic en fonction de la qualité de son habitat, et ce, même dans le contexte singulier de l'utilisation par le Grand Pic des poteaux d'électricité pour y faire son nid, s'inscrit dans la continuité d'assurer la conservation de cette espèce clé de voute de nos forêts.

CHAPITRE 1

EFFET DE LA QUALITÉ DE L'HABITAT ADJACENT AUX LIGNES DE DISTRIBUTION D'ÉLECTRICITÉ SUR L'UTILISATION DES POTEAUX DE BOIS COMME SUBSTRATS DE NIDIFICATION PAR LE GRAND PIC (*Dryocopus pileatus*)

1.1 Résumé

Le Grand Pic est une espèce considérée clé de voute, puisqu'il excave des cavités de nidification de grande taille qui sont essentielles pour une multitude d'utilisateurs secondaires. Dans certaines circonstances encore mal comprises, le Grand Pic installe ses cavités de nidification sur les poteaux de distribution d'électricité, ce qui engendre des dommages structurels importants aux poteaux qui doivent donc être remplacés dans un processus onéreux pour les compagnies de distribution d'électricité. Très peu d'études se sont penchées sur les conditions environnementales qui favorisent l'utilisation des poteaux comme substrat de nidification par le Grand Pic. Cette étude a testé comment (1) la densité de substrats d'alimentation dans les forêts autour des lignes de distribution d'électricité et (2) la qualité de l'habitat de nidification en forêt dans une superficie de 250 ha autour des poteaux de distribution d'électricité (taille d'un domaine vital d'un couple de Grands Pics) exerçait une influence sur leur utilisation pour la nidification du Grand Pic. Nous avons testé ces hypothèses en comparant les caractéristiques de la forêt dans des secteurs où les poteaux électriques sont utilisés pour la nidification et des secteurs où ils ne le sont pas dans le domaine bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune de l'ouest, plus précisément dans la région des Laurentides, qui s'est avérée être un point chaud des dommages de nidification causés par le Grand Pic sur les poteaux de distribution d'électricité. Nos résultats montrent que les arbres d'alimentation en forêt ne sont pas un élément limitant sur l'ensemble de l'aire d'étude et donc, que l'évitement de certains secteurs pour nicher dans les poteaux n'est pas dû au manque de substrats d'alimentation. Cependant, nos résultats corroborent notre hypothèse principale, selon laquelle, le Grand Pic utilise les poteaux de distribution d'électricité lorsque la qualité des peuplements forestiers quant aux arbres offrant un potentiel pour l'excavation de cavités de nidification à l'échelle de son domaine vital (250 ha) diminue dans l'environnement. Nous inférons que l'utilisation des poteaux par le Grand Pic pour sa nidification est opportuniste et varie en fonction de la disponibilité, dans la forêt adjacente, des arbres potentiels pour sa nidification (arbres sénescents à fort diamètre) ; augmentant quand la disponibilité est faible, et diminuant lorsqu'elle devient forte, c'est le cas dans les forêts âgées. En conclusion, malgré la maturation du couvert forestier des dernières décennies dans la région des Laurentides, l'empreinte de l'aménagement forestier du siècle dernier a passablement diminué la superficie des forêts qui sont suffisamment âgées pour abriter une forte densité d'arbres propices à la nidification du Grand Pic. Ce contexte rend les lignes de distribution d'électricité et de télécommunications vulnérables aux excavations du Grand Pic pour sa reproduction. Cela devient d'autant plus probable lorsque leur diamètre se rapproche de celui des arbres à cavité utilisés par le Grand Pic (>35 cm de DHP) en milieu naturel. Nos travaux mettent en perspective le besoin double d'adapter d'une part les pratiques de gestion des lignes de distribution de poteaux d'électricité en fonction des conditions forestières et, d'autre part, de modifier les pratiques d'aménagement forestier pour augmenter la rétention d'arbres vétérans de fort diamètre et d'arbres morts sur pied, des attributs essentiels à la nidification du Grand Pic dans les forêts aménagées.

Mots clés : Grand Pic, nidification, poteaux d'électricité, forêts matures et âgées, aménagement forestier.

1.2 Introduction

La complexité structurale des forêts matures et âgées, avec ses arbres vétérans de fort diamètre et ses arbres sénescents et morts (sur pied et au sol), qui couvrent un large spectre de dégradation, fournit des attributs d'habitat essentiels à la biodiversité en forêt. Ces attributs constituent les legs biologiques (*sensu* Franklin, 2000) pivots pour son maintien (Bergeron, 2000 ; Drapeau *et al.* 2009 ; Gauthier *et al.* 2008 ; Girona *et al.* 2023 ; Hunter, 1999). C'est particulièrement le cas de la communauté de vertébrés qui utilisent les cavités d'arbres créées par leur dégradation naturelle ou accélérée par l'activité d'excavation des pics (Aitken et Martin, 2007 ; Angelstam et Mikusinski, 1994 ; Cadieux, 2011 ; Cadieux *et al.* 2023 ; Drapeau et Cadieux, 2016, 2024 ; Gutzat et Dormann, 2018 ; Nappi *et al.* 2015). Au sein de cette faune cavicole, les pics sont parmi les principaux pourvoyeurs de cavité des forêts boréales et tempérées en Amérique du Nord (Cadieux *et al.* 2023, 2024 ; Cooke et Hannon, 2012 ; Edworthy *et al.* 2018 ; Martin *et al.* 2004 ; Ouellet-Lapointe *et al.* 2012). Le groupe taxonomique des pics est fréquemment considéré comme indicateur de la diversité spécifique aviaire en forêt (Angelstam et Mikusinski, 1994 ; Drever *et al.* 2008 ; Mikusinski *et al.* 2001, 2006). De plus, les arbres sénescents et morts de divers stades de dégradation constituent des réservoirs de première importance pour les insectes saproxyliques et des fourmis charpentières (*Camponotus ssp.*), qui sont des ressources alimentaires de première importance pour de nombreuses espèces de pics (Beal, 1911 ; Beckwith et Bull, 1985 ; Bull et al. 1992 ; Raley et Aubry, 2006).

Le Grand Pic (*Dryocopus pileatus*), qui est le plus grand représentant de sa famille en Amérique du Nord (Hoyt, 1957 ; Dennis 1964), est particulièrement sensible à la disponibilité des arbres vétérans de fort diamètre et des arbres morts caractéristiques des forêts âgées mixtes et décidues (Cadieux *et al.* 2023 ; Cooke et Hannon, 2012 ; Nappi *et al.* 2015). Associé à ces types de forêts

(Bull, 1975 ; Conner et Adkisson, 1977 ; Lafleur et Blanchet, 1993 ; McClelland et McClelland, 1999), le Grand Pic est connu pour sélectionner prioritairement des peuplements avec un couvert forestier fermé avec une densité élevée de tiges sénescents avec un diamètre à hauteur de poitrine DHP supérieur à 20 cm pour son alimentation (Antaya, 2019 ; Bérubé-Beaulieu, 2023 ; Gasse, 2007 ; Nappi *et al.* 2015) et supérieur à 30 cm pour sa reproduction (Bonar, 2001 ; Bull et Holthausen, 1993 ; Bush *et al.* 2009 ; Cadieux *et al.* 2023 ; Conner, 1975 ; Flemming, 1999 ; Hu et Tong, 2022 ; Lemaître et Villard, 2005 ; McClelland et McClelland , 1999) généralement retrouvés dans les forêts âgées (Aakala *et al.* 2008 ; Savignac *et al.* 2000). Au Québec, comme ailleurs au Canada, le Grand Pic est associé à la présence du Peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides*) affecté par la carie blanche du tremble (*Phellinus tremulae*) (Blanc et Martin, 2012 ; Cadieux, 2011 ; Cadieux *et al.* 2023 ; Cooke et Hannon, 2012 ; Hart et Hart, 2001 ; Jackson et Jackson, 2004 ; Kilham, 1971 ; Savignac et Machtans, 2006) pour sa nidification (Drever et Martin, 2010 ; Bonar, 2001 ; Cooke et Hannon, 2012 ; Hartwig, 2004 ; McClelland, 1979 ; Vaillancourt *et al.* 2009) et son alimentation (Antaya, 2019 ; Bérubé-Beaulieu, 2024, Nappi *et al.* 2015). Cet arbre intolérant à l'ombre qui se régénère dans les ouvertures créées par les coupes totales peut également revenir dans les vieux peuplements forestiers de plus de 250 ans par rejets racinaires dans les ouvertures dans la canopée à la suite d'une perturbation naturelle, comme la mortalité individuelle des arbres ou la mortalité synchrone des arbres générée par des épidémies d'insectes (Cadieux *et al.* 2023).

La problématique de l'étude se pose lorsque les pics excavent leurs cavités de nidification dans les poteaux en bois de distribution d'électricité. La cavité du Grand Pic faisant 20 cm de diamètre par 50 cm de profondeur, elle peut engendrer des dommages sévères aux poteaux utilisés (Dennis, 1964 ; Morneau *et al.* 2008 ; Tupper, 2010) au point où ceux-ci doivent être remplacés pour éviter des problèmes d'approvisionnement d'électricité aux usagers des

réseaux de distribution d'électricité, ce qui implique des coûts élevés de remplacement (Hydro-Québec, 2020).

La majorité des travaux de recherche sur l'utilisation des poteaux de distribution d'électricité et de télécommunications par les pics se sont concentrés sur les méthodes de mitigation et d'atténuation des dommages liés aux activités d'excavation des pics ainsi que sur la mesure de l'impact des excavations sur les propriétés structurelles des poteaux (Daigle, 2013 ; Harness et Walters, 2005 ; Polat *et al.* 2016 ; Steenhof, 2011 ; Tupper *et al.* 2010, 2011). Toutefois, la compréhension des facteurs qui expliquent la sélection par un pic d'un poteau donné le long d'une ligne de distribution exige non seulement de connaître les attributs des poteaux (taille en diamètre, hauteur, degré de dégradation, dureté) qui favorisent leur excavation, mais également de comprendre comment les conditions de l'habitat dans l'environnement adjacent aux lignes de poteaux s'avèrent déterminantes dans le processus de sélection du poteau comme substrat de nidification.

De fait, même si de telles conditions d'habitat représentent une clé pour mieux comprendre les facteurs explicatifs de l'utilisation par le Grand Pic de certains poteaux au détriment d'autres sur les lignes de poteaux de distribution d'électricité, peu d'études ont à ce jour porté une analyse quantitative approfondie sur les conditions d'habitat associées au processus de sélection des poteaux de distribution d'électricité comme substrat de nidification par le Grand Pic. Millar (1992) a analysé certains paramètres de l'environnement adjacent aux poteaux portant ou non des cavités de nidification de Grand Pic dans le Sud du Manitoba. Ses résultats montrent une plus grande utilisation des poteaux par le Grand Pic lorsque la forêt est à faible distance de ces derniers. De plus, ses inventaires dans les forêts adjacentes aux lignes de distribution d'électricité révèlent une plus grande quantité de substrats d'alimentation (arbres sénescents et morts) dans les secteurs où les poteaux avaient des cavités de nidification, alors

que cette plus grande disponibilité est également associée au plus grand nombre de souches et de bois mort au sol dans les jeunes forêts de 20 à 50 ans résultant de la coupe forestière. Ce résultat suggère que la disponibilité des substrats d'alimentation dans les environnements adjacents aux lignes de distribution pourrait être un facteur à considérer dans l'installation d'un couple nicheur de Grands Pics le long de lignes de distribution de poteaux électriques.

Plus récemment, Wright (2021) a modélisé les risques d'utilisation des poteaux pour six espèces de pics, dont le Grand Pic, en fonction des caractéristiques du paysage adjacent aux poteaux endommagés par les pics au Tennessee. Elle a élaboré son modèle prévisionnel des risques de dommages par les pics en mesurant dans des placettes de 570 m de rayon, qui correspondent à la grandeur moyenne du territoire d'un grand pic dans sa région (170 ha), quatre indices généraux associés à l'habitat des pics, soit : la proportion de couverture forestière, l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) qui mesure la productivité et la densité de la végétation, l'élévation et un indice de radiation thermique associés à la localisation des cavités de nidification et la température de l'environnement des nids des pics (Wiebe, 2010). Ses analyses montrent que les risques de dommages sur les poteaux, toutes espèces de pics confondues, varient de façon non linéaire avec ces variables du paysage. Ainsi, les dommages sont faibles dans les paysages où la proportion de couverts forestiers est faible et fragmentée, mais augmentent au fur et à mesure que ce pourcentage atteint la proportion de 50 % autour des poteaux de distribution. Au-delà de ce seuil, les dommages diminuent à nouveau. Wright (2021) infère à cette diminution du risque des dommages faits par les pics sur les poteaux le fait que, lorsque la proportion du couvert forestier dépasse 50 % autour des poteaux, la qualité des conditions d'habitat pour les pics s'améliore, tant pour leur alimentation que pour leur reproduction, et l'utilisation des arbres vivants ou morts en forêt est préférée aux poteaux de distribution d'électricité comme site de reproduction. Toutefois, dans le cas des

travaux de Millar (1992) comme de ceux de Wright (2021), ils ne mesurent pas la qualité du couvert forestier quant à sa capacité à offrir aux pics des conditions propices à leur nidification. Cette capacité est fortement associée au vieillissement de la forêt, qui se traduit par une augmentation de la densité d'arbres à fort diamètre (vieux arbres vivants et morts) propices à être excavés par les pics et traduit, de fait, la qualité de l'habitat pour la reproduction de ces espèces (Cadieux *et al.* 2023 ; Martin *et al.* 2004 ; Ouellet-Lapointe *et al.* 2012). Ainsi, un poteau de distribution entouré d'une grande proportion de couverts forestiers jeunes ou matures avec une plus faible densité d'arbres à fort diamètre pour la reproduction (faible qualité d'habitat de reproduction) pourrait être plus à risque de dommages qu'un poteau entouré d'une faible proportion de couverts forestiers plus âgés dont la densité des arbres à fort diamètre est plus élevée (forte qualité d'habitat de reproduction).

Dans la présente étude, nous utilisons les connaissances acquises en milieu naturel sur la sélection des arbres de nidification du Grand Pic en fonction de leur disponibilité dans les divers types d'habitats forestiers présents dans la forêt tempérée de l'Est de l'Amérique du Nord pour établir une classification de la qualité de l'habitat de nidification du Grand Pic dans ces divers peuplements forestiers. Nous mesurons l'effet de la qualité de l'habitat de nidification du Grand Pic sur le processus de sélection des poteaux de distribution d'électricité comme substrats de nidification chez cette espèce. De plus, à l'instar des travaux de Millar (1992), nous mesurons l'utilisation et la disponibilité d'arbres pour l'alimentation du Grand Pic dans les forêts adjacentes des lignes de distribution de poteaux d'électricité.

Bien que la disponibilité d'arbres pour son alimentation soit un facteur important pour expliquer la sélection d'un territoire par un couple de Grands Pics, nous émettons l'hypothèse que la probabilité que ce dernier utilise les poteaux de distribution d'électricité pour sa nidification varie prioritairement en fonction de la qualité de l'habitat de nidification offerte

par la forêt à l'échelle de son domaine vital. Nous prévoyons que la probabilité de dommages associés à la nidification du Grand Pic sur les lignes de distribution d'électricité va s'accroître au fur et à mesure que la qualité de l'habitat de nidification du couvert forestier adjacent diminue (densité plus faible de tiges vivantes et mortes au diamètre supérieur à 35 cm et propices à l'excavation d'une cavité de nidification). Sans que leur utilisation comme support de nidification devienne complètement nulle, cette hypothèse suggère qu'il pourrait exister un seuil de qualité d'habitat de nidification au-dessus duquel le Grand Pic délaisse les poteaux de distribution d'électricité et priorise les arbres disponibles en forêt.

1.3 Matériel et méthodes

1.3.1 Aire d'étude

Dans le Sud du Québec, la maturation du couvert forestier dans la région des Laurentides et des Appalaches entre 1984 et 2014, correspondant aux deux Atlas d'oiseaux nicheurs du Québec méridional (Gauthier et Aubry, 1995 ; Robert *et al.* 2019) a été accompagnée d'une hausse des occurrences de Grand Pic et des autres picidés en forêt tempérée (Drapeau *et al.* 2019). Faisant partie du domaine bioclimatique de l'érablière à Bouleau jaune de l'Ouest (Gosselin, 1999 ; Société de la Faune et des Parcs du Québec, 2002 ; Roy *et al.* 2009), les Laurentides ont subi une forte pression d'exploitation forestière depuis le 19^e siècle, ce qui a considérablement rajeuni les peuplements sur l'ensemble du territoire. En parallèle, la région des Laurentides a connu un essor remarquable de sa population dans les trente dernières années. Cette croissance démographique s'est accompagnée d'une hausse considérable de la demande de services d'électricité et de télécommunications (Hydro-Québec, données inédites). Ces circonstances rassemblées sur le territoire des Laurentides, la maturation du couvert forestier et le déploiement important de nouvelles lignes de distribution d'électricité, ont fait en sorte

que la région s'est révélée comme un point chaud des dommages causés par les pics aux poteaux de distribution, selon Hydro-Québec. Cette région constitue donc un territoire d'étude de prédilection pour tester l'hypothèse de l'importance de l'âge et du degré de maturation structurale de la forêt adjacente aux lignes de distribution d'électricité sur l'utilisation ou non des poteaux de distribution par le Grand Pic pour y faire leur cavité de nidification. Pour ce faire, nous avons inspecté les lignes de distribution de poteaux d'électricité sur un territoire de 14 000 km² (voir figure 1.1).

1.3.2 Inspection et localisation des poteaux avec et sans cavité de nidification

Les poteaux des réseaux électriques font l'objet d'inspections complètes par des sous-traitants d'Hydro-Québec tous les dix ans. Les caractéristiques structurelles et l'état général de chaque poteau de la base de données correspondent donc à l'état du poteau lors de la dernière inspection. De plus, les dommages observés sur les poteaux sont identifiés en catégories très grossières, particulièrement pour ce qui a trait aux dommages causés par les pics qui sont regroupés sous une seule catégorie. En 2021, nos inspections réalisées dans diverses régions du Sud du Québec ont permis de raffiner le protocole de caractérisation des dommages causés par les pics en précisant (1) l'identité de l'espèce de pic (Grand Pic, Pic flamboyant, autres espèces de petite taille), (2) la dimension des dommages sur les poteaux et (3) la nature de ces dommages (excavation de nidification ou d'alimentation) (Cadieux et Drapeau, 2022). Ces travaux préliminaires ont également permis d'identifier les caractéristiques structurelles des poteaux favorisés pour la nidification du Grand Pic, soit un DHP supérieur à 30 cm, un traitement au CCA-PA, installés récemment (Cadieux et Drapeau, 2022). À partir de ces connaissances, au cours des étés 2022 et 2023, nous avons ciblé dans la région des Laurentides un bassin de poteaux de distribution à inspecter pour trouver de nouvelles cavités de nidification n'étant pas encore répertoriées. À l'intérieur de ce bassin, ce sont au total 980

poteaux de distribution d'électricité qui ont fait l'objet d'une inspection complète. Les travaux de terrain ont eu lieu de la fin du mois d'avril à la fin juillet, alors qu'un effort particulier a été consacré à la recherche de nids actifs sur les poteaux entre la fin avril et la fin mai, période clé pour localiser des nids actifs. Rappelons qu'en raison des normes de sécurité entourant les poteaux électriques, il était impossible de confirmer si une cavité de nidification de Grand Pic était complétée, car nous ne pouvions insérer une caméra d'inspection à l'intérieur des cavités, d'où l'importance de notre recherche active de nouvelles cavités dans la période active d'excavation des cavités de nidification. C'est donc uniquement à partir d'observations faites du sol que nous avons pu sélectionner les poteaux de distribution d'électricité qui montraient des excavations de reproduction de Grand Pic. En plus des nouvelles cavités de nidification trouvées lors de ces deux étés de terrain, nous avons classé les vieilles excavations répertoriées en fonction du degré de certitude que nous avions sur la présence d'une chambre (cavité) ou seulement d'un tunnel (excavation incomplète) au moyen de l'apparence de l'orifice d'entrée et de la partie intérieure visible aux jumelles à partir du sol. Certaines cavités ont été confirmées par le témoignage de nidification de Grand Pic par des personnes résidant à proximité des poteaux endommagés.

La sélection des poteaux avec cavités de nidification s'est faite selon l'ordre de priorité : nid actif confirmé par l'équipe, ancien nid actif confirmé par des personnes externes, agglomération d'anciennes cavités sur une grappe de poteaux voisins, ancienne excavation avec forte probabilité de chambre, ancienne excavation potentiellement incomplète. Malgré l'incertitude entourant certaines excavations, nous avons seulement conservé les cavités causant un dommage important au support et traduisant une activité soutenue d'excavation du Grand Pic à y creuser une cavité de nidification.

À partir du même bassin de poteaux à haut potentiel de nidification utilisé pour trouver des cavités, nous avons identifié des secteurs de poteaux sans excavation de nidification de Grand Pic. Ces secteurs contenaient au minimum un poteau avec les caractéristiques favorisant leur utilisation par le Grand Pic pour sa nidification, mais sans aucun dommage, soit un DHP supérieur à 30 cm et un traitement au CCA-PA, et était idéalement installé dans les cinq dernières années. Après l'identification d'un poteau à haut potentiel de nidification sans dommage, tous les poteaux dans un rayon de 900 m autour de celui-ci ont été inspectés pour confirmer qu'il s'agissait bien d'une zone exempte de dommages de nidification. Si des marques d'alimentation de Grand Pic étaient observées sur des poteaux, par leur nature, elles n'ont pas été considérées pour éliminer un poteau sans dommage à haut potentiel de nidification. Ce sont près de 500 poteaux de plus qui ont été inspectés pour localiser ces zones sans dommage. Les poteaux sis au centre d'une zone sans dommage se trouvaient toujours à plus de deux kilomètres d'un poteau avec un dommage de nidification limitant le chevauchement de ces secteurs avec les secteurs correspondants au domaine vital d'un couple nicheur de Grands Pics dans un poteau avec une cavité de nidification (Bilodeau-Colbert, 2024, données non publiées).

Enfin, afin de concentrer nos analyses sur l'effet de la qualité de l'habitat forestier adjacent aux poteaux sur leur probabilité d'être excavés à des fins de reproduction par le Grand Pic, nous avons contrôlé l'effet à l'échelle du paysage de l'importance du couvert forestier (Millar, 1992 ; Wright, 2021) en ne sélectionnant que des poteaux sans dommage dans des secteurs dominés par un couvert forestier et avons évité les secteurs urbains et agricoles de notre aire d'étude.

1.3.3 Caractéristiques d'ouverture du couvert forestier vis-à-vis les cavités sur les arbres

Pour évaluer l'hypothèse que le degré d'ouverture du couvert forestier attenant aux lignes de distribution des poteaux puisse s'apparenter aux conditions d'ouverture de la canopée des nids

de Grand Pic en forêt naturelle et donc être sélectionné par le Grand Pic (Millar, 1992), des mesures du degré d'ouverture de la canopée ont été prises à la hauteur des orifices d'entrées de 48 cavités de nidification de Grand Pic en forêt en suivant le protocole de Runkle (1981). À hauteur de cavité et sur l'azimut de sortie de l'orifice de la cavité, la distance entre l'arbre de nidification et le premier obstacle rencontré a été mesurée (L_1) avec une distance maximale de 50 m. Perpendiculairement à cette distance (L_1), la plus grande distance entre deux obstacles a été mesurée en tant que largeur (W_1) de l'ouverture. Avec ces deux mesures et la formule d'ellipse ($A = \pi T L W / 4$), il est possible de déterminer l'aire d'ouverture (Runkle, 1981) de façon relativement précise pour l'effort nécessaire à la récolte des mesures (de Lima, 2005). De plus, à l'échelle plus fine de chaque arbre de nidification pour détecter s'il y avait une échelle de sélection d'ouverture à même les arbres de nidification, les mêmes mesures ont été prises, soit la longueur (L_2) et la largeur (W_2) à hauteur de cavité, mais avec l'azimut opposé à l'orifice de la cavité de nidification. Dans le cas où plusieurs cavités se trouvaient sur un même arbre, la mesure de longueur (L_x) a été prise pour correspondre à l'azimut le plus éloigné des cavités présentes et les mesures d'ouvertures vis-à-vis toutes les cavités ont été mesurées (voir figure 1.2).

1.3.4 Caractérisation de la végétation adjacente aux poteaux avec et sans cavité de nidification

Puisque la densité des arbres d'alimentation est considérée comme un facteur limitant associé à la sélection de l'habitat du Grand Pic (Bérubé-Beaulieu, 2023 ; Millar, 1992), nous avons quantifié de façon précise la densité de bois mort sur pied (Aakala *et al.* 2008), qui est considéré comme un substitut (proxy) de la disponibilité des ressources alimentaires chez le Grand Pic (Bérubé-Beaulieu, 2023 ; Flemming, 1999 ; Gasse, 2007 ; Nappi *et al.* 2015). En 2022, la méthode d'échantillonnage consistait à caractériser les arbres dans des placettes de 0,16 ha (1600 m²). Dans un rayon de 500 m autour de chacun des 15 poteaux comportant une cavité de

nidification et des 14 poteaux sans dommage, dix placettes de 0,16 ha ont été placées aléatoirement dans les peuplements forestiers. Dans ces placettes, tous les arbres morts sur pied, avec une classe de dégradation 4 à 7 (Bergeron, 1997), avec un DHP supérieur à 10 cm ont été caractérisés, ainsi que tous les arbres vivants, avec une classe de dégradation de 1 à 3 (Bergeron, 1997) et un DHP supérieur à 20 cm de DHP. L'essence, la mesure du DHP, l'estimation de la hauteur, la classe de dégradation, la présence de carpophores et la présence de marques d'alimentation récentes et anciennes ont été notées pour tous les arbres dans les placettes.

En 2023, pour augmenter notre effectif de sites échantillonnés et réduire le nombre de demandes d'accès aux lots des propriétaires terriens, nous avons adapté notre technique de caractérisation de la densité de bois mort en utilisant la méthode du plus proche voisin (Silva *et al.* 2017). Le long d'un transect de 400 m, un point d'échantillonnage a été réalisé à chaque 40 m, pour un total de dix points par poteau avec et sans cavité de nidification. Ces transects étaient répartis dans les peuplements forestiers à moins de 500 m des poteaux sélectionnés pour 14 poteaux avec cavité de nidification et 15 poteaux sans cavité de nidification. Pour chaque point le long du transect de 400 m, la distance L_1 (voir figure 1.3) de l'arbre mort le plus rapproché du point GPS avec une classe de dégradation 4 à 7 (Bergeron, 1997) et un DHP de 10 cm et plus a été prise. À partir de ce premier arbre mort comme nouveau point de départ, la distance L_2 (voir Figure 1.3) au prochain arbre mort avec un DHP de 10 cm et plus a été prise. La recherche pour le deuxième arbre mort s'est toujours faite en s'éloignant du point GPS à partir du premier arbre mort dans les 180° perpendiculaires à la distance L_1 . Pour la première distance, le rayon de recherche pour un arbre mort sur pied d'au moins 10 cm était de maximum 20 mètres. À partir de ce premier chicot, un nouveau rayon de 20 mètres était instauré pour la recherche du deuxième arbre mort sur pied. La distance maximum cumulative de L_1 et L_2 est donc de 40 mètres, égale à la distance entre deux points sur le transect. Un même arbre ne s'est

jamais retrouvé dans les données de deux points différents. Si aucun arbre adéquat ne se trouvait dans le rayon de 20 mètres de recherche, une absence était notée. Comme les marques d'alimentation trouvées lors du terrain 2022 se trouvaient généralement sur des arbres de plus de 20 cm de DHP et qu'il y a également une sélection en forêt boréale pour les arbres de plus de 20 cm de DHP (Bérubé-Beaulieu, 2023), le protocole a été appliqué pour les arbres de plus de 20 cm de DHP. Les traces d'alimentation de Grand Pic ont été notées lorsque celles-ci se retrouvaient à 2 mètres de part et d'autre de la ligne de transect pour couvrir, au total, une superficie de 1600 m², soit une superficie équivalente à celle d'une placette de caractérisation végétale échantillonnée en 2022.

Durant les deux étés de terrain, nous avons donc caractérisé le couvert forestier adjacent à 29 poteaux comportant des cavités de nidification de Grand Pic et 29 poteaux sans cavité. La moitié de ces poteaux, répartis de façon équivalente dans les deux types de secteurs, ont été échantillonnés avec la méthode par placette, et l'autre moitié a été échantillonnée avec la méthode du plus proche voisin.

1.3.5 Caractérisation de la qualité des peuplements forestiers pour la reproduction du Grand Pic à l'échelle du domaine vital

Pour déterminer si la qualité des peuplements forestiers pour la reproduction du Grand Pic à l'échelle de leur domaine vital affecte la sélection d'un poteau de distribution d'électricité comme site de nidification par un couple de Grands Pics, nous avons utilisé le modèle de qualité d'habitat de nidification du Grand Pic développé par Cadieux et al. (2023), qui est basé sur la relation entre (1) les caractéristiques des arbres de nidification de Grand Pic dans les forêts du Québec, (2) le nombre d'arbres qui, dans les placettes d'inventaires du ministère de Ressources Naturelles et des Forêts (MRNF) ont un potentiel pour être excavés par le Grand Pic tel que

dénombré et (3) l'association des placettes d'inventaires du MRNF au type de peuplement forestier décrit sur les cartes écoforestières du 5e inventaire décennal du MRNF.

Les travaux de recherche menés sur la nidification des pics au Québec et ailleurs en Amérique du Nord au cours des deux dernières décennies ont montré que les Peupliers faux-trembles de fort diamètre (>35 cm) atteints de la carie du bois de cœur, créée par un champignon polypore, *Phellinus tremulae*, sont particulièrement prisés comme arbres porteurs de cavités (Bilodeau-Colbert, 2023 ; Cadieux *et al.* 2023 ; Cockle *et al.* 2011 ; Drapeau *et al.* 2009, 2016 ; Martin *et al.* 2004). De plus, les travaux récents portant sur la nidification du Grand Pic, tant en forêt boréale qu'en forêt tempérée du sud du Québec, indiquent que cette essence est fortement sélectionnée partout au Québec (Bilodeau-Colbert, Cadieux et Drapeau, données non publiées). Dans le Sud du Québec, le Grand Pic sélectionne aussi différentes espèces de peupliers, dont le Peuplier deltoïde (*Populus deltoides*) et le Peuplier à grandes dents (*Populus grandidentata*), de même que trois autres essences, l'Érable à sucre (*Acer saccharum*), le Hêtre à grandes feuilles (*Fagus grandifolia*) et le Bouleau jaune (*Betula alleghaniensis*). Nous avons trouvé des nids de Grand Pic dans ces arbres lorsqu'ils atteignent de forts diamètres (> 35 cm) et qu'ils sont soit, affectés par un cœur pourri, soit qu'ils comportent des sections mortes de grand diamètre. Toutes ces essences d'arbres ont donc été utilisées pour analyser et classifier les strates du couvert forestier quant à leur potentiel à offrir des arbres de nidification au Grand Pic.

Pour ce faire, les placettes-échantillons temporaires (PET) du 5e décennal du MRNF ont été utilisées pour calculer une densité d'arbres de fort diamètre potentiellement adéquats à l'excavation de cavité de nidification par le Grand Pic. Pour chacune des 27,289 placettes du MRNF, nous avons calculé la densité des tiges à l'hectare des essences d'arbres énumérées plus haut pouvant supporter une cavité de nidification de Grand Pic pour les catégories de

diamètre suivantes (< 31 cm, >31 cm et > 35 cm). Nous avons de plus calculé les densités des tiges de composition autre que celles énumérées plus haut.

Nous avons ensuite associé les densités de tiges calculées aux caractéristiques des polygones écoforestiers déjà présentes dans les cartes écoforestières du 5e inventaire décennal. Les polygones forestiers des cartes écoforestières ont été regroupés en strates afin de mieux représenter les densités de tiges d'essences importantes. Ces strates écoforestières ont aussi été catégorisées selon la hauteur estimée du peuplement en trois catégories de hauteur, soit 12-17 m, 17-22 m et >22 m (voir Tableau 1.1).

Autour des 58 poteaux contenant ou non des cavités de nidification de Grand Pic, les peuplements forestiers ont été extraits à l'intérieur d'une surface circulaire de 900 m de rayon représentant l'équivalent du domaine vital d'un couple de Grands Pics estimé à 250 ha pour la forêt tempérée du Sud du Québec (Savignac *et al.* 2000) et correspondant à la valeur minimale du domaine vital de couples de Grands Pics mesurés par télémétrie satellitaire en forêt boréale mixte (Bilodeau-Colbert, données non publiées).

Nous avons ensuite calculé les superficies des peuplements associés aux différentes classes de qualité de l'habitat pour la nidification du Grand Pic en déterminant par un tableau croisé dynamique leur classe par association entre les densités de tiges des placettes d'inventaires forestiers du MRNF et les strates écoforestières des cartes écoforestières. Les classes vont de Très Faible à Forte qualité d'habitat de nidification pour le Grand Pic et sont issues du modèle de qualité d'habitat de nidification de Cadieux *et al.* (2023) (voir Tableau 1.2).

1.3.6 Analyses statistiques

Caractéristiques d'ouverture du couvert forestier vis-à-vis les cavités sur les arbres

Nous avons mesuré quantitativement le positionnement des cavités de nidification sur des arbres en forêt naturelle pour expliquer l'effet de l'ouverture du couvert forestier autour des arbres de nidification. Les ouvertures mesurées vis-à-vis les orifices des cavités étaient considérées comme utilisées pour la nidification, tandis que les mesures d'ouvertures prises sur un autre azimut autour des arbres étaient considérées comme non utilisées. Puisque plusieurs mesures ont été prises sur un même arbre, nous avons opté pour un test de T pour données appariées avec la distance entre l'arbre de nidification et le premier obstacle rencontré sur un azimut comme variable testée entre les deux types d'orientations, soit vis-à-vis la cavité de nidification et sur l'azimut opposé à la cavité de nidification.

Caractérisation de la végétation adjacente aux poteaux avec et sans cavité de nidification

Nous avons commencé par comparer les caractéristiques des poteaux de distribution d'électricité entre les deux types de secteurs pour stabiliser leurs effets dans l'analyse de la végétation adjacente. Nous avons utilisé le test de Shapiro-Wilk (Ostertagová *et al.* 2014) pour tester la normalité des données de DHP et d'âge des poteaux de distribution. Le test nous indiquait une normalité dans la distribution des données de DHP ($p = 0.8247$), nous avons donc utilisé un test de Student pour tester s'il y avait une différence significative de moyenne entre les secteurs comportant une cavité de nidification sur les poteaux de distribution d'électricité et les secteurs sans cavité de nidification. Pour l'âge des poteaux au moment de la caractérisation de la végétation adjacente, le test de Shapiro-Wilk ne nous permettait pas d'assumer une normalité dans la distribution des données ($p = 0.000001063$), nous avons donc

procédé au test non-paramétrique de Kruskal-Wallis (Ostertagová *et al.* 2014) pour vérifier s'il y avait une différence significative dans l'âge des poteaux des deux types de secteurs.

Après avoir regardé les caractéristiques des poteaux, nous avons voulu confirmer la présence du Grand Pic dans les deux secteurs avec les densités moyennes de traces d'alimentation trouvées dans les sites d'échantillonnage. Les densités ont été comparées à l'aide d'un modèle de régression linéaire logistique binomial (Boyce *et al.* 2002). Pour 2022, la valeur de densité utilisée est une moyenne du nombre de tiges d'alimentation rencontrées dans les dix placettes d'échantillonnage de 0.16 ha pour chaque poteau. En 2023, les densités ont été directement extraites du nombre de tiges portant une marque d'alimentation rencontrées le long des transects de 0.16 ha effectué à moins de 500 m de chacun des 58 poteaux échantillonnés.

À partir des données récoltées dans les placettes de caractérisation végétale de 2022, nous avons dépeint le profil des arbres utilisés pour l'alimentation du Grand Pic. Pour les différentes variables récoltées sur les arbres des placettes, soient le DHP, l'essence et la dégradation, nous avons comparé la disponibilité des ressources à leur utilisation en tant que substrat d'alimentation par le Grand Pic. Comme les valeurs de DHP sont continues, nous avons séparé cette variable en quatre classes (moins de 20 cm, de 20 à 30 cm, de 30 à 35 cm et plus de 35 cm). Nous avons utilisé un l'indice w (Manly *et al.* 2007) pour déterminer les caractéristiques des ressources sélectionnées par le Grand Pic, c'est-à-dire utilisées en plus grande proportion que leur disponibilité dans l'environnement. Une valeur de 1 indique une utilisation égale à la disponibilité, une valeur supérieure à 1 indique une sélection pour la ressource, et une valeur inférieure à 1 indique un évitement de la ressource.

Nous avons ensuite comparé les conditions de la végétation forestière adjacentes aux poteaux de distribution d'électricité dans les secteurs utilisés et non utilisés par le Grand Pic pour sa nidification. La disponibilité des arbres ayant un potentiel pour l'alimentation du Grand Pic a

été testée au moyen de la densité de tiges mortes de plus de 20 cm de DHP recensée dans les 58 secteurs adjacents aux poteaux de distribution avec et sans cavité de nidification de Grand Pic. En 2022, les densités de tiges mortes sont issues de la moyenne des dix parcelles de 0.16 ha autour de chaque poteau de distribution d'électricité. En 2023, les densités sont issues de la formule suivante : $\lambda = n^2 / ((2 \sum(r_i)) (\sqrt{2 \sum(t_i)}))$ (Silva *et al.* 2017). Comme les densités des deux années de récoltes de données résultent de méthodes différentes, nous avons regroupé les densités de tiges mortes en trois classes (D1 : < 25 tiges / ha, D2 : ≥ 25 et < 40 tiges / ha, D3 : ≥ 40 tiges / ha) en se basant sur les quantiles des deux années (2022 : 5.00, 21.25, 28.75, 40.00 ; 53,75 ; 2023 : 0.00, 23.59, 31.16, 58.52, 133.92). Nous avons ensuite utilisé un modèle de régression logistique binomiale pour évaluer la probabilité d'utilisation des poteaux électriques du Grand Pic pour sa nidification en fonction de la densité de tiges propices à son alimentation dans les peuplements adjacents aux poteaux.

Pour l'analyse de la composition forestière à l'échelle du domaine vital théorique de 250 ha, nous avons comparé les paysages forestiers entourant les poteaux électriques des deux types de secteurs à l'aide du logiciel QGIS Desktop 3.28.1. Nous avons extrait, en utilisant les cartes écoforestières du 5^e décennal (MRNF), les informations concernant les peuplements forestiers à l'intérieur d'un polygone circulaire de 250 ha centré sur chacun des 58 secteurs d'utilisation des poteaux. Nous avons premièrement voulu confirmer que les poteaux sélectionnés se trouvaient dans des paysages similaires, soit forestiers. Nous avons donc comparé les superficies occupées par des polygones forestiers à l'intérieur du 250 ha entourant chaque poteau. Puisque les données de superficie ne respectaient pas les conditions de normalité selon le test de Shapiro ($p = 0.000405$), nous avons utilisé le test non-paramétrique de Kruskal-Wallis pour comparer la variance des superficies forestières.

À partir des polygones de 250 ha centrés sur les poteaux de distribution d'électricité, nous avons extrait les superficies de chaque type de peuplement forestier du MRNF. Pour chacun des peuplements forestiers extraits, une classe du modèle de qualité d'habitat de nidification du Grand Pic développé par Cadieux (2017), allant de Très Faible à Fort, fut attribuée en fonction des densités projetées de tiges de nidification, basé sur l'essence, le DHP et la hauteur de celles-ci (voir Tableau 1.2). Les superficies totales de chaque classe de qualité d'habitat ont donc été comptabilisées pour chaque poteau à l'aide du logiciel Rstudio (version 4.2.1).

Comme les classes du modèle de qualité d'habitat de nidification de Cadieux et al. (2023) sont construites pour distinguer les peuplements en fonction de leur structure et leur potentiel à offrir des tiges de nidification au Grand Pic, nous avons voulu déterminer si l'utilisation des poteaux comme substrat de nidification était influencée par la variation de superficies occupées par les différentes classes de peuplements. Nous avons donc regroupé les catégories les plus faibles du modèle, soit les classes Très-Faible et Faible, pour tester si le besoin du Grand Pic en substrat de nidification qui le mène à utiliser les poteaux de distribution d'électricité se détecte par la superficie occupée par des peuplements à faible potentiel de nidification à l'échelle du domaine vital théorique au moyen d'une régression linéaire logistique binomiale. Nous avons fait de même en regroupant les superficies des catégories de meilleure qualité du modèle, soit Moyenne-Forte et Forte. Puisque nous suspicions que l'utilisation des poteaux pour la nidification du Grand Pic serait une réponse à la variation de superficie occupée par des peuplements ayant un fort potentiel de nidification, indirectement au nombre de tiges adéquates pour sa nidification, nous avons fait un troisième modèle de régression linéaire logistique avec les classes Moyenne, Moyenne-Forte et Forte pour identifier le seuil, parmi les habitats de meilleure qualité, ayant une influence sur l'utilisation des poteaux comme substrat de nidification. En regroupant les s en ces trois agencements logiques, nous avons pu faire une sélection de modèles basée sur l'AIC (Burnham et Anderson, 1998) pour déterminer les classes

du MQH ayant la plus grande influence sur l'utilisation des poteaux de distribution d'électricité pour la nidification du Grand Pic.

1.4 Résultats

1.4.1 Caractéristiques de l'ouverture face aux cavités de nidification sur les arbres

Le test de T pour données appariées indique qu'en forêt, le Grand Pic positionne l'orifice d'entrée de ses cavités de nidification en fonction des ouvertures disponibles autour du support sélectionné. Les cavités de nidification sont, de façon significative ($t(46) = 3.1817$, $p\text{-value} = 0.002623$), positionnées sur les azimuts offrant de plus grandes distances de dégagement végétal autour des arbres de nidification sélectionnés. En moyenne, la longueur horizontale entre la cavité de nidification et le premier obstacle était 10,48 m plus grande que la distance entre l'arbre de nidification et le premier obstacle sur l'azimut opposé à la cavité de nidification (voir figure 1.4). L'aire calculée avec la formule d'ellipse ($A = \pi TLW/4$) (Runkle, 1981), était également significativement différente entre l'azimut face à la cavité de nidification et l'azimut opposé, mais la longueur horizontale (L) était plus significative pour expliquer le positionnement de la cavité de nidification.

1.4.2 Caractéristiques des poteaux avec et sans cavité de nidification

Ce sont, au total, 98 excavations de nidification qui ont été trouvées sur 74 poteaux différents lors des deux années de terrain, ce qui représente 7,55 % des 980 poteaux inspectés ayant un haut potentiel d'utilisation pour la nidification de Grand Pic. Parmi ceux-ci, 64 excavations avaient l'apparence de cavités potentiellement complétées et 34 avaient l'apparence d'excavations de nidification incomplètes. En 2022 et en 2023, respectivement trois nichées actives en poteaux ont été suivies (2022 : Nomingue, Saint-Côme, Sainte-Émélie-de-l'Énergie ; 2023 : Nomingue, Saint-Côme, Saint-Émile-de-Suffolk). Pour les nids situés à

Nominingue et à Saint-Émile-de-Suffolk, la même cavité a été utilisée deux années consécutives. Pour le nid situé à Saint-Côme, le même poteau de distribution d'électricité a été utilisé les deux années, mais dans deux cavités différentes. Aucun autre témoignage de réutilisation de cavité de nidification dans les poteaux par le Grand Pic n'a été observé. Nous avons également pu identifier 36 poteaux ayant un DHP supérieur à 30 cm (moyenne de 37.0 cm, $sd = 3.44$) dans des zones exemptes de dommage de nidification par le Grand Pic. Parmi les 74 poteaux avec dommages et les 36 poteaux sans dommage, nous avons eu accès aux terrains de 15 poteaux avec cavité et de 14 poteaux sans dommage pour la caractérisation végétale en 2022. En 2023, nous avons eu accès aux terrains de 14 poteaux avec cavité et de 15 poteaux sans dommage pour la caractérisation végétale, pour un total de 58 poteaux sur les deux années. Les 29 poteaux avec excavations de nidification ont un DHP moyen de 36.16 cm ($sd = 4.64$) et les 29 poteaux sans dommage de nidification ont un DHP moyen de 37.02 cm ($sd = 3.44$). Un test de Student a confirmé qu'il n'y avait pas de différence significative ($t = 0.79575$, $df = 51.651$, $p = 0.4298$) dans les DHP des poteaux avec et sans cavité de nidification de Grand Pic (voir figure 1.5). Pour ce qui est de l'âge des poteaux au moment de la caractérisation végétale, ceux comportant une cavité de nidification avaient en moyenne 18.61 ans ($sd = 12.85$) et ceux ne comportant pas de cavité de nidification avaient en moyenne 12.25 ans ($sd = 5.58$). Un test de Kruskal-Wallis a confirmé qu'il n'y avait pas de différence significative dans l'âge médian de ces deux groupes de poteaux ($p = 0.173$) (voir Figure 1.6).

1.4.3 Traces d'alimentation et disponibilité des substrats alimentaires dans les forêts adjacentes aux poteaux avec et sans cavité de nidification

En 2022, après une première récolte de données exhaustives sur les arbres dans les parcelles de caractérisation végétale, nous avons noté les arbres comportant des marques d'alimentation du Grand Pic. Sur les 6100 arbres caractérisés, 617 traces d'alimentations ont été observées,

311 dans les zones sans dommage et 306 dans les zones avec dommage sur les poteaux. Nous avons utilisé la densité de traces d'alimentation sur les arbres dans les placettes de caractérisation végétale pour confirmer la présence du Grand Pic dans les secteurs avec des poteaux sans cavité, où nous n'avions pas accès à un indice de nidification sur les poteaux. Une régression binomiale n'a pas montré de différence significative ($p > 0.05$) dans la densité de traces d'alimentation entre les secteurs avec et sans cavité de nidification de Grand Pic.

À partir des 6100 arbres caractérisés, nous avons comparé les substrats disponibles et les substrats utilisés pour l'alimentation pour déterminer les caractéristiques sélectionnées (utilisées en plus grande proportion que sa disponibilité) (voir tableau 1.3). Pour les essences, le sapin baumier comportait le plus de traces d'alimentation (27 %), mais dans les mêmes proportions que sa disponibilité ($w = 0.99$). Les deux seules essences sélectionnées par le Grand Pic sont le Bouleau à papier ($w = 1.62$) et le Peuplier faux-tremble ($w = 1.68$). Pour le degré de dégradation, nous avons trouvé une sélection pour les tiges dans les classes de dégradation 6 ($w = 1.32$) et 7 ($w = 2.42$), soit les classes de dégradation les plus avancées. Pour le DHP, le Grand Pic a utilisé les tiges avec les plus gros diamètres. Nous avons observé un degré de sélection pour les tiges avec un DHP supérieur à 30 cm (30 à 35 cm, $w = 1.07$; plus de 35, $w = 1.65$).

Nous avons testé comment la densité de grosses tiges mortes (> 20 cm de DHP, classe de dégradation 5, 6, 7), une mesure de la disponibilité d'arbres propices à l'alimentation du Grand Pic (Bérubé-Beaulieu, 2023 ; Nappi *et al.* 2015), variait en fonction de l'utilisation des poteaux de distribution d'électricité par le Grand Pic comme support de nidification. Aucune différence significative ($p > 0.05$) n'a été observée dans la densité de grosses tiges mortes entre les secteurs autour des poteaux de distribution d'électricité avec et sans cavité de nidification de Grand Pic (voir tableau 1.4).

1.4.4 Qualité des peuplements forestiers pour la reproduction du Grand Pic à l'échelle du domaine vital

La quantité de forêts au sein des secteurs de 250 ha, correspondant au domaine vital d'un couple de Grands Pics, ne montrait pas de différence significative (test de Kruskal-Wallis, $p = 0.106$) entre les secteurs autour des poteaux avec et sans cavité de nidification. Les superficies forestières totales présentes variaient entre 70 % et 86 % (Figure 1.7).

À l'échelle du domaine vital théorique du Grand Pic, la qualité de l'habitat de nidification attribuée aux peuplements des cartes écoforestières du 5e inventaire décennal variait significativement entre les secteurs avec des poteaux porteurs de cavités et les secteurs sans cavité de nidification sur les poteaux (voir figure 1.8). La sélection de modèles par AIC a montré que la superficie occupée par les classes de qualité d'habitat de nidification Moyen-Fort et Fort était la plus adéquate pour expliquer l'utilisation des poteaux de distribution d'électricité pour la nidification du Grand Pic à l'échelle de 250 ha (voir tableau 1.5). Le modèle général linéaire logistique binomial exprime une relation significative ($p = 0.0375$) et négative entre la superficie totale des peuplements de qualité Moyen-Fort et Fort, et la probabilité d'utilisation des poteaux de distribution d'électricité pour leur nidification. Cette relation indique que les poteaux de distribution d'électricité dans les secteurs forestiers pouvant supporter une plus grande densité d'arbres potentiels de nidification pour le Grand Pic ont moins de chances d'être excavés par cette espèce (voir figure 1.9). L'examen des résidus de Pearson et des résidus standardisés montre la structure attendue pour une variable binaire, sans indication de points aberrants influençant substantiellement l'ajustement du modèle. Deux observations légèrement influentes ont été identifiées à l'aide de l'indice de Cook, mais leur retrait n'affecte pas significativement les coefficients, confirmant la robustesse du modèle. Le

ratio de dispersion de 1,03 indique également l'absence de sur dispersion significative, ce qui valide l'usage d'une régression logistique binomiale pour ces données.

1.5 Discussion

Au cours des dernières décennies, la région des Laurentides a connu une hausse de ses populations de Grand Pic et des autres picidés en forêt tempérée (Drapeau *et al.* 2019 ; Robert *et al.* 2019 ; Villard, 2019). En parallèle durant cette période, la région a connu un essor remarquable de sa population qui s'est accompagnée d'une hausse considérable pour la demande de services d'électricité et de télécommunications (Hydro-Québec, données inédites) et des dommages accrus faits par le Grand Pic sur les poteaux de bois sur les lignes de distribution d'électricité. Cette double conjoncture d'occupation du territoire des populations humaines et des populations de Grand Pic est liée à l'attrait exercé pour un environnement qui a connu une maturation récente de son couvert forestier, mais dont le legs de l'exploitation forestière de la fin du 19^e et du début du 20^e siècle renvoie à une mosaïque de peuplements forestiers qui n'ont pas encore une complexité structurale comparable aux peuplements des forêts âgées avec des densités plus élevées d'arbres vivants, sénescents et morts de fort diamètre, qui constituent les arbres préférés par le Grand Pic pour y excaver leur cavité de nidification (Cadieux *et al.* 2023).

Nos résultats concernant la disponibilité des substrats alimentaires pour le Grand Pic ne montrent pas de différence significative entre les secteurs adjacents aux poteaux avec et sans cavité de nidification. L'abondance des traces d'alimentation dénombrées sur les arbres et la densité de tiges mortes avec un DHP de plus de 20 cm, recensée au sein des forêts adjacentes aux poteaux avec et sans cavité, étaient similaires. Malgré une histoire de perturbation variable sur l'ensemble du territoire des Laurentides, les forêts offrent des substrats d'alimentation comparables dans les différentes zones, et ce, malgré le fait que certains peuplements viennent

d'atteindre le statut de forêt mature alors que d'autres ont été perturbés depuis beaucoup plus longtemps. Dans les forêts tempérées des Laurentides, le Grand Pic trouve donc des arbres sénescents et morts porteurs de ressources alimentaires (larves d'insectes saproxyliques et colonies de fourmis) sur un spectre plus étendu de stades de développement de la forêt que les stades de forêts matures et âgées qui sont souvent décrits dans la littérature comme meilleurs habitats d'alimentation (Bull et Jackson, 2020).

Dans l'ensemble des 58 sites échantillonnés de notre étude, les marques d'alimentation de Grand Pic détectées sur le terrain ont montré la plasticité de cette espèce dans l'utilisation des espèces d'arbres sur lesquelles il s'alimente, qui est similaire aux études de l'est de l'Amérique du Nord (Bérubé-Beaulieu, 2023 ; Bush *et al.* 2009 ; Flemming *et al.* 1999 ; Nappi *et al.* 2015). Les traces d'alimentation de Grand Pic se retrouvent tant sur les conifères et les feuillus avec une sélection pour les arbres morts de fort diamètre (> 30 cm) de Peupliers faux-trembles et de Bouleaux à papier. Bien qu'à l'instar d'autres études, nous observons une sélection chez le Grand Pic pour les tiges avec un DHP supérieur à 30 cm par rapport à leur disponibilité (Lemaitre et Villard, 2005 ; Nappi *et al.* 2015), la majorité des tiges ayant des excavations d'alimentation (70 %) ont un DHP inférieur à 30 cm. Ce résultat n'est pas surprenant, considérant que cette classe de diamètre est la plus abondante dans des forêts tempérées qui ont été coupées il y a un peu plus de 100 ans et qui ont récemment atteint une maturité. De plus, à l'instar de ce que Bérubé-Beaulieu (2023) a observé pour les forêts des territoires agricoles de l'Abitibi qui ont moins été perturbées il y a moins de 80 ans, les Grands Pics s'alimentent aussi sur les arbres sénescents et morts de plus faibles diamètres dans les forêts qui sont en processus de maturation du couvert forestier et qui fournissent un nombre réduit de gros arbres morts idéals pour son alimentation (Nappi *et al.* 2015). Nos résultats quant à la sélection de tiges mortes de Peupliers faux-trembles et de Bouleaux à papier comme substrats d'alimentation du Grand Pic dans les forêts des Laurentides viennent corroborer les

informations quant à la dynamique postcoupe de ces forêts de l'érablière à Bouleau jaune qui ont connu une forte régénération en Bouleaux et en peupliers (MRNF, 2006 ; Nolet *et al.* 2001). La sélection par le Grand Pic de ces espèces pionnières (Burns et Honkala, 1990) pour son alimentation, reflète le fait que ces arbres à croissance rapide dont la longévité est plus courte sont les premiers à mourir dans les forêts dont le stade de développement les rapproche de la maturité, ce qui les rend propices à la colonisation par les insectes xylophages et saproxyliques (Bérubé-Beaulieu, 2023 ; Dennis *et al.* 2017 ; Saint-Germain *et al.* 2004, 2007).

Contrairement aux travaux de Millar (1992) qui associent une probabilité accrue de dommages de nidification aux poteaux lorsque la forêt adjacente montre une disponibilité plus élevée de substrats alimentaires, nos résultats suggèrent plutôt une disponibilité uniforme des substrats alimentaires sur l'ensemble du territoire et que les secteurs adjacents aux poteaux sans cavités de nidification de Grand Pic peuvent autant subvenir à l'alimentation de l'espèce que les secteurs dans lesquels les poteaux portent des cavités de nidification. Par conséquent, bien que la disponibilité d'arbres d'alimentation soit un facteur important pour expliquer la sélection d'un territoire par un couple de Grands Pics (Antaya, 2019 ; Bérubé-Beaulieu, 2023 ; Gasse, 2007 ; Nappi *et al.* 2015), la probabilité qu'un poteau de distribution d'électricité de la région des Laurentides soit ou non excavé par un couple de Grands Pics renvoie prioritairement à la disponibilité des arbres propices à sa nidification de la forêt adjacente au réseau de poteaux de distribution d'électricité.

Nos résultats corroborent notre hypothèse voulant que la qualité de l'habitat de nidification mesuré par la disponibilité des arbres de fort diamètre (>31 cm de DHP) de certaines essences clés est le facteur déterminant dans l'utilisation des poteaux de distribution d'électricité par le Grand Pic dans les paysages forestiers des Laurentides. L'utilisation de ces poteaux pour sa

reproduction est donc principalement fonction d'une disponibilité réduite d'arbres propices à l'excavation de ses cavités de nidification dans la forêt adjacente.

Nos analyses appuient également notre prévision voulant qu'à l'échelle du domaine vital d'un couple de Grands Pics, la probabilité de dommages associés à sa nidification sur les poteaux de distribution d'électricité s'accroisse au fur et à mesure que la qualité de l'habitat de nidification du couvert forestier adjacent diminue. Le manque en arbres propices à la nidification du Grand Pic dans les forêts adjacentes aux lignes de distribution de poteaux électriques augmente donc significativement les probabilités d'utilisation de poteaux d'électricité lorsque leur diamètre correspond aux caractéristiques des arbres porteurs de nids en milieu naturel, soit à plus de 31 cm de DHP.

Dans notre modèle de qualité d'habitat de nidification du Grand Pic ajusté aux données écoforestières du MRNF (polygones forestiers et placettes d'inventaires de tiges), les regroupements de peuplements forestiers auxquels correspondent ces forêts à plus haut potentiel de nidification renvoient aux forêts feuillues ou mixtes de plus de 22 m hauteur avec une surface terrière composée à plus de 50 % en peupliers, avec de plus grandes densités de tiges de peupliers avec un DHP supérieur à 35 cm (classe Forte) et les peuplements feuillus avec une densité élevée de peupliers de DHP supérieur à 31 cm ou d'Érables à sucre, de Hêtres à grandes feuilles et de Bouleau jaune de DHP supérieur à 35 cm (classe Moyenne-Forte). Une diminution en deçà de 30 % du domaine vital de Grand Pic (250 ha) en superficies de ces deux catégories d'habitat de nidification signifie donc une raréfaction des tiges adéquates pour sa nidification et, en corolaire, à une probabilité accrue que les poteaux de distribution soient excavés.

Pour les régions dominées par un couvert forestier dense, notre étude met en évidence le rôle clé joué par le vieillissement du couvert forestier pour limiter les dommages sur des

infrastructures humaines, telles que les poteaux de bois de distribution d'électricité. Par la disponibilité accrue d'arbres ayant le potentiel d'être excavés par le Grand Pic pour sa reproduction dans les forêts âgées, nos résultats montrent que la probabilité qu'un couple de Grands Pics excave sa cavité de nidification dans un poteau diminue significativement par rapport à ce qui prévaut dans un environnement forestier constitué principalement de peuplements forestiers plus jeunes ou qui viennent d'atteindre leur maturité. Notre étude montre également que les probabilités de dommages liés à l'excavation de cavité de reproduction par le Grand Pic sur les poteaux de bois d'infrastructures de distribution d'électricité sont exacerbées quand les poteaux sur les nouvelles lignes de distribution d'électricité ont un diamètre plus élevé (> 35 cm de DHP), correspondant aux préférences de substrat de nidification en forêt. La double conjoncture d'une faible disponibilité d'arbres qui ont un potentiel pour la nidification du Grand Pic en forêt couplé à la mise en place d'une disponibilité accrue de substrats potentiels de nidification (poteaux de bois > 35 cm de DHP) sur les infrastructures de distribution d'électricité les expose donc à des dommages par le Grand Pic, qui utilise donc de façon opportuniste ces nouveaux substrats de nidification mis en place par le réseau de distribution d'électricité dans des environnements forestiers dont la disponibilité d'arbres de diamètres comparables est faible.

L'ajout de poteaux en bois de fort diamètre peut donc compenser le déficit en supports de nidification disponibles en milieu forestier adjacent et expliquer le nombre élevé de poteaux excavés par le Grand Pic dans une région forestière comme les Laurentides. Qui plus est, nos travaux en forêt montrent que le degré d'ouverture du couvert forestier autour des lignes de poteaux de distribution d'électricité n'est pas une contrainte pour qu'un Grand Pic sélectionne un poteau pour y excaver sa cavité de nidification, mais plutôt un attribut structural comparable à ce qui est recherché par cette espèce en milieu naturel, alors que nos analyses quantitatives des nids de Grand Pic sur les arbres en forêt montrent que l'ouverture des cavités est orientée

en fonction du dégagement latéral du couvert forestier. Cela corrobore l'hypothèse de Millar (1992) voulant que le degré d'ouverture des lignes de distribution s'apparente aux conditions d'ouverture des nids de Grand Pic en forêt.

Par ailleurs, nos suivis de nids actifs sur les poteaux de distribution d'électricité ont permis d'observer que les adultes se perchent systématiquement sur les poteaux électriques du nid, ou sur un perchoir à proximité, et vocalisent avant de se rendre au nid. Ce comportement pourrait correspondre à une stratégie antiprédation où l'ouverture permet à la fois de voir la cavité et ce qui l'entoure, ainsi qu'à communiquer avec les autres membres familiaux (Lawrence, 1967). Nous avons observé ce comportement lors de changements de garde parentale et lorsqu'un des adultes revenait nourrir les jeunes. Une étude se penchant plus spécifiquement sur cette question est en cours en forêt naturelle (Bilodeau-Colbert, données non publiées). Le fait que le Grand Pic positionne l'orifice d'entrées de ses cavités dans les ouvertures de la canopée en forêt constitue une clé supplémentaire pour comprendre sa sélection des poteaux électriques comme support de nidification.

1.6 Conclusion

Notre étude illustre l'importance du rôle du stade de développement des forêts au pourtour des infrastructures de distribution d'électricité dans la gestion des dommages causés par le Grand Pic sur ses poteaux de bois. La forêt des Laurentides étant principalement issue de la récolte forestière du siècle dernier, ses peuplements ont récemment atteint le stade mature. Sur une bonne partie du territoire, le couvert forestier n'a pas encore atteint une qualité qui soit en mesure d'offrir une densité suffisante de substrats de nidification adéquats au Grand Pic. Parallèlement à cette contrainte environnementale, le Grand Pic, par sa grande capacité d'adaptation (Bull et Holthausen, 1993 ; Melle *et al.* 1992 ; Renken et Wiggers, 1989 ; Tomasevic et Marzluff, 2018) utilise de façon opportuniste les poteaux de distribution

d'électricité de fort diamètre (> 35 cm de DHP) comme support de nidification lorsque la densité de supports disponibles en forêt diminue.

Une solution pour atténuer les dommages que cette utilisation engendre serait de moduler le diamètre des poteaux sur les nouvelles lignes de distribution en fonction des conditions forestières adjacentes rencontrées sur le territoire. Ainsi, une caractérisation préalable de la qualité de l'habitat pour la nidification du Grand Pic des forêts adjacentes aux lignes actuelles, de même qu'aux nouvelles de distribution, pourrait permettre aux gestionnaires d'infrastructures de distribution d'électricité de varier le diamètre des poteaux de façon à les rendre moins attrayants (réduction du DHP à 30 cm et moins), là où la disponibilité des arbres à potentiel de nidification est faible et de maintenir des poteaux de plus fort diamètre dans les secteurs où la forêt est de meilleure qualité pour la nidification du Grand Pic.

La même stratégie de gestion pourrait être appliquée dans les cas de remplacement de poteaux déjà utilisés pour la nidification. Nous avons observé à plusieurs reprises, des poteaux fraîchement installés pour remplacer un poteau endommagé par une cavité de nidification de Grand Pic, être presque immédiatement excavés. Pareille situation n'est pas surprenante, sachant que le Grand Pic est une espèce résidente à l'année qui est reconnue pour sa sédentarité alors qu'un couple peut occuper le même territoire sur plusieurs années et excaver chaque année une nouvelle cavité de nidification (Hoyt, 1957 ; Kilham, 1979 ; Bull et Jackson, 2011 ; Aubry et Raley, 2002). Le remplacement d'un poteau endommagé par un nouveau poteau à fort diamètre est donc très susceptible d'être également endommagé si on ne tient pas compte de la qualité de l'habitat forestier adjacent pour sa nidification.

De surcroît, cette étude indique qu'une gestion plus écosystémique (Gauthier *et al.* 2008) de la forêt adjacente aux infrastructures de distribution d'électricité qui est basée sur des pratiques d'aménagement forestier favorables au maintien sur le territoire d'une plus forte densité de

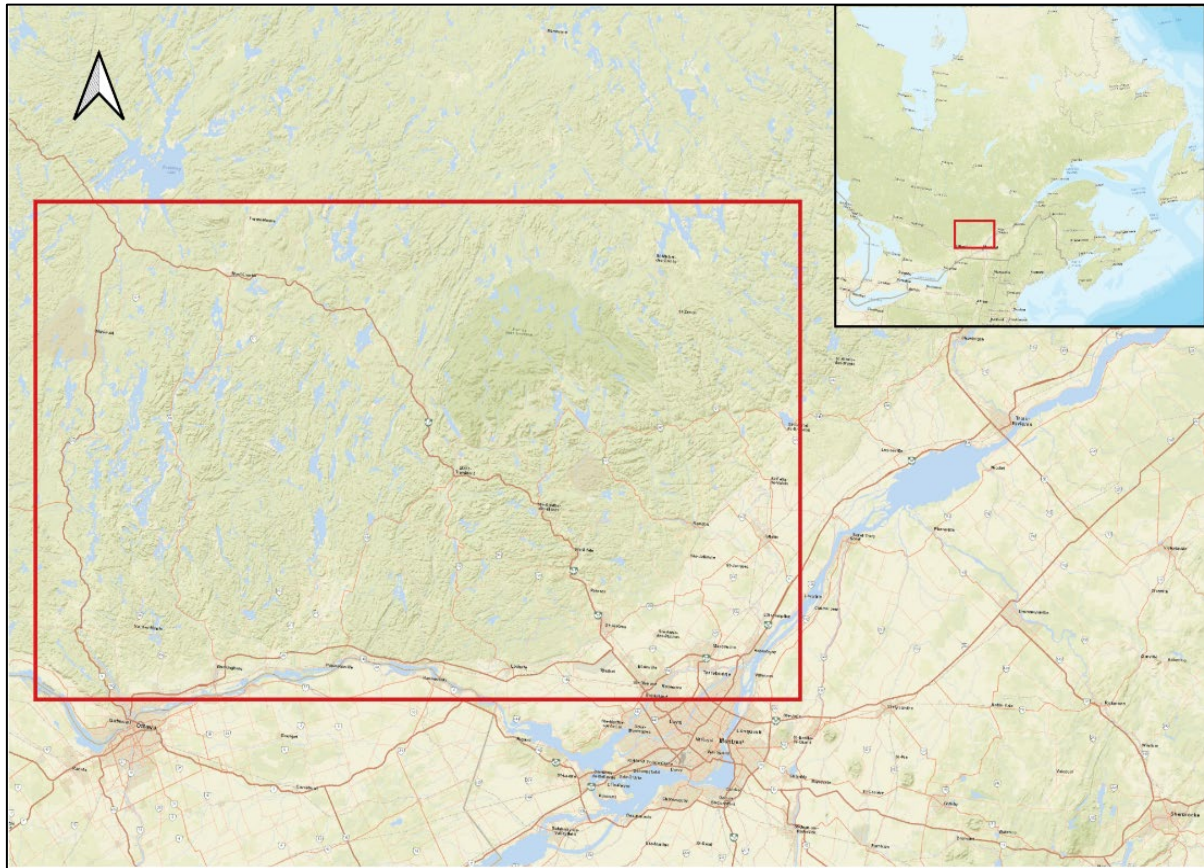
vieux arbres feuillus à fort diamètre pour la nidification du Grand Pic, une espèce clé de voute pour la diversité de la faune cavicole en forêt (Cadieux *et al.* 2023) pourrait également atténuer les dommages sur les infrastructures de distribution de services d'électricité. Plusieurs études insistent sur la nécessité de maintenir une structure forestière caractéristique des forêts âgées pour répondre aux besoins écologiques du Grand Pic (Hu et Tong, 2022 ; Mellen et Meslow, 1992 ; Renken et Wiggers, 1993 ; Cadieux *et al.* 2023, 2024). Un tel objectif pourrait être atteint en combinant certaines pratiques, telles qu'allonger le temps de rotation entre les récoltes et favoriser dans les coupes partielles, le maintien d'une plus forte densité d'arbres vétérans de fort diamètre. Cela pourrait permettre de maintenir des peuplements forestiers avec une structure interne inéquienne, en portant une attention particulière à conserver des tiges à différents stades de dégradation comme substrats d'alimentation et de larges feuillus, particulièrement le Peuplier faux-tremble, comme supports de nidification disponibles (Drever et Martin, 2009 ; Hammond et Theimer, 2020 ; Newell *et al.* 2009 ; Renken et Wiggers, 1993 ; Hu et Tong, 2022 ; Cadieux *et al.* 2023).

1.7 Remerciements

Nous remercions les équipes de terrains de 2022 et 2023 pour leur rigueur et leur dévouement dans ce projet. Nous remercions également le MNRF pour l'accès aux données numériques des cartes écoforestières des inventaires du 5^e décennal. Le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (subvention CRSNG Découverte # RGPIN-201907075 et subvention CRSNG Alliance # ALLRP 556491-20 octroyées à Drapeau), le Fonds de recherche du Québec - Nature et technologies du programme des regroupements stratégiques (#2020-RS4-265087) octroyées au Centre d'étude de la forêt (CEF) ont contribué au financement de ce projet. Merci également à Hydro-Québec tant pour leur soutien financier (subvention CRSNG Alliance ALLRP 556491-20) que leur partage de données sur les inspections de poteaux réalisées par leurs équipes de terrain.

1.8 Figures

a) Aire d'étude



b) Localisation des poteaux

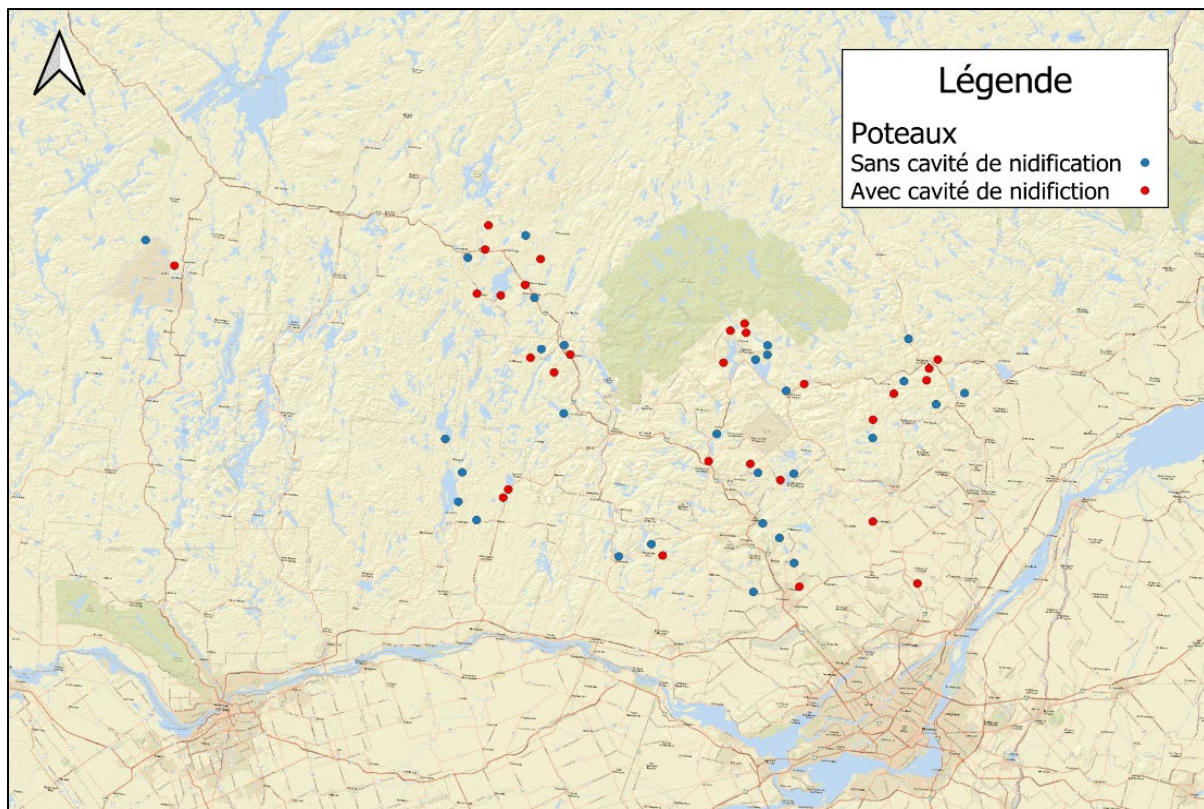


Figure 1.1 a) Aire d'étude dans la région des Laurentides, dans le domaine bioclimatique de l'érablière au bouleau jaune du Québec, Canada. b) Carte des 58 poteaux de distribution d'électricité sélectionnés pour la caractérisation végétale. Les points rouges représentent les poteaux comportant au minimum une cavité de nidification de Grand Pic, avec un haut degré de confiance sur la présence d'une chambre de nidification complétée. Les points bleus symbolisent des poteaux avec un diamètre à hauteur de poitrine supérieur à 30 cm, avec un traitement CCA-PA, se trouvant au centre d'une zone de 900 m de rayon exempte de tout dommage de nidification de Grand Pic sur les poteaux de distribution d'électricité.

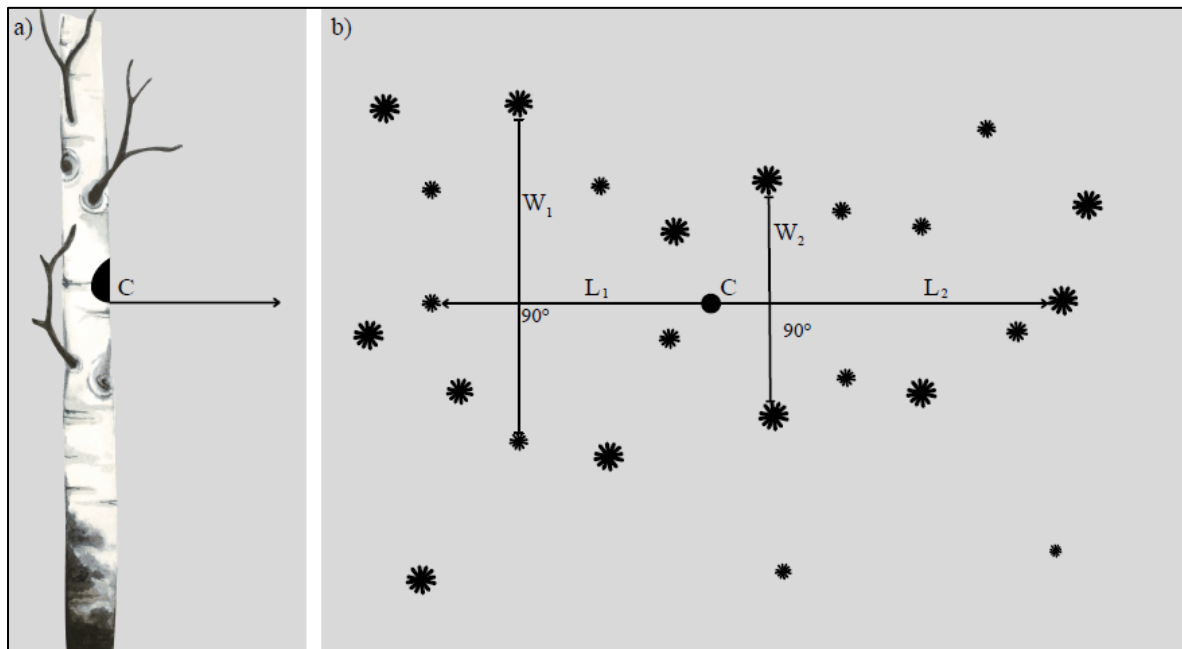


Figure 1.2 **a)** Les mesures d'ouverture sont toutes prises à hauteur de la cavité de nidification du Grand Pic. **b)** Exemple de mesures d'ouverture prises de part et d'autre d'un arbre contenant une cavité C de nidification de Grand Pic inspiré de Runckle (1981), où L_1 représente la distance entre la cavité et le premier obstacle, W_1 la plus grande distance entre deux arbres, perpendiculaire à la mesure L_1 . Les mesures L_2 et W_2 représentent les mêmes mesures, mais prises sur l'azimut opposé à la cavité de nidification.

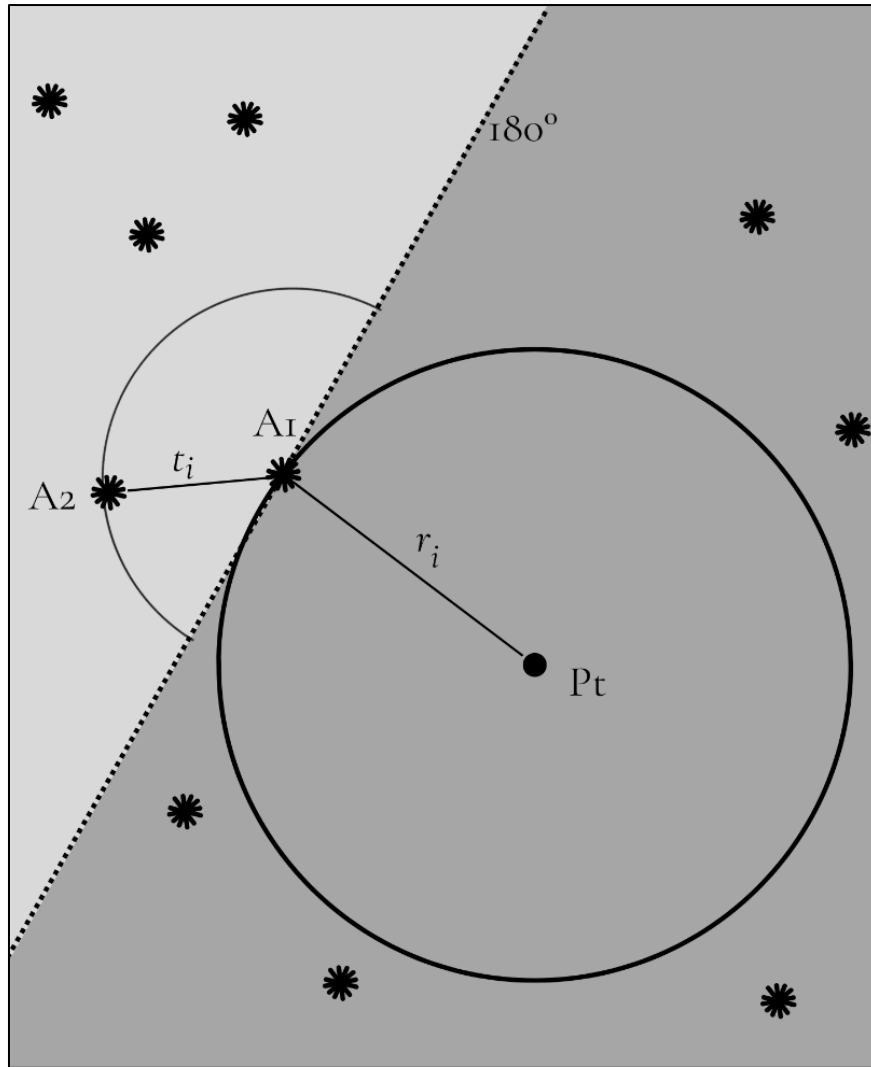


Figure 1.3 Exemple d'application de la méthode d'échantillonnage T-square de Silva et al. (2017) pour calculer la densité d'arbres morts de plus de 20 cm de DHP utilisée lors de la caractérisation végétale de 2023. P_t représente un des 10 points GPS placés à chaque 40 m le long d'un transect de 400 m. A_1 représente l'arbre mort le plus près de P_t et la distance entre ces deux points est r_i . La ligne pointillée délimite le secteur de recherche possible (gris clair) pour le deuxième arbre mort A_2 . La mesure entre A_1 et A_2 est identifiée par t_i . La mesure maximale pour r_i et t_i est respectivement de 20 m.

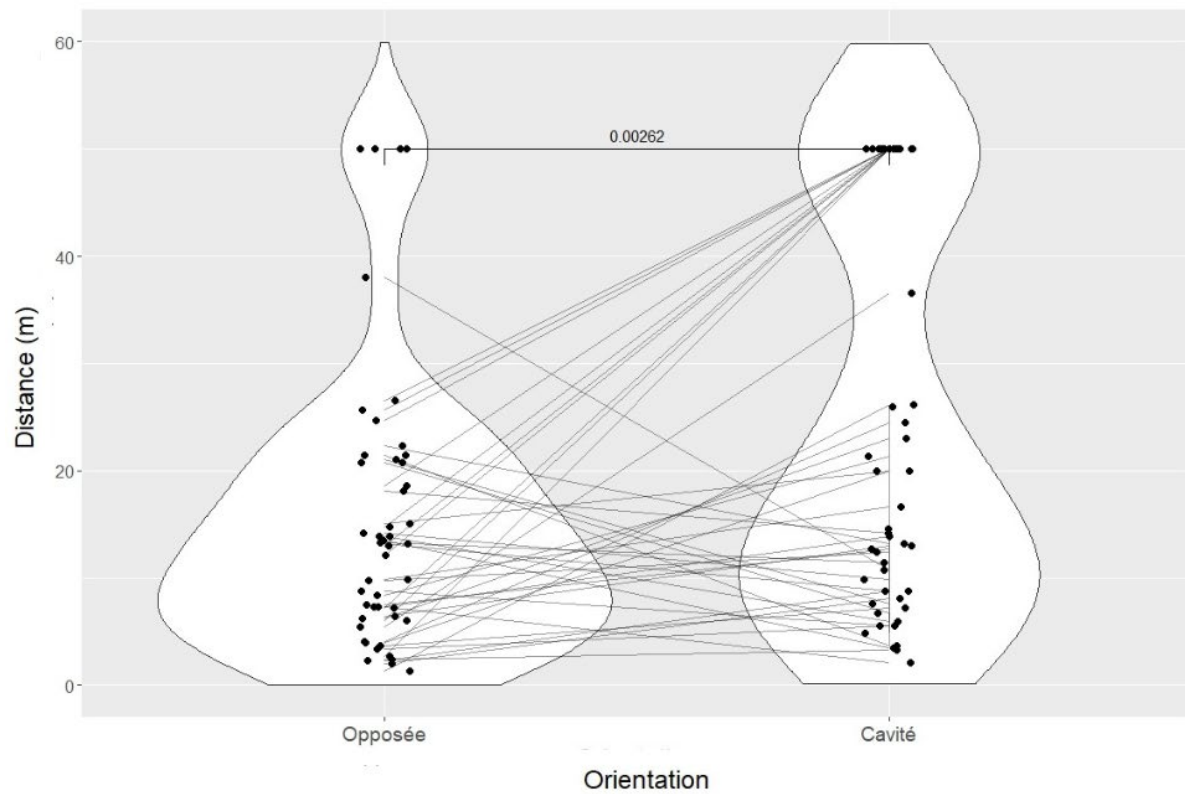


Figure 1.4 Distribution des longueurs horizontales en mètres des ouvertures végétales à hauteur de cavité orientées sur l'axe d'une cavité de nidification de Grand Pic (orientation : cavité) et sur l'azimut opposé à la cavité sur le même tronc (orientation : opposée) avec une longueur maximale de 50 mètres pour 47 arbres à cavité. Les mesures de longueurs d'ouvertures provenant d'un même arbre à cavité sont reliées par un trait entre les deux types d'orientations.

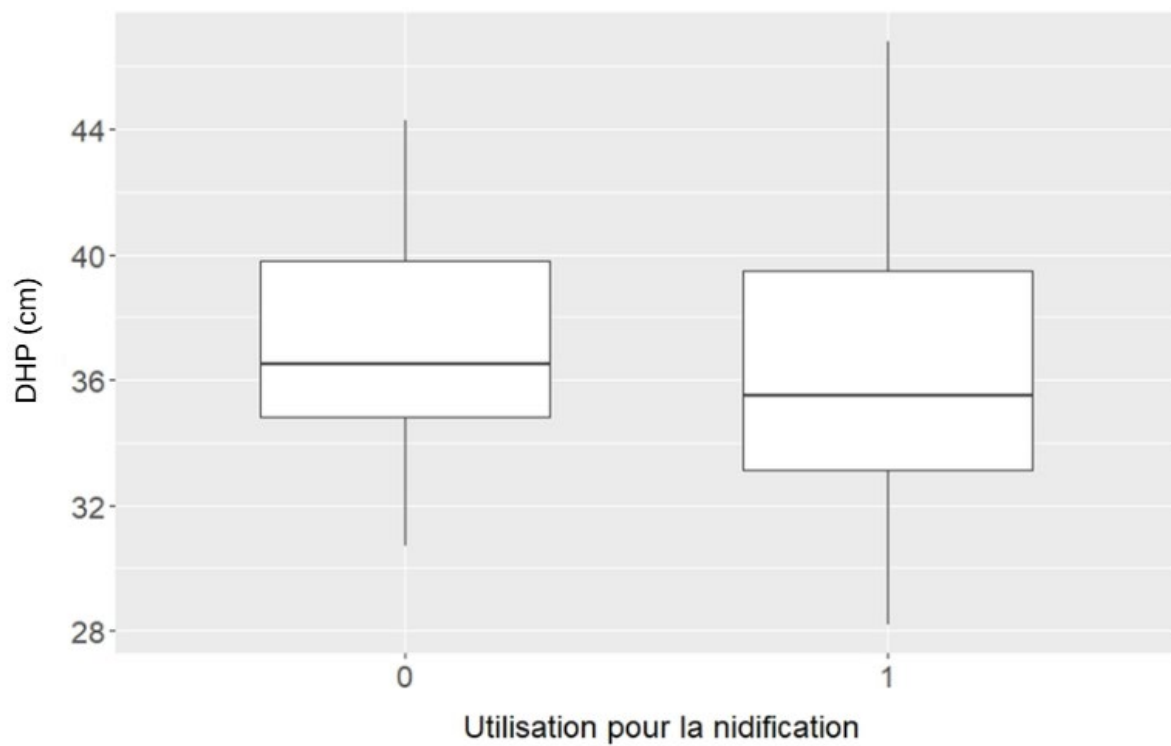


Figure 1.5 Diamètre à hauteur de poitrine des poteaux de distribution d'électricité dans les deux types de secteurs d'utilisation des poteaux comme support de nidification pour le Grand Pic (0 : sans cavité de nidification, 1 : avec cavité de nidification).

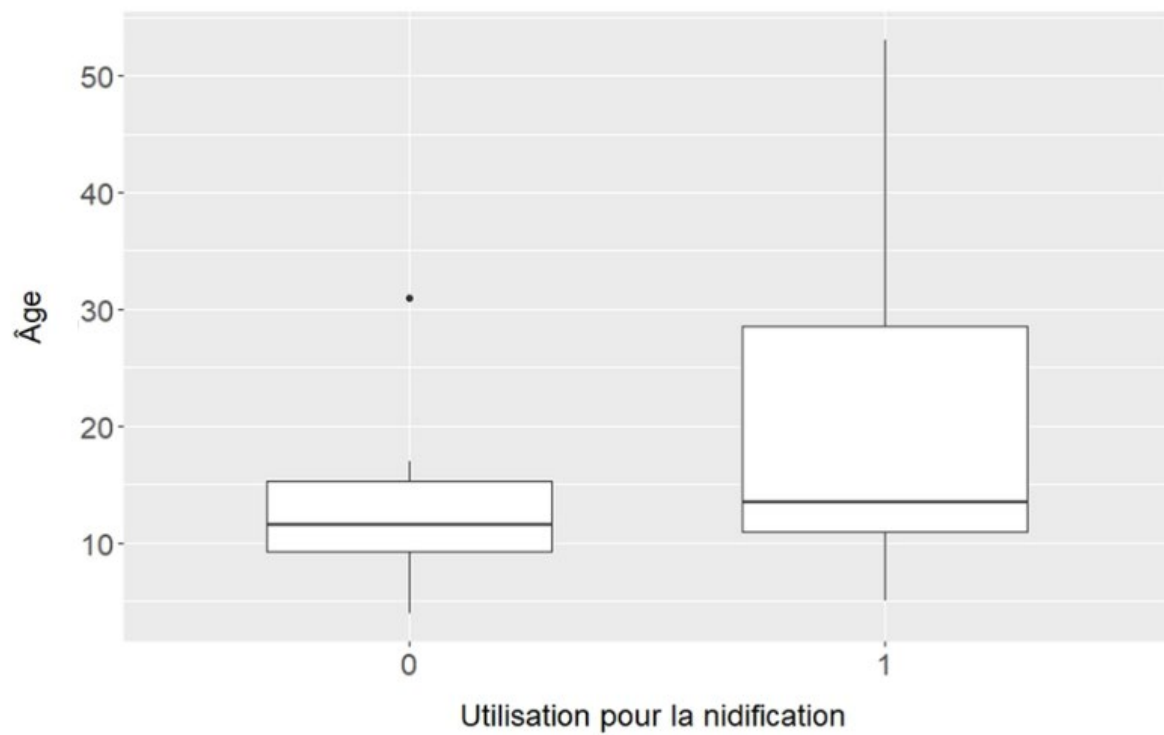


Figure 1.6 Âge des poteaux de distribution d'électricité au moment de la caractérisation végétale dans les deux types de secteurs d'utilisation des poteaux comme support de nidification pour le Grand Pic (0 : sans cavité de nidification, 1 : avec cavité de nidification).

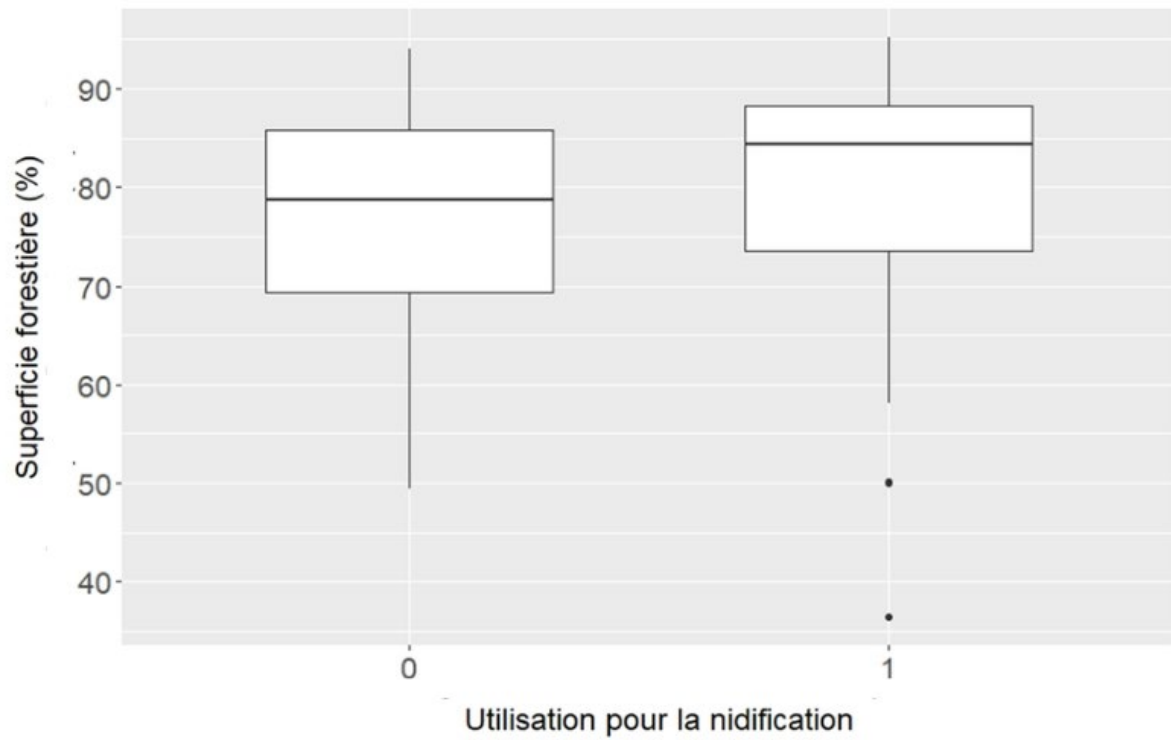


Figure 1.7 Superficie de forêt en pourcentage sur 250 ha autour des poteaux de distribution d'électricité dans les deux types de secteurs d'utilisation des poteaux comme support de nidification pour le Grand Pic (0 : sans cavité de nidification, 1 : avec cavité de nidification).

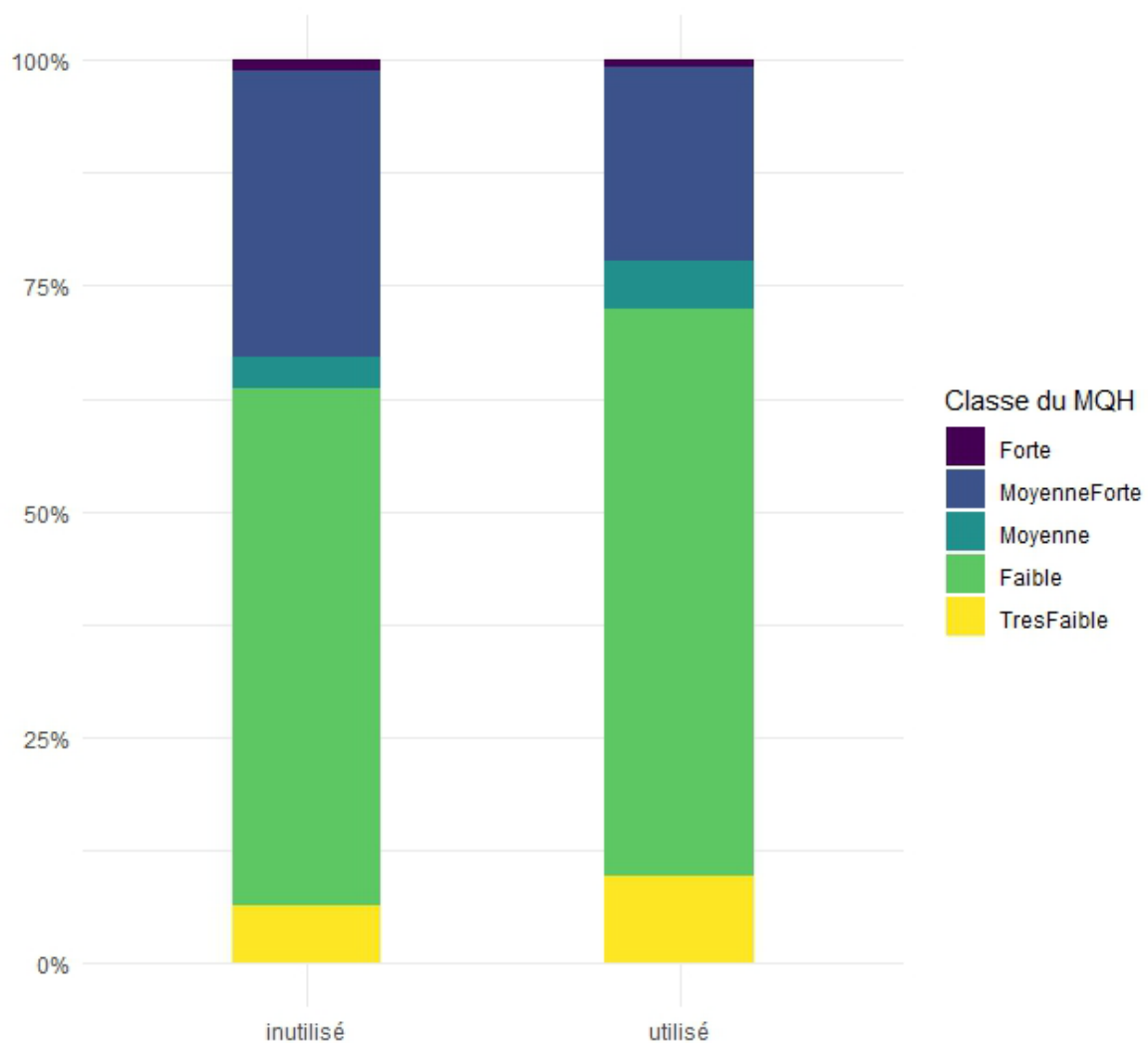


Figure 1.8 Proportion de la superficie moyenne des classes de MQH attribuée aux peuplements forestiers sur 250 ha autour des poteaux de distribution d'électricité à partir des cartes écoforestières du 5e décennal (MRNF).

1.9 Tableaux

Tableau 1.1 Description des strates cartographiques du MQH développé par Cadieux (2017).

Strates carte écoforestière 5e	Description
Peuplement résineux	Peuplement résineux
Autre_<12m	Peuplement <12m de hauteur ayant <50% de la surface terrière en peupliers, érable à sucre, hêtre à grande feuille ou bouleau jaune
M_Autre_12-17m	Peuplement mixte entre 12 et 17m de hauteur ayant <50% de la surface terrière en peupliers, érable à sucre, hêtre à grande feuille ou bouleau jaune
M_Autre_17-22m	Peuplement mixte entre 17 et 22m de hauteur ayant <50% de la surface terrière en peupliers, érable à sucre, hêtre à grande feuille ou bouleau jaune
M_Autre_>22m	Peuplement mixte >22m de hauteur ayant <50% de la surface terrière en peupliers, érable à sucre, hêtre à grande feuille ou bouleau jaune
F_Autre_12-17m	Peuplement feuillu entre 12 et 17m de hauteur ayant <50% de la surface terrière en peupliers, érable à sucre, hêtre à grande feuille ou bouleau jaune
F_Autre_17-22m	Peuplement feuillu entre 17 et 22m de hauteur ayant <50% de la surface terrière en peupliers, érable à sucre, hêtre à grande feuille ou bouleau jaune
F_Autre_>22m	Peuplement feuillu >22m de hauteur ayant <50% de la surface terrière en peupliers, érable à sucre, hêtre à grande feuille ou bouleau jaune
M_ES_HG_BJ_12-17m	Peuplement mixte entre 12 et 17m de hauteur ayant >50% de la surface terrière en érable à sucre, hêtre à grande feuille ou bouleau jaune
M_ES_HG_BJ_17-22m	Peuplement mixte entre 17 et 22m de hauteur ayant >50% de la surface terrière en érable à sucre, hêtre à grande feuille ou bouleau jaune
M_ES_HG_BJ_>22m	Peuplement mixte >22m de hauteur ayant >50% de la surface terrière en érable à sucre, hêtre à grande feuille ou bouleau jaune
F_ES_HG_BJ_12-17m	Peuplement feuillu entre 12 et 17m de hauteur ayant >50% de la surface terrière en érable à sucre, hêtre à grande feuille ou bouleau jaune
F_ES_HG_BJ_17-22m	Peuplement feuillu entre 17 et 22m de hauteur ayant >50% de la surface terrière en érable à sucre, hêtre à grande feuille ou bouleau jaune
F_ES_HG_BJ_>22m	Peuplement feuillu >22m de hauteur ayant >50% de la surface terrière en érable à sucre, hêtre à grande feuille ou bouleau jaune
M_PE_12-17m	Peuplement mixte entre 12 et 17m de hauteur ayant >50% de la surface terrière en peupliers
M_PE_17-22m	Peuplement mixte entre 17 et 22m de hauteur ayant >50% de la surface terrière en peupliers
M_PE_>22m	Peuplement mixte > 22m de hauteur ayant >50% de la surface terrière en peupliers
F_PE_12-17m	Peuplement feuillu entre 12 et 17m de hauteur ayant >50% de la surface terrière en peupliers
F_PE_17-22m	Peuplement feuillu de hauteur entre 12 et 17m ayant >50% de la surface terrière en peupliers
F_PE_>22m	Peuplement feuillu > 22m de hauteur ayant >50% de la surface terrière en peupliers

Tableau 1.2 Cote de qualité d'habitat en fonction des strates écoforestières et de la densité de tiges à l'hectare (tiges / ha) calculé pour les différents groupes d'essences et leur classe de DHP (cm) tiré du MQH développé par Cadieux (2017).

Strates carte écoforestière 5 ^e	Surface Terrière moyenne peuplement résineux	Surface terrière moyenne peuplement feuillu	Moyenne de densité Autre ^a <31cm (Tiges/ha)	Moyenne de densité Autre ^a >31cm (Tiges/ha)	Moyenne de densité Autre ^a >35cm (Tiges/ha)	Moyenne de densité PE ^a <31cm (Tiges/ha)	Moyenne de densité PE ^a >31cm (Tiges/ha)	Moyenne de densité PE ^a >35cm (Tiges/ha)	Moyenne de densité ER HG BJ ^a <31cm (Tiges/ha)	Moyenne de densité ER HG BJ ^a >31cm (Tiges/ha)	Moyenne de densité ER HG BJ ^a >35cm (Tiges/ha)	Nombre Placette (PET)	Cote de qualité de support de nidification
Peuplement résineux	24	3	1315	23	12	17	1	1	5	1	1	8660	Très Faible
F_PE_12-17m	6	15	642	9	4	519	6	3	24	2	1	264	Faible
Autre_<12m	12	7	1007	10	5	84	2	1	31	2	1	1685	Faible
M_Autre_12-17m	18	11	1220	30	16	43	3	2	32	6	4	4291	Faible
F_Autre_12-17m	8	17	961	17	8	89	4	2	118	11	7	848	Faible
M_Autre_17-22m	17	13	857	53	31	34	7	4	62	14	10	2495	Faible
F_Autre_17-22m	7	20	659	34	19	39	9	6	144	24	16	1483	Faible
M_ES_HG_BJ_12-17m	15	15	814	46	27	6	1	1	146	29	20	204	Moyenne
F_ES_HG_BJ_12-17m	6	19	590	18	10	21	3	2	276	34	21	280	Moyenne
M_ES_HG_BJ_17-22m	13	16	557	50	32	3	1	1	145	46	32	878	Moyenne
M_ES_HG_BJ_>22m	16	17	315	78	59	8	4	4	152	56	39	89	Moyenne
F_ES_HG_BJ_17-22m	4	21	284	21	13	5	2	1	277	67	46	2720	Moyenne à Forte
F_ES_HG_BJ_>22m	2	23	138	17	12	3	2	2	298	85	57	1052	Moyenne à Forte
M_Autre_>22m	19	13	566	83	61	27	14	10	83	15	10	337	Moyenne à Forte
M_PE_12-17m	13	12	940	14	7	287	10	5	9	1	1	225	Forte
F_PE_17-22m	8	20	734	14	6	342	22	11	39	3	2	469	Moyenne à Forte
F_Autre_>22m	5	24	456	44	26	30	20	15	172	29	19	312	Forte
M_PE_17-22m	15	16	899	23	12	195	31	18	14	2	1	320	Moyenne à Forte
M_PE_>22m	15	16	666	34	22	134	49	32	17	2	2	92	Forte
F_PE_>22m	8	25	611	21	11	199	74	45	55	3	2	342	Forte

a - PE – groupement d'essences de peupliers : peuplier faux-tremble, peuplier deltoïde, peuplier à grandes dents et peupliers non identifié ; ES – groupement d'essences d'érables : érables à sucre et érable non identifié ; HG – Hêtre à grandes feuilles ; BJ – Bouleau jaune ; Autre – groupement d'essences qui regroupe toutes autres essences que PE, ES, HG, BJ

Tableau 1.3 Répartition des caractéristiques des arbres (essence, DHP, détérioration) recensés dans les placettes de caractérisation végétale de 0.16 ha en fonction de leur disponibilité et de leur utilisation comme substrat d'alimentation par le Grand Pic. (Boj : Bouleau jaune, Bop ; Bouleau à papier, Epb : Épinette blanche, Epr : Épinette rouge, Err : Érable rouge, Ers : Érable à sucre, Pet : Peuplier faux-tremble, Pir : Pin rouge, Sab : Sapin baumier, Tho : Thuya occidental, autres : résidu des essences ne composant pas 90 % des occurrences, DHP_1 : < 20 cm, DHP_2 : ≥ 20 cm et < 30 cm, DHP_3 : ≥ 30 cm et < 35 cm, DHP_4 : ≥ 35 cm). Les classes de détérioration sont issues de la classification de Bergeron (1997). L'indice $w > 1$ représente une sélection pour la caractéristique.

Variable	Disponible	Utilisé	Prop.1 (%)	Prop.2 (%)	w
			(disponible / total disponible)	(utilisé / total utilisé)	(prop.1 / prop.2)
Essence					
Boj	195	22	3.55	3.56	1.00
Bop	652	128	12.79	20.75	1.62
Epb	150	16	2.72	2.59	0.95
Epr	402	13	6.08	2.11	0.31
Err	518	40	9.15	6.48	0.71
Ers	566	60	10.26	9.72	0.95
Pet	442	91	8.74	14.78	1.69
Pir	188	15	3.32	2.43	0.73
Sab	1506	168	27.44	27.23	0.99
Tho	310	27	5.52	4.38	0.79
autres	554	37	9.69	5.99	0.62
Classe de DHP					
DHP_1	1999	195	35.97	31.60	0.88
DHP_2	2553	275	46.63	44.57	0.96
DHP_3	495	60	9.09	9.72	1.07
DHP_4	35	87	8.56	14.10	1.64
Classe de détérioration					
DET_1-2	182	34	30.49	5.51	0.18
DET_3	699	11	11.64	1.78	0.15
DET_4	304	11	5.16	1.78	0.34
DET_5	658	55	11.69	8.91	0.76

DET_6	810	124	15.31	20.10	1.31
DET_7	1181	382	25.62	61.91	2.41

Tableau 1.4 Résumé de la régression logistique binomiale de l'utilisation des poteaux de distribution d'électricité comme substrat de nidification en fonction de la densité de tiges mortes avec un DHP supérieur à 20 cm dans les peuplements adjacents aux poteaux (D1 : <25 tiges / ha, D2 : ≥ 25 et <40 tiges / ha, D3 : ≥ 40 tiges /ha).

Variable	Estimate	Std err	z-value	P
Intercept	0.09531	0.43693	0.218	0.827
D2	0.12783	0.64491	0.198	0.843
D3	-0.63431	0.64583	-0.982	0.326

AIC : 83.264

Tableau 1.5 Sélection de modèles par comparaison d'AIC pour déterminer l'agencement des classes du MQH de Cadieux (2017) expliquant le mieux l'utilisation des poteaux de distribution d'électricité pour la nidification du Grand Pic en fonction de la superficie des peuplements occupée sur 250 ha (Nombre de variables du modèle (K) ; $\Delta_i = AIC_{c(i)} - \min AIC_c$).

Modèles	K	AIC c	Δ_i
MoyenFort-Fort	2	79.80	0.00
TrèsFaible-Faible	2	82.11	2.31
Moyen-MoyenFort-Fort	2	82.13	2.32

BIBLIOGRAPHIE

- Antaya, A. (2019). La Connectivité de l'Habitat du Grand Pic (*Dryocopus pileatus*) Favorise-t-elle son occupation dans un paysage agroforestier boréal? [Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Montréal].
- Aitken, K.E.H., Martin, K., 2007. The importance of excavators in hole-nesting communities: availability and use of natural tree holes in old mixed forests of western Canada. *J Ornithol* 148, 425–434. <https://doi.org/10.1007/s10336-007-0166-9>
- Angelstam, P., Mikusiński, G., 1994. Woodpecker assemblages in natural and managed boreal and hemiboreal forest—a review, in: *Annales Zoologici Fennici*. JSTOR, pp. 157–172.
- Aubry, K.B., Raley, C.M., 2002. The pileated woodpecker as a keystone habitat modifier in the Pacific Northwest. USDA Forest Service General Technical Report PSW-GTR-181 257–274.
- Bergeron, D., M. Darveau, A. Desrochers, 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. Service canadien de la faune, région du Québec, Environnement Canada, Sainte-Foy, Série de rapports techniques 271F
- Bergeron, Y., 2000. SPECIES AND STAND DYNAMICS IN THE MIXED WOODS OF QUEBEC'S SOUTHERN BOREAL FOREST. *Ecology* 81, 1500–1516. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2000\)081\[1500:SASDIT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2000)081[1500:SASDIT]2.0.CO;2)
- Blanc, L.A., Martin, K., 2012. Identifying suitable woodpecker nest trees using decay selection profiles in trembling aspen (*Populus tremuloides*). *Forest Ecology and Management* 286, 192–202.
- Bonar, R.L., 2001. Pileated Woodpecker habitat ecology in the Alberta foothills.
- Bonar, R.L., 2000. Availability of pileated woodpecker cavities and use by other species. *The Journal of wildlife management* 52–59.
- Bérubé-Beaulieu, E.-L P. 2023. Impact des perturbations anthropiques sur la sélection des habitats et la disponibilité des substrats pour l'alimentation du Grand Pic (*Dryocopus pileatus*). M. Sc. Thèse. Université du Québec à Montréal. Montréal.
- Bull, E. L. (1987). Ecology of the Pileated Woodpecker in Northeastern Oregon. *The Journal of Wildlife Management*, 51(2), 472–481. <https://doi.org/10.2307/3801036>
- Bull, E.L., Holthausen, R.S., 1993. Habitat use and management of pileated woodpeckers in northeastern Oregon. *The Journal of wildlife management* 335–345.
- Bull, E. L. and Jackson, J. A. 2011. Pileated Woodpecker : *Dryocopus pileatus*. American Ornithologists' Union ; Philadelphia, Pa
- Bull, E. L. and Peterson, S. R. (1986). Resource partitioning among woodpeckers in Northeastern Oregon. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.
- Burnham, K.P., Anderson, D.R., 1998. Practical Use of the Information-Theoretic Approach, in:

- Model Selection and Inference. Springer New York, New York, NY, pp. 75–117.
https://doi.org/10.1007/978-1-4757-2917-7_3
- Burns, R.M., Honkala, B.H., 1990. Silvics of North America. Volume 1. Conifers.
- Bush, P.G., Naylor, B.J., Duinker, P.N., 2009. Characteristics of habitat used by pileated woodpeckers in Great Lakes–St. Lawrence forest region of Ontario. *Lawrence forest region of Ontario. Prairie Perspectives* 12, 97–114.
- Cadieux, P. 2011. Dynamique de la faune cavicole le long d'un gradient d'âge en forêt boréale mixte de l'est de l'Amérique du Nord [Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Montréal].
- Cadieux, P. 2017. Diversité et fonction de la faune cavicole à la transition de la forêt boréale mixte et résineuse de l'est du Canada. PhD Thesis. Université du Québec à Montréal. Montréal. 196 p.
- Cadieux, P., Drapeau, P., Fouillet, A., Deschênes, R., 2024. Persistence, changes and robustness of nest webs along a latitudinal gradient in the Canadian boreal forest. *Frontiers in Ecology and Evolution* 12, 1392652.
- Cadieux, P., Drapeau, P., Ouellet-Lapointe, U., Leduc, A., Imbeau, L., Deschênes, R., Nappi, A., 2023. Old forest structural development drives complexity of nest webs in a naturally disturbed boreal mixedwood forest landscape. *Frontiers in Forests and Global Change* 6, 1084696.
- Conner, R.N., Adkisson, C.S., 1977. Principal component analysis of woodpecker nesting habitat. *The Wilson Bulletin* 89, 122–129.
- Conner, R.N., Hooper, R.G., Crawford, H.S., Mosby, H.S., 1975. Woodpecker nesting habitat in cut and uncut woodlands in Virginia. *The Journal of Wildlife Management* 144–150.
- Conner, R.N., Jones, S.D., Jones, G.D., 1994. Snag condition and woodpecker foraging ecology in a bottomland hardwood forest. *The Wilson Bulletin* 242–257.
- Cooke, H.A., Hannon, S.J., 2012. Nest-site selection by old boreal forest cavity excavators as a basis for structural retention guidelines in spatially-aggregated harvests. *Forest Ecology and Management* 269, 37–51.
- Daigle, O., 2013. The effect of woodpecker damage on the reliability of wood utility poles (Master's Thesis). University of Waterloo.
- de Lima, R.A.F., 2005. Gap size measurement: The proposal of a new field method. *Forest Ecology and Management* 214, 413–419. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.04.011>
- Dennis, J.V., 1964. Woodpecker damage to utility poles: with special reference to the role of territory and resonance. *Bird-banding* 35, 225–253.
- Dennis, R. W. J., Malcolm, J. R., Smith, S. M. and Bellocq, M. I. (2017). Response of saproxylic insect communities to logging history, tree species, stage of decay, and wood posture in the central Nearctic boreal forest. *Journal of Forestry Research*, 29(5), 1365-1377.
<https://doi.org/10.1007/s11676-017-0543-z>
- Drapeau, P. et Cadieux, P. 2016. Bois sénéscent et communautés de vertébrés cavicoles. Dans *Setting Naturalité des eaux et des forêts*, Vallauri, D., Chauvin, C, Brun, J.-J., Fuhr, M.,

- Sardat, N., André, J., Eynard-Machet, R., Rossi, M., DePalma, J.-P. (eds).. (p. 129-160b). Lavoisier, TEC & DOC.
- Drapeau, P., Villard, M. A., Leduc, A. et Hannon, S. J. 2016. Natural disturbance regimes as templates for the response of bird species assemblages to contemporary forest management. *Diversity and Distributions*, 22(4): 385-399.
- Drapeau, P., Leduc, A., Jobin, B., Imbeau, L., Desrochers, M., 2019. Changement d'habitat et de répartition des oiseaux nicheurs d'un atlas à l'autre. Robert, M., M.-H. Hachey, D. Lepage et AR Couturier (édit.). Deuxième atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional. Regroupement QuébecOiseaux, Service canadien de la faune (Environnement et Changement climatique Canada) et Études d'Oiseaux Canada, Montréal 35–55.
- Drapeau, P., Nappi, A., Imbeau, L., Saint-Germain, M., 2009. Standing deadwood for keystone bird species in the eastern boreal forest: Managing for snag dynamics. *The Forestry Chronicle* 85, 227–234. <https://doi.org/10.5558/tfc85227-2>
- Drever, M.C., Aitken, K.E., Norris, A.R., Martin, K., 2008. Woodpeckers as reliable indicators of bird richness, forest health and harvest. *Biological conservation* 141, 624–634.
- Drever, M.C., Martin, K., 2010. Response of woodpeckers to changes in forest health and harvest: Implications for conservation of avian biodiversity. *Forest ecology and management* 259, 958–966.
- Edworthy, A. B., Trzcinski, M. K., Cockle, K. L., Wiebe, K. L. et Martin, K. 2018. Tree cavity occupancy by nesting vertebrates across cavity age. *The Journal of Wildlife Management*, 82(3): 639-648.
- Edworthy, A.B., Martin, K., 2013. Persistence of tree cavities used by cavity-nesting vertebrates declines in harvested forests. *J Wildl Manag* 77, 770–776. <https://doi.org/10.1002/jwmg.526>
- Franklin, J.F., D. Lindenmayer, J.A., MacMahon, A. McKee, J. Magnuson, J., D.A. Perry, R. Waide and D. Foster. 2000. Threads of continuity. *Conserv. Biol. Pract.* 1: 9–16.
- Flemming, S.P., Holloway, G.L., Watts, E.J., Lawrance, P.S., 1999. Characteristics of foraging trees selected by pileated woodpeckers in New Brunswick. *The Journal of wildlife management* 461–469.
- Gasse, A. 2007. Importance des arbres de grande taille en forêt boréale mixte sur la distribution des oiseaux cavicoles ainsi que sur les patrons d'alimentation du Grand Pic [Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Montréal].
- Gauthier, J., Aubry, Y., 1995. Les oiseaux nicheurs du Québec: Atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional. Association québécoise des groupes d'ornithologues, Société québécoise de
- Gauthier, S., Vaillancourt, M. A., Leduc, A., Grandpré, L., Kneeshaw, D., Morin, H., Drapeau, P. et Bergeron, Y. 2008. Aménagement écosystémique en forêt boréale. Presses de l'Université du Québec, Québec, Canada. 604 p.
- Girona, M.M., Morin, H., Gauthier, S., Bergeron, Y., 2023. Boreal Forests in the Face of Climate Change: Sustainable Management. Springer Nature.
- Gosselin J., P. Grondin, J.-P. Saucier. 1999. Rapport de classification écologique du sous-domaine bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune de l'ouest. Ministère des Ressources

naturelles du Québec, Direction des inventaires forestiers.

- Gutzat, F., Dormann, C.F., 2018. Decaying trees improve nesting opportunities for cavity-nesting birds in temperate and boreal forests: A meta-analysis and implications for retention forestry. *Ecology and Evolution* 8, 8616–8626. <https://doi.org/10.1002/ece3.4245>
- Harness, R.E., Walters, E.L., 2005. Woodpeckers and utility pole damage. *IEEE Industry Applications Magazine* 11, 68–73.
- Hartwig, C.L., Eastman, D.S., Harestad, A.S., 2004. Characteristics of pileated woodpecker (*Dryocopus pileatus*) cavity trees and their patches on southeastern Vancouver Island, British Columbia, Canada. *Forest Ecology and Management* 187, 225–234.
- Hoyt, S.F., 1957. The ecology of the pileated woodpecker. *Ecology* 38, 246–256.
- Hu, R., Tong, S.T., 2022. The use of remotely sensed data to model habitat selections of pileated woodpeckers (*Dryocopus pileatus*) in fragmented landscapes. *Forest Ecology and Management* 521, 120433.
- Hunter, M.L., 1999. Maintaining biodiversity in forest ecosystems. Cambridge university press.
- Jackson, J.A., Jackson, B.J., 2004. Ecological relationships between fungi and woodpecker cavity sites. *The Condor* 106, 37–49.
- Kilham, L., 1971. Reproductive Behavior of Yellow-Bellied Sapsuckers I. Preference for Nesting in Fomes-Infected Aspens and Nest Hole Interrelations with Flying Squirrels, Raccoons, and Other Animals.
- Lafleur, P.-É. et Blanchette, P. 1993. Développement d'un indice de qualité de l'habitat pour le Grand Pic (*Dryocopus pileatus* L) au Québec. Gouvernement du Québec, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction générale de la ressource faunique, Gestion intégrée des ressources, document technique. 36 p.
- Lawrence, L. D. K, 1967. A Comparative Life-History Study of Four Species of Woodpeckers. *Ornithological Monographs* 1–156. <https://doi.org/10.2307/40166747>
- Lemaître, J., Villard, M.-A., 2005. Foraging patterns of pileated woodpeckers in a managed Acadian forest: a resource selection function. *Canadian journal of forest research* 35, 2387–2393.
- Manly, B.F.L., McDonald, L., Thomas, D.L., McDonald, T.L., Erickson, W.P., 2007. Resource selection by animals: statistical design and analysis for field studies. Springer Science & Business Media.
- Martin, K., Aitken, K.E., Wiebe, K.L., 2004. Nest sites and nest webs for cavity-nesting communities in interior British Columbia, Canada: nest characteristics and niche partitioning. *The condor* 106, 5–19.
- McAtee, W.L., 1911. Woodpeckers in relation to trees and wood products. US Department of Agriculture, Biological Survey.
- McClelland, B.R., 1979. The Pileated Woodpecker in forests of the northern Rocky Mountains. The role of insectivorous birds in forest ecosystems 283–299.
- McClelland, B.R., McClelland, P.T., 1999. Pileated woodpecker nest and roost trees in Montana:

- links with old-growth and forest" health". Wildlife Society Bulletin 846–857.
- Mikusiński, G., 2006. Woodpeckers: distribution, conservation, and research in a global perspective, in: *Annales Zoologici Fennici*. JSTOR, pp. 86–95.
- Mikusiński, G., Gromadzki, M., Chylarecki, P., 2001. Woodpeckers as Indicators of Forest Bird Diversity. *Conservation Biology* 15, 208–217. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2001.99236.x>
- Millar, B.R., 1992. An ecological assessment of the use of hydro utility poles for nesting by pileated woodpeckers in southeastern Manitoba.
- Morneau, F., Doucet, G.J., Lanoue, A., 2008. Assessment of damage on electric transmission wood poles caused by pileated woodpecker (*Dryocopus pileatus*), in: *Environment Concerns in Rights-of-Way Management 8th International Symposium*. Elsevier, pp. 365–369.
- Nappi, A., Drapeau, P., Leduc, A., 2015. How important is dead wood for woodpeckers foraging in eastern North American boreal forests? *Forest Ecology and Management* 346, 10–21.
- Nolet, P., Bouffard, D., Chagnon, J., Marois, R., Lachance, P., 2001. Institut Québécois d'Aménagement de la Forêt Feuillue.
- Ostertagová, E., Ostertag, O., Kováč, J., 2014. Methodology and Application of the Kruskal-Wallis Test. *AMM* 611, 115–120. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.611.115>
- Ouellet-Lapointe, U., Drapeau, P., Cadieux, P., Imbeau, L., 2012. Woodpecker excavations suitability for and occupancy by cavity users in the boreal mixedwood forest of eastern Canada. *Écoscience* 19, 391–397. <https://doi.org/10.2980/19-4-3582>
- Robert, M., M.-H. Hachey, D. Lepage et A. R. Couturier, 2019, Deuxième atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional. Regroupement QuébecOiseaux, Service canadien de la faune (Environnement et Changement climatique Canada) et Études d'Oiseaux Canada, Montréal.
- Runkle, J.R., 1981. Gap Regeneration in Some Old-growth Forests of the Eastern United States. *Ecology* 62, 1041–1051. <https://doi.org/10.2307/1937003>
- Savignac, C., Desrochers, A., Huot, J., 2000. Habitat use by pileated woodpeckers at two spatial scales in eastern Canada. *Canadian Journal of Zoology* 78, 219–225.
- Savignac, C., Machtans, C.S., 2006. Habitat requirements of the Yellow-bellied Sapsucker, *Sphyrapicus varius*, in boreal mixedwood forests of northwestern Canada. *Can. J. Zool.* 84, 1230–1239. <https://doi.org/10.1139/z06-112>
- Silva, L.B., Alves, M., Elias, R.B., Silva, L., 2017. Comparison of T -Square, Point Centered Quarter, and N -Tree Sampling Methods in *Pittosporum undulatum* Invaded Woodlands. *International Journal of Forestry Research* 2017, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2017/2818132>
- Steenhof, M., 2011. Effect of Woodpecker Damage and Wood Decay on Wood Utility Pole Strength (Master's Thesis). University of Waterloo.
- Thériault, J. 2006. Portrait Territorial : Laurentides. Ministère des Ressources Naturelles et des Faune. [Fichier PDF]. Disponible : w.mrnf.gouv.qc.ca/territoire/planification/planification-

- Tupper, S.K., Andelt, W.F., Cummings, J.L., Weisner, C., Harness, R.E., 2010a. Polyurea Elastomer Protects Utility Pole Crossarms From Damage by Pileated Woodpeckers. *J Wildl Manag* 74, 605–608. <https://doi.org/10.2193/2009-257>
- Tupper, S.K., Andelt, W.F., Cummings, J.L., Weisner, C., Harness, R.E., 2010b. Polyurea Elastomer Protects Utility Pole Crossarms From Damage by Pileated Woodpeckers. *J Wildl Manag* 74, 605–608. <https://doi.org/10.2193/2009-257>
- Tupper, S.K., Cummings, J.L., Andelt, W.F., Werner, S.J., Harness, R.E., 2011. Evaluation of Sonic Dissuader® to reduce damage by pileated woodpeckers. *Wildlife Society Bulletin* 35, 40–44. <https://doi.org/10.1002/wsb.7>
- Villard, M.-A., 2000. Reducing long-term effects of forest harvesting on indicator species of closed-canopy mature forests.
- Wiebe, K.L., 2011. Nest sites as limiting resources for cavity-nesting birds in mature forest ecosystems: a review of the evidence: *Nest Site Limitation in Cavity-Nesting Birds*. *Journal of Field Ornithology* 82, 239–248. <https://doi.org/10.1111/j.1557-9263.2011.00327.x>
- Wright, H.C., 2021. Distribution of woodpecker activity relative to wooden utility structure usage in the southeastern United States. Mississippi State University.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce mémoire permet de mieux comprendre ce qui amène le Grand Pic à excaver ses cavités de nidification dans les poteaux de distribution d'électricité. En forêt tempérée de feuillus, une diminution des arbres de nidification disponibles dans le paysage favorise l'utilisation des poteaux électriques comme support de nidification. Au Québec, le Grand Pic sélectionne principalement le Peuplier faux-tremble, l'Érable à sucre et le Hêtre à grandes feuilles pour excaver ses cavités (Cadieux, 2017). Nous avons observé qu'à l'échelle du domaine vital du Grand Pic, une réduction en deçà de 30 % des superficies des peuplements à potentiel élevé de nidification, projetant une plus grande densité de tiges à fort diamètre de ces essences clés, augmentait les probabilités d'utilisation des poteaux à fort diamètre. Malgré la présence, voire l'abondance, de ces essences dans le paysage, les peuplements composant la mosaïque forestière démontrent une altération forte de leur structure d'âge qui entraîne en une diminution de la disponibilité d'arbres matures essentiels à la nidification du Grand Pic (Cadieux *et al.* 2023). Cela exprime une rétention insuffisante d'arbres matures dans les peuplements aménagés et une rétention insuffisante de peuplements matures à l'échelle du paysage pour répondre adéquatement aux besoins du Grand Pic en substrats de nidification (Drapeau *et al.* 2009 ; Edworthy *et al.* 2013). La région des Laurentides fait partie des régions du Québec où la structure d'âge de la forêt est la plus altérée par rapport à la moyenne historique à cause de l'aménagement forestier (MFFP, 2020). En réponse à ce déficit en supports de nidification, le Grand Pic se rabat sur les poteaux électriques à fort diamètre, ajoutés dans le paysage pour permettre le développement de la villégiature. Pour minimiser les coûts de remplacement de poteaux dus aux excavations par les Grands Pics dans le futur, les compagnies de distribution d'électricité devraient réduire la taille des poteaux de remplacement en deçà de 30 cm de DHP ou envisager le remplacement des poteaux de bois par des poteaux en matériaux composites dans ces secteurs. Les excavations de Grands Pics sur les poteaux électriques nous informent

d'un potentiel manque d'arbres de fort diamètre dans les peuplements adjacents. Remplacer un poteau endommagé par le Grand Pic pour un poteau aux caractéristiques similaires favorise sa réutilisation rapide. De fait, le DHP des poteaux des nouvelles lignes de distribution d'électricité installés dans les peuplements forestiers adjacents à des poteaux comportant une cavité de nidification devrait être inférieur à 30 cm pour éviter qu'ils soient également utilisés comme support de nidification. Nous avons déterminé qu'en forêt, les orifices de cavité de nidification étaient orientés vers des ouvertures plus grandes dans la canopée et que cela constituait une information supplémentaire pour comprendre l'utilisation des poteaux de distribution. L'emprise suivant les lignes de distribution d'électricité offre une ouverture dans la canopée qui pourrait recréer les conditions sélectionnées en forêt pour le positionnement des cavités de nidifications sur les arbres.

L'utilisation des poteaux de distribution est donc en partie attribuable à leurs caractéristiques intrinsèquement adéquates pour la nidification du Grand Pic quand ceux-ci ont un DHP supérieur à 30 cm. Dans un bassin de supports adéquats pour la nidification du Grand Pic, les poteaux de distribution d'électricité au fort diamètre devraient être considérés comme étant disponibles et potentiellement excavés. La pression d'utilisation des poteaux sur un territoire est donc un reflet des supports naturellement disponibles. Dans une forêt non aménagée, les poteaux ne perdent pas tout attrait en ce qui concerne les supports de nidification, mais, comme le bassin de supports disponibles est généralement plus élevé, les probabilités de leur utilisation diminuent. En considérant l'utilisation opportuniste des poteaux électriques en tant que substrat de nidification, cette étude nous amène également à nous questionner sur l'effet de ce choix de substrat sur le succès reproducteur des Grands Pics y installant leur cavité de nidification. Une comparaison avec le succès reproducteur des couples nichant dans des arbres permettrait de déterminer si les poteaux électriques constituent une trappe écologique pour l'espèce. Puisque les poteaux de distribution d'électricité se trouvent dans des environnements très ouverts, bien

que ce soit une caractéristique sélectionnée pour les arbres de nidification, la prochaine étape pourrait être de comparer les pressions de prédation aux nids entre les substrats de nidification naturels et anthropiques. Cette question apporterait une compréhension encore plus poussée sur l'utilisation des poteaux électriques pour la nidification et nous éclairerait aussi sur les potentiels impacts que nous avons sur la population de Grands Pics en supplémentant l'environnement de supports potentiels de nidification. Sachant qu'il s'agit d'une espèce clé de voûte et qu'il fournit des cavités de nidification aux utilisateurs secondaires parmi les espèces cavicoles, il serait également pertinent de comparer le taux de réutilisation des cavités de nidification sur des arbres et sur des poteaux de distribution d'électricité pour déterminer si les cavités de nidifications sur les arbres et sur les poteaux ont une valeur écologique similaire. En d'autres mots, bien que le Grand Pic semble avoir une plasticité suffisante pour nicher dans les poteaux de distribution d'électricité, en est-il de même pour les espèces qui dépendent de ses cavités.

En plus de démontrer l'importance de conserver certaines caractéristiques des forêts matures présentes dans le paysage, telle qu'une diversité dans les stades de dégradation et des essences présentes, ainsi qu'une certaine densité d'arbres au DHP supérieur à 30 cm, notre étude vient préciser comment l'utilisation des poteaux de distribution d'électricité est symptomatique de l'état de nos forêts. En effet, les poteaux sont susceptibles d'être utilisés, car intrinsèquement comparables aux supports naturellement présents dans les forêts matures. Les poteaux à forts diamètres font donc partie du bassin de supports de nidification, et nous pensons que la pression d'utilisation du Grand pic (en nombre et en temps après l'installation) est un indicateur de l'altération des forêts matures, qui traduit une faible disponibilité de tiges adéquate à la nidification. La pression est plus forte dans un contexte forestier où les essences présentes atteignent difficilement un diamètre moyen supérieur à 45 cm (Gutzam et Dormann, 2018).

Aménager les forêts pour conserver des caractéristiques de forêts matures et âgées favorisant la disponibilité de support de nidification pour le Grand Pic est encore plus pertinent dans le contexte où les cavités de nidification du Grand Pic font maintenant partie de l'Annexe 2 du règlement des oiseaux migrateurs (ROM, 2022) du gouvernement du Canada. La protection des cavités de nidification du Grand Pic sur une période de 36 mois après son utilisation par une espèce d'oiseaux migratrice est un élément additionnel à gérer par les compagnies d'infrastructures de services publics telles qu'Hydro-Québec pour le maintien d'un réseau de distribution d'électricité efficace et sécuritaire. Maintenir suffisamment de superficies en forêts matures et âgées dans le paysage forestier permettrait de réduire les risques d'utilisation des poteaux par le Grand Pic et en corollaire les coûts de remplacement de poteaux de distribution d'électricité, mais également de maintenir en forêt la disponibilité d'arbres pouvant offrir à cette espèce sa capacité à excaver de grandes cavités de nidification qui puissent être disponibles aux utilisateurs secondaires en forêt plutôt que sur les poteaux de distribution d'infrastructures de services publics.

ANNEXE A

Tableau 1.1 Description des caractéristiques des différentes classes de dégradation des arbres vivants et du bois mort (Imbeau et Desrochers, 2002 ; Cadieux, 2017) adapté de Ouellet-Lapointe (2010).

Classe	Caractéristiques
1	Vivant et en santé, aucun signe de détérioration
2	En déclin, entre 95 % et 20 % du feuillage, avec signes de détériorations
3	Sénescent, < 20 % du feuillage
4	Mort récente, avec branches principales, non tronqué
5	Mort, absence complète de feuillage, absence de petites branches, non tronqué
6	Poteau avec plus de 50 % de sa hauteur
7	Poteau avec moins de 50 % de sa hauteur, mais plus de 2 mètres
8	Moins de deux mètres, très dégradé

BIBLIOGRAPHIE GÉNÉRALE

- Aitken, K.E., Martin, K., 2004. Nest cavity availability and selection in aspenconifer groves in a grassland landscape. *Can. J. For. Res.* 34, 2099–2109. <https://doi.org/10.1139/x04-086>
- Aitken, K.E.H., Martin, K., 2012. Experimental test of nest-site limitation in mature mixed forests of central British Columbia, Canada. *J Wildl Manag* 76, 557–565. <https://doi.org/10.1002/jwmg.286>
- Aitken, K.E.H., Martin, K., 2007. The importance of excavators in hole-nesting communities: availability and use of natural tree holes in old mixed forests of western Canada. *J Ornithol* 148, 425–434. <https://doi.org/10.1007/s10336-007-0166-9>
- Aitken, K.E.H., Wiebe, K.L., Martin, K., 2002. Nest-site reuse patterns for a cavity-nesting bird community in interior British Columbia. *The Auk* 119, 391–402.
- Aubry, K.B., Raley, C.M., 2002. The pileated woodpecker as a keystone habitat modifier in the Pacific Northwest. USDA Forest Service General Technical Report PSW-GTR-181 257–274.
- Basham, J.T., 1958. Decay of trembling aspen. *Canadian Journal of Botany* 36, 491–505.
- Battin, J., Lawler, J.J., 2006. Cross-scale Correlations and the Design and Analysis of Avian Habitat Selection Studies. *The Condor* 108, 59–70. <https://doi.org/10.1093/condor/108.1.59>
- Baz, A., Murphy, M.T., 2023. Woodpeckers in the city: Abundances are highest in large green spaces with complex understories. *Ornithological Applications* 125, duad013.
- Beal, F.E.L., 1911. Food of the woodpeckers of the United States. US Department of Agriculture, Biological Survey.
- Beckwith, R.C., Bull, E.L., 1985. Scat analysis of the arthropod component of pileated woodpecker diet. *The Murrelet* 66, 90–92.
- Bergeron, D., M. Darveau, A. Desrochers, 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. Service canadien de la faune, région du Québec, Environnement Canada, Sainte-Foy, Série de rapports techniques 271F
- Bevanger, K., 1997. Woodpeckers, a nuisance to energy companies. *FAUNA NORVEGICA SERIA C CINCLUS* 20, 81–92.
- Blake, D.M., 2018. Foraging habitat of pileated woodpeckers in relation to a managed landscape on the Hoopa Valley reservation, Northwestern California.
- Blanc, L.A., Martin, K., 2012. Identifying suitable woodpecker nest trees using decay selection profiles in trembling aspen (*Populus tremuloides*). *Forest Ecology and Management* 286, 192–202.
- Bonar, R.L., 2001. Pileated Woodpecker habitat ecology in the Alberta foothills.
- Bonar, R.L., 2000. Availability of pileated woodpecker cavities and use by other species. *The Journal of wildlife management* 52–59.

- Bérubé-Beaulieu, E.-L. P. 2023. Impact des perturbations anthropiques sur la sélection des habitats et la disponibilité des substrats pour l'alimentation du Grand Pic (*Dryocopus pileatus*). M. Sc. Thèse. Université du Québec à Montréal. Montréal.
- Bull, E.L., Beckwith, R.C., Holthausen, R.S., 1992a. Arthropod diet of pileated woodpeckers in northeastern Oregon. *Northwestern Naturalist* 42–45.
- Bull, E.L., Holthausen, R.S., 1993. Habitat use and management of pileated woodpeckers in northeastern Oregon. *The Journal of wildlife management* 335–345.
- Bull, E.L., Holthausen, R.S., Henjum, M.G., 1992b. Roost trees used by pileated woodpeckers in northeastern Oregon. *The Journal of wildlife management* 786–793.
- Bull, E.L., Meslow, E.C., 1977. Habitat requirements of the pileated woodpecker in northeastern Oregon. *Journal of Forestry* 75, 335–337.
- Burnham, K.P., Anderson, D.R., 1998. Practical Use of the Information-Theoretic Approach, in: *Model Selection and Inference*. Springer New York, New York, NY, pp. 75–117. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-2917-7_3
- Bush, P.G., Naylor, B.J., Duinker, P.N., 2009. Characteristics of habitat used by pileated woodpeckers in Great Lakes–St. Lawrence forest region of Ontario. *Lawrence forest region of Ontario. Prairie Perspectives* 12, 97–114.
- Cadieux, P., Drapeau, P., 2017. Are old boreal forests a safe bet for the conservation of the avifauna associated with decayed wood in eastern Canada? *Forest Ecology and Management* 385, 127–139.
- Cadieux, P., Drapeau, P., Fouillet, A., Deschênes, R., 2024. Persistence, changes and robustness of nest webs along a latitudinal gradient in the Canadian boreal forest. *Frontiers in Ecology and Evolution* 12, 1392652.
- Cadieux, P., Drapeau, P., Ouellet-Lapointe, U., Leduc, A., Imbeau, L., Deschênes, R., Nappi, A., 2023. Old forest structural development drives complexity of nest webs in a naturally disturbed boreal mixedwood forest landscape. *Frontiers in Forests and Global Change* 6, 1084696.
- Cline, S.P., Berg, A.B., Wight, H.M., 1980. Snag characteristics and dynamics in Douglas-fir forests, western Oregon. *The Journal of Wildlife Management* 773–786.
- Conner, R.N., 1975. Orientation of entrances to woodpecker nest cavities. *The Auk* 92, 371–374.
- Conner, R.N., Adkisson, C.S., 1977. Principal component analysis of woodpecker nesting habitat. *The Wilson Bulletin* 89, 122–129.
- Conner, R.N., Hooper, R.G., Crawford, H.S., Mosby, H.S., 1975. Woodpecker nesting habitat in cut and uncut woodlands in Virginia. *The Journal of Wildlife Management* 144–150.
- Conner, R.N., Jones, S.D., Jones, G.D., 1994. Snag condition and woodpecker foraging ecology in a bottomland hardwood forest. *The Wilson Bulletin* 242–257.
- Conner, R.N., Miller Jr, O.K., Adkisson, C.S., 1976. Woodpecker dependence on trees infected by fungal heart rots. *The Wilson Bulletin* 575–581.
- Cooke, H., Hannon, S., Song, S., 2010. Conserving old forest cavity users in aggregated harvests

- with structural retention.
- Cooke, H.A., Hannon, S.J., 2012. Nest-site selection by old boreal forest cavity excavators as a basis for structural retention guidelines in spatially-aggregated harvests. *Forest Ecology and Management* 269, 37–51.
- Crabb, E.D., 1930. The Woodpeckers of Oklahoma. *Publications of the Oklahoma Biological Survey* 2.
- Daigle, O., 2013. The effect of woodpecker damage on the reliability of wood utility poles (Master's Thesis). University of Waterloo.
- Davis Jr, W.E., 2023. About the Cover: Pileated Woodpecker. *Bird Observer* 25, 11.
- De Kiriline Lawrence, L., 1967. A Comparative Life-History Study of Four Species of Woodpeckers. *Ornithological Monographs* 1–156. <https://doi.org/10.2307/40166747>
- de Lima, R.A.F., 2005. Gap size measurement: The proposal of a new field method. *Forest Ecology and Management* 214, 413–419. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.04.011>
- Dennis, J.V., 1964. Woodpecker damage to utility poles: with special reference to the role of territory and resonance. *Bird-banding* 35, 225–253.
- Drever, M.C., Aitken, K.E., Norris, A.R., Martin, K., 2008. Woodpeckers as reliable indicators of bird richness, forest health and harvest. *Biological conservation* 141, 624–634.
- Drever, M.C., Martin, K., 2010. Response of woodpeckers to changes in forest health and harvest: Implications for conservation of avian biodiversity. *Forest ecology and management* 259, 958–966.
- Cadieux, P. 2011. Dynamique de la faune cavicole le long d'un gradient d'âge en forêt boréale mixte de l'est de l'Amérique du Nord. M. Sc. Thèse. Université du Québec à Montréal. Montréal. 85 p.
- Dudley, N., Schlaepfer, R., Jackson, W., Jeanrenaud, J.-P., Stolton, S., 2012. *Forest quality: Assessing forests at a landscape scale*. Routledge.
- Ersine, A.J., 2008. Pileated Woodpeckers, *Dryocopus pileatus*, foraging in suburban habitats in New Brunswick. *The Canadian Field-Naturalist* 122, 226–229.
- Evans, K.E., Conner, R.N., 1979. Snag management, in: RM DeGraaf and KE Evans, Compilers. *Proceedings of the Workshop Management of North Central and Northeastern Forests for Nongame Birds*. United States Department of Agriculture Forest Service General Technical Report NC-51. pp. 214–225.
- Flemming, S.P., Holloway, G.L., Watts, E.J., Lawrance, P.S., 1999. Characteristics of foraging trees selected by pileated woodpeckers in New Brunswick. *The Journal of wildlife management* 461–469.
- Fox, J., Weisberg, S., Adler, D., Bates, D., Baud-Bovy, G., Ellison, S., Firth, D., Friendly, M., Gorjanc, G., Graves, S., 2012. Package ‘car.’ Vienna: R Foundation for Statistical Computing 16.
- Frakes, A., n.d. Characteristics of Pileated Woodpecker (*Dryocopus pileatus*) Cavity Trees in Edge Habitat of a Northern Mixed Conifer-Hardwood Forest.

- Frings, H., Frings, M., 1963. Pest control with sound. Part II. The problem with vertebrates. *Sound: Its Uses and Control* 2, 39–45.
- Gauthier, J., Aubry, Y., 1995. Les oiseaux nicheurs du Québec: Atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional. Association québécoise des groupes d'ornithologues, Société québécoise de
- Goodburn, J.M., Lorimer, C.G., 1998. Cavity trees and coarse woody debris in old-growth and managed northern hardwood forests in Wisconsin and Michigan. *Can. J. For. Res.* 28, 427–438. <https://doi.org/10.1139/x98-014>
- Gosselin, J., 1998. Programme de connaissance des écosystèmes forestiers du Québec méridional - Rapport de classification écologique. Érablière à bouleau jaune de l'est / classification et rédaction - Jocelyn Gosselin [...]. Québec, Québec.
- Gosselin, J., Grondin, P., Saucier, J.P., 1998. Rapport de classification écologique du sous-domaine bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune de l'est. Ministère des Ressources naturelles du Québec, Direction de la gestion des stocks forestiers.
- Gutzwiller, K.J., Anderson, S.H. 1987. Multiscale associations between cavity-nesting birds and features of Wyoming streamside woodlands. *The Condor* 89, 534–548.
- Gutzat, F., Dormann, C.F., 2018. Decaying trees improve nesting opportunities for cavity-nesting birds in temperate and boreal forests: A meta-analysis and implications for retention forestry. *Ecology and Evolution* 8, 8616–8626. <https://doi.org/10.1002/ece3.4245>
- Hammond, R.L., Theimer, T.C., 2020. A review of tree-scale foraging ecology of insectivorous bark-foraging woodpeckers in North America. *Forest Ecology and Management* 478, 118516.
- Harestad, A.S., Keisker, D.G., 1989. Nest tree use by primary cavity-nesting birds in south central British Columbia. *Can. J. Zool.* 67, 1067–1073. <https://doi.org/10.1139/z89-148>
- Harness, R.E., Walters, E.L., 2005. Woodpeckers and utility pole damage. *IEEE Industry Applications Magazine* 11, 68–73.
- Harris, R.D., 1983. Decay Characteristics of Pileated Woodpecker Nest Trees¹, in: *Snag Habitat Management: Proceedings of the Symposium, June 7-9, 1983, Northern Arizona University, Flagstaff. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Forest Service, US ...*, p. 125.
- Hartwig, C.L., Eastman, D.S., Harestad, A.S., 2004. Characteristics of pileated woodpecker (*Dryocopus pileatus*) cavity trees and their patches on southeastern Vancouver Island, British Columbia, Canada. *Forest Ecology and Management* 187, 225–234.
- Hoyt, S.F., 1957. The ecology of the pileated woodpecker. *Ecology* 38, 246–256.
- Hu, R., Tong, S.T., 2022. The use of remotely sensed data to model habitat selections of pileated woodpeckers (*Dryocopus pileatus*) in fragmented landscapes. *Forest Ecology and Management* 521, 120433.
- Hunter, M.L., 1999. Maintaining biodiversity in forest ecosystems. Cambridge university press.
- Imbeau, L. et A. Desrochers. 2002. Foraging ecology and use of drumming trees by Three toed Woodpeckers. *The Journal of Wildlife Management*. 66 [1],222-231.

- Jackman, S. M. 1974. Woodpeckers of the Pacific Northwest: Their characteristics and their role in the forests. [Master Thesis, Oregon State University].
- Jackson, J.A., Jackson, B.J., 2004. Ecological relationships between fungi and woodpecker cavity sites. *The Condor* 106, 37–49.
- Jedlikowski, J., Chibowski, P., Karasek, T., Brambilla, M., 2016. Multi-scale habitat selection in highly territorial bird species: exploring the contribution of nest, territory and landscape levels to site choice in breeding rallids (Aves: Rallidae). *Acta Oecologica* 73, 10–20.
- Jokimäki, J., Huhta, E., 1996. Effects of landscape matrix and habitat structure on a bird community in northern Finland: a multi-scale approach. *Ornis Fennica* 73, 97–113.
- Jones, J., 2001. Habitat selection studies in avian ecology: a critical review. *The Auk* 118, 557–562.
- Johnson, D. H. 1980. The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference. *Ecology*, 61(1): 65-71.
- Johnson, M.D. 2007. Measuring habitat quality: a review. *The Condor* 109, 489–504.
- Jusino, M.A., Lindner, D.L., Cianchetti, J.K., Gris , A.T., Brazee, N.J., Walters, J.R., 2014. A minimally invasive method for sampling nest and roost cavities for fungi: a novel approach to identify the fungi associated with cavity-nesting birds. *Acta Ornithologica* 49, 233–242.
- Kembel, S.W., Cowan, P.D., Helmus, M.R., Cornwell, W.K., Morlon, H., Ackerly, D.D., Blomberg, S.P., Webb, C.O., 2010. Picante: R tools for integrating phylogenies and ecology. *Bioinformatics* 26, 1463–1464. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btq166>
- Kilham, L., 1971. Reproductive Behavior of Yellow-Bellied Sapsuckers I. Preference for Nesting in Fomes-Infected Aspens and Nest Hole Interrelations with Flying Squirrels, Raccoons, and Other Animals.
- Lawler, J.J., Edwards Jr, T.C., 2002. Composition of cavity-nesting bird communities in montane aspen woodland fragments: the roles of landscape context and forest structure. *The Condor* 104, 890–896.
- Lemaître, J., Villard, M.-A., 2005. Foraging patterns of pileated woodpeckers in a managed Acadian forest: a resource selection function. *Can. J. For. Res.* 35, 2387–2393. <https://doi.org/10.1139/x05-148>
- Lima, S.L., 1993. Ecological and evolutionary perspectives on escape from predatory attack: a survey of North American birds. *The Wilson Bulletin* 1–47.
- Manly, B.F.L., McDonald, L., Thomas, D.L., McDonald, T.L., Erickson, W.P., 2007. Resource selection by animals: statistical design and analysis for field studies. Springer Science & Business Media.
- Mannan, R. W. 1977. Use of snags by birds, douglas-fir region, Western Oregon [Master Thesis, Oregon State University].
- Mannan, R.W., Meslow, E.C., 1984. Bird populations and vegetation characteristics in managed and old-growth forests, northeastern Oregon. *The Journal of wildlife management* 1219–1238.

- Martin, K., Aitken, K.E., Wiebe, K.L., 2004. Nest sites and nest webs for cavity-nesting communities in interior British Columbia, Canada: nest characteristics and niche partitioning. *The condor* 106, 5–19.
- Martin, K., Eadie, J.M., 1999. Nest webs: a community-wide approach to the management and conservation of cavity-nesting forest birds. *Forest Ecology and Management* 115, 243–257.
- Martin, T.E., Li, P., 1992. Life History Traits of Open- vs. Cavity-Nesting Birds. *Ecology* 73, 579–592. <https://doi.org/10.2307/1940764>
- Mathers-Winn, C.A., 2019. The effects of forest gaps on animal communication networks.
- Mayor, S.J., Schneider, D.C., Schaefer, J.A., Mahoney, S.P., 2009. Habitat selection at multiple scales. *Ecoscience* 16, 238–247.
- McAtee, W.L., 1911. Woodpeckers in relation to trees and wood products. US Government Printing Office.
- McClelland, B.R., 1979. The Pileated Woodpecker in forests of the northern Rocky Mountains. The role of insectivorous birds in forest ecosystems 283–299.
- McClelland, B.R., McClelland, P.T., 1999. Pileated woodpecker nest and roost trees in Montana: links with old-growth and forest" health". *Wildlife Society Bulletin* 846–857.
- Mellen, T.K., 1987. Home range and habitat use of pileated woodpeckers, western Oregon.
- Mellen, T.K., Meslow, E.C., Mannan, R.W., 1992. Summertime home range and habitat use of pileated woodpeckers in western Oregon. *The Journal of Wildlife Management* 96–103.
- Millar, B.R., 1992. An ecological assessment of the use of hydro utility poles for nesting by pileated woodpeckers in southeastern Manitoba.
- Morneau, F., Doucet, G.J., Lanoue, A., 2008. Assessment of damage on electric transmission wood poles caused by pileated woodpecker (*Dryocopus pileatus*), in: *Environment Concerns in Rights-of-Way Management 8th International Symposium*. Elsevier, pp. 365–369.
- Nappi, A., Drapeau, P., Leduc, A., 2015. How important is dead wood for woodpeckers foraging in eastern North American boreal forests? *Forest Ecology and Management* 346, 10–21.
- Naylor, B.J., Baker, J.A., Hogg, D.M., McNicol, J.G., Watt, W.R., 1996. Forest management guidelines for the provision of pileated woodpecker habitat. Sault Ste. Marie: Ontario Ministry of Natural Resources, Forest Management
- Newell, P., King, S., Kaller, M., 2009. Foraging behavior of Pileated Woodpeckers in partial cut and uncut bottomland hardwood forest. *Forest Ecology and Management* 258, 1456–1464.
- Nguema Allogo, F., 2019. Régénération naturelle après coupe partielle dans des peuplements mixtes à dominance de peuplier faux-tremble. Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue.
- Noel, B.L., 2011. Breeding ecology of the Pileated Woodpecker (*Dryocopus pileatus*) in bottomland forests of eastern Arkansas, with reference to the conservation of the Ivory-billed Woodpecker (*Campephilus principalis*). Arkansas State University.

- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., 2022. *vegan*: Community Ecology Package. R package version 2.5–7. 2020.
- Ouellet-Lapointe, U., Drapeau, P., Cadieux, P., Imbeau, L., 2012. Woodpecker excavations suitability for and occupancy by cavity users in the boreal mixedwood forest of eastern Canada. *Écoscience* 19, 391–397. <https://doi.org/10.2980/19-4-3582>
- Parker, K.R., Kasahara, M., Taylor, P.A., Child, K.N., Morgan, H.W., Rasmussen, G.G., Zellman, R.K., 2008. Mitigation of woodpecker damage to power poles in British Columbia, Canada, in: *Environment Concerns in Rights-of-Way Management 8th International Symposium*. Elsevier, pp. 343–354.
- Parks, C.G., Raley, C.M., Aubry, K.B., Gilbertson, R.L., 1997. Wood decay associated with pileated woodpecker roosts in western redcedar. *Plant Disease* 81, 551–551.
- Petersen, J.D., 1985. Foraging behavior and functional morphology of the bark-foraging birds of the Bouverie Audubon Preserve.
- Raley, C.M., Aubry, K.B., 2006. Foraging Ecology of Pileated Woodpeckers in Coastal Forests of Washington. *Journal of Wildlife Management* 70, 1266–1275. [https://doi.org/10.2193/0022-541X\(2006\)70\[1266:FEOPWI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2193/0022-541X(2006)70[1266:FEOPWI]2.0.CO;2)
- Renken, R.B., Wiggers, E.P., 1993. Habitat characteristics related to pileated woodpecker densities in Missouri. *The Wilson Bulletin* 77–83.
- Renken, R.B., Wiggers, E.P., 1989. Forest characteristics related to pileated woodpecker territory size in Missouri. *The Condor* 91, 642–652.
- Rettie, W.J., Messier, F., 2000. Hierarchical habitat selection by woodland caribou: its relationship to limiting factors. *Ecography* 23, 466–478.
- Robert, M., M.-H. Hachey, D. Lepage et A. R. Couturier, 2019, *Deuxième atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional*. Regroupement QuébecOiseaux, Service canadien de la faune (Environnement et Changement climatique Canada) et Études d'Oiseaux Canada, Montréal.
- Rolando, A., 2002. On the ecology of home range in birds. *Revue d'écologie* 57, 53–73.
- Rolstad, J., Løken, B., Rolstad, E., 2000. Habitat selection as a hierarchical spatial process: the green woodpecker at the northern edge of its distribution range. *Oecologia* 124, 116–129. <https://doi.org/10.1007/s004420050031>
- Rumsey, R.L., 1973. Woodpecker damage to wooden utility poles. Louisiana State University and Agricultural & Mechanical College.
- Sanders, C.J., 1970. The Distribution of Carpenter Ant Colonies in the Spruce-Fir Forests of Northwestern Ontario. *Ecology* 51, 865–873.
- Savignac, C., Desrochers, A., Huot, J., 2000. Habitat use by Pileated Woodpeckers at two spatial scales in eastern Canada. *Can. J. Zool.* 78, 219–225. <https://doi.org/10.1139/z99-204>
- Schlaepfer, M.A., Runge, M.C., Sherman, P.W., 2002. Ecological and evolutionary traps. *Trends in ecology & evolution* 17, 474–480.
- Schowalter, T., 2017. Arthropod diversity and functional importance in old-growth forests of

- North America. *Forests* 8, 97.
- Short, L.L., 1979. Burdens of the picid hole-excavating habit. *The Wilson Bulletin* 91, 16–28.
- Smith, T.M., Shugart, H.H., 1987. Territory size variation in the ovenbird: the role of habitat structure. *Ecology* 68, 695–704.
- Steenhof, M., 2011. Effect of Woodpecker Damage and Wood Decay on Wood Utility Pole Strength (Master's Thesis). University of Waterloo.
- Stemmerman, L., 1988. Observation of woodpecker damage to electrical distribution line poles in Missouri, in: *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference*.
- Thomas, J.W., 1979. Wildlife habitats in managed forests: the Blue Mountains of Oregon and Washington. Wildlife Management Institute.
- Tomasevic, J.A., Marzluff, J.M., 2018. Space use of suburban pileated woodpeckers (*Dryocopus pileatus*): insights on the relationship between home range, core areas, and territory. *Oecologia* 187, 15–23. <https://doi.org/10.1007/s00442-018-4135-1>
- Torgersen, T.R., Buff, E.L., 1995. Down logs as habitat for forest-dwelling ants: the primary prey of Pileated Woodpeckers in northeastern Oregon. *Northwest science*. 69, 294–303.
- Townsend, C.W., 1925. Notes on the Nesting Habits of the Northern Pileated Woodpecker. *The Auk* 42, 132–134.
- Tremain, S.B., Swiston, K.A., Mennill, D.J., 2008. Seasonal variation in acoustic signals of Pileated Woodpeckers. *The Wilson Journal of Ornithology* 499–504.
- Turcek, F.J., 1960. On the Damage by Birds to Power and Communication Lines. *Bird Study* 7, 231–236. <https://doi.org/10.1080/00063656009475975>
- Vaillancourt, M., Drapeau, P., Robert, M. et Gauthier, S. (2009). Origin and availability of large cavities for Barrow's Goldeneye (*Bucephala islandica*), a species at risk inhabiting the eastern Canadian boreal forest. *Avian Conservation and Ecology - Écologie et conservation des oiseaux*, 4(1): 6
- Villard, M.-A., 2000. Reducing long-term effects of forest harvesting on indicator species of closed-canopy mature forests.
- Walters, E.L., Miller, E.H., 2001. Predation on nesting woodpeckers in British Columbia. *Canadian Field-Naturalist* 115, 413–419.
- Wiens, J.A., 1992. *The ecology of bird communities*. Cambridge University Press.
- Wiens, J.A., 1989. Spatial scaling in ecology. *Functional ecology* 3, 385–397.
- Wikstköm, C., Unestam, T., 1976. The decay pattern of *Phellinus tremulae* (Bond.) Bond, et Borisov in *Populus tremula* L. *Forest Pathol* 6, 291–301. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.1976.tb00539.x>
- Witt, C., 2010. Characteristics of aspen infected with heartrot: Implications for cavity-nesting birds. *Forest ecology and Management* 260, 1010–1016.

Zeller, A.C., Bayne, E.M., Mahon, C.L., 2024. An ecological perspective on the temporal variation in Pileated Woodpecker (*Dryocopus pileatus*) drumming behavior in Alberta, Canada. *Avian Conservation & Ecology* 19.