

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

EFFETS DES CARACTÉRISTIQUES DES POTEAUX DE BOIS ET DE LA QUALITÉ DE  
L'HABITAT FORESTIER ADJACENT AUX INFRASTRUCTURES DE SERVICES PUBLICS  
SUR LA NIDIFICATION DU GRAND PIC (*DRYOCOPUS PILEATUS*)

MÉMOIRE PRÉSENTÉ  
COMME EXIGENCE PARTIELLE  
DE LA MAITRISE EN BIOLOGIE

PAR  
KATHERINE LAPOINTE

AVRIL 2026

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.04-2020). 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

C'est difficile de savoir par où commencer quand on a la chance d'avoir été si bien entouré pendant cette grande aventure qu'aura été la maîtrise. Je débiterai par toi, Pierre. Tu as été un parfait directeur de recherche, tant au niveau de tes innombrables connaissances, mais aussi grâce à ton écoute et ta grande humanité. Durant mon passage dans ton labo, que ce soit en tant que stagiaire ou en tant qu'étudiante à la maîtrise, j'ai vécu de grands événements dans ma vie, notamment la naissance de ma Lily. Je n'aurais jamais espéré être autant supportée et épaulée dans cette aventure, et pourtant, tu as réussi haut la main. J'ai pu profiter d'une année de qualité avec ma fille sans tracas, puis j'ai pu me revenir à mon projet sans sentir de presse ou d'animosité. Pour ça, je te remercie du plus profond de mon cœur de maman et d'étudiante. J'ai accumulé énormément de beaux souvenirs dans ton labo, mais ta visite (avec Phil) lors de mon premier été de terrain restera gravé dans ma mémoire : la chasse au Grand Pic qui nous narguait de poteaux en poteaux, l'observation d'un magnifique Passerin indigo qui s'était posé proche de nous et un super souper spag dans le minuscule chalet. Pour ces moments (et tous les autres), merci.

Phil, je pense que si ce n'était pas de ton aide, je serais encore en train de faire mes analyses. Tu as été un mentor immensément précieux tout le long de mon parcours. De la journée de formation sur les poteaux à Laval en 2021 jusqu'aux derniers échanges de courriels concernant mes 1001 doutes avant ma remise finale, tu as toujours été d'une bonne humeur contagieuse et d'une présence sans limites. Pouvoir compter sur quelqu'un comme toi, quelqu'un qui possède une intelligence pratique impressionnante tout en étant humblement humain, ça n'a pas de prix. Moi aussi un jour j'aimerais faire une présentation sur les Grands Pics dans la classe de Lily ! Je te remercie pour tout.

Alain, ce ne serait pas à mes analyses que je serais bloquée si tu n'avais pas été présent, mais bien sur la formulation de mes idées et l'organisation de mon terrain. Tes connaissances sont sans fins, tu as toujours su décortiquer, comprendre et bien nommer ce que mon cerveau

essayait difficilement d'exprimer. Tu m'as appris énormément de trucs pratiques qui me seront utiles pour la suite de mon parcours et je t'en remercie grandement.

Mélanie, un gros merci pour ta patience et toute ton aide avec QGIS. Ça aurait été plus facile si j'avais eu un PC avec ArcGIS au lieu d'un MAC, mais tu as toujours su trouver la bonne solution pour moi.

Qu'aurait été mon parcours à la maîtrise sans toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont enrichi cette expérience. Lau, Eve-line, Julien et Jé, mes vaillants collègues du « labo Drapeau » avec qui j'ai discuté, mangé, festoyé et rédigé dans le silence, merci ! Val, Bob, Zach et Alice, mes EXTRAORDINAIRES stagiaires qui ont partagés mes hauts et bas dans ce petit chalet en Ontario, votre aide a été beaucoup plus précieuse que vous ne pouvez l'imaginer. Merci ! Véro, merci pour les interminables heures en auto à se promener dans le sud du Québec et à avoir des torticolis, j'ai tellement passé un bel été 2021 grâce à toi. Mention spéciale au *trio de la muerte*, sans qui je n'aurais pas complété de maîtrise car je n'aurais pas survécu au bac. Merci de toujours être là, je vous aime d'amour. Ma sœur, je sais pas trop où te classer maintenant que tu es en plus une collègue du labo. Je t'aime. De pouvoir partager cette passion bio-éco-ornitho avec toi, c'est vraiment précieux.

Ma maman... Merci de croire en moi et d'être toujours là pour moi. On n'aurait jamais cru qu'un jour j'irais à l'université, encore moins poursuivre à la maîtrise, mais crime, I DID IT ! On aura vécu beaucoup de changements durant mon périple à l'université, pas tous joyeux, mais au moins maintenant tu pourras dire que tu es la maman d'une *Maître en Biologie* en plus d'être la mamie de la plus parfaite petite fille. Je t'aime.

Je termine avec toi, mon cher mari, le papa de notre poulette, mon «partner in crime», mon plus fidèle supporteur. Merci de m'avoir encouragé pendant mes journées d'études quand j'étais au bac. Merci de m'avoir brassé quand je procrastinais mes analyses. Merci de m'avoir permis de partir souvent, que ce soit pour mon terrain ou pour mes démos à St-Michel. Merci d'avoir cru en moi dès le départ après ma première note merdique au certificat. Merci de ne rien dire

quand j'écoute la même playlist pour une 50<sup>ième</sup> fois. Merci de ne pas me juger quand je me fais un 4<sup>ième</sup> café. Merci d'embellir ma vie. Merci de me permettre d'être maman et de vivre cette magnifique vie qu'est la nôtre. Tu es ma plus belle décision !

Je remercie aussi la Première Nation Dokis pour leur accueil chaleureux sur leur réserve et leurs conseils sur le terrain. Un gros merci à Sébastien Tilmant (Hydroméga) pour ton expertise, ta présence et ta curiosité envers le projet.

## AVANT-PROPOS

Ce mémoire comprend un chapitre rédigé sous la forme d'un article scientifique en anglais. En tant que candidate à la maîtrise, j'ai participé à la collecte de certaines données, effectué l'analyse de celles-ci ainsi que des données d'inspection fournies par Hydroméga Solutions, et rédigé l'article à titre de première auteure. Cet article sera soumis à des revues scientifiques révisées par des pairs. Mon directeur de recherche, Pierre Drapeau, ainsi que les chercheurs Alain Leduc et Philippe Cadieux en seront les coauteurs.

## TABLE DES MATIÈRES

<b>REMERCIEMENTS .....</b>	<b><i>i</i></b>
<b>AVANT-PROPOS .....</b>	<b><i>iv</i></b>
<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	<b><i>vi</i></b>
<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b><i>ix</i></b>
<b>RÉSUMÉ .....</b>	<b><i>xi</i></b>
<b>INTRODUCTION GÉNÉRALE.....</b>	<b>1</b>
<b>Problématique .....</b>	<b>1</b>
<b>Le Grand Pic .....</b>	<b>4</b>
Écologie.....	4
Sélection d’habitat.....	6
Importance du Grand Pic dans le maintien des écosystèmes forestiers .....	7
<b>Historique du réseau d’électricité et des forêts du Canada .....</b>	<b>8</b>
La forêt boréale .....	8
Historique du réseau d’électricité .....	10
Relation pics-poteaux .....	12
<b>Survol du projet de recherche .....</b>	<b>13</b>
Aire d’étude .....	13
Relation du projet avec le Peuple autochtone Dokis.....	14
Objectifs et retombées du projet .....	15
<b>CHAPITRE I .....</b>	<b>17</b>
<b>Résumé.....</b>	<b>18</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>19</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>20</b>
<b>Methods .....</b>	<b>25</b>
Statistical analyses.....	30
<b>Results .....</b>	<b>32</b>
<b>Discussion .....</b>	<b>37</b>
<b>References .....</b>	<b>45</b>
<b>Figures .....</b>	<b>54</b>
<b>Tables .....</b>	<b>64</b>
<b>Appendix .....</b>	<b>71</b>
<b>CONCLUSION GÉNÉRALE.....</b>	<b>73</b>
<b>ANNEXE A : FIGURES POUR L’INTRODUCTION GÉNÉRALE.....</b>	<b>77</b>
<b>LISTE DES RÉFÉRENCES (INTRODUCTION ET CONCLUSION GÉNÉRALE).....</b>	<b>78</b>

## LISTE DES FIGURES

- Figure 1. Distribution of the Pileated Woodpecker. Map provided by Birds of the World (<https://birdsoftheworld.org/bow/species/pilwoo/cur/introduction>).....54
- Figure 2. Map of the study area, including the Dokis First Nation reserve, where the village (MainDokis) and the powerhouse (MainDam) are located. The red dotted line represents the 491 utility poles that form the Okikendawt utility line. Main categories of forest cover types, based on the 2009 OMNR digital forest map, are also shown along the utility line covering an area of 1386,3 km<sup>2</sup>.....55
- Figure 3. Tree degradation classes used to characterize foraging and potential cavity nesting trees of the Pileated Woodpecker. This visual representation illustrates the different degradation stages of a Trembling Aspen, based on Ouellet-Lapointe (2010). .....56
- Figure 4. 1600 m<sup>2</sup> Vegetation Sampling Plot. The red star represents the center of the plot, marked by a tree with a minimum height of 1.3 m. A 400 m<sup>2</sup> area is used to assess both living and dead trees, while a 1600 m<sup>2</sup> area is used exclusively for dead trees only. ....56
- Figure 5. Clusters of poles used and unused by Pileated Woodpeckers along the Okikendawt utility line based on spatial autocorrelation analyses of Hydromega inc. annual inspections of woodpecker damages on wooden poles. The map also shows the underlying main forest cover types (Table 2) surrounding the line (1386.3 km<sup>2</sup>) .....57
- Figure 6. Spatial analysis using mean values (stems/ha) of trembling aspens with *Phellinus tremulae* conks (Ta+PHTR) in forest cover types of adjacent forests along the Okikendawt utility line. Lighter gray areas indicate the highest stem density per hectare, reaching 7.3/ha. The north-south boundary depicting the abrupt change in trembling aspen stems with conks is represented by the white line. ....58

Figure 7. Elevation range within our study area. A) Heatmap of elevation: The heatmap shows the elevation range within our study area, with cooler colors representing higher elevations and warmer colors indicating lower elevations. A line has been drawn through the middle of the study area to create the profile shown in B. The lilac line on the heatmap marks the north-south boundary, representing the steepest slope over the longest distance, which corresponds to the small mountain visible in the heatmap. B) Elevation profile graph: This graph illustrates the elevation changes along the line, providing a detailed view of the elevation variation across the study area. ....59

Figure 8. Logistic regression illustrating the relationship between clusters of poles mean DBH and their probability of being used by Pileated Woodpeckers. The grey ribbon represents the 95% confidence intervals.....60

Figure 9. Selection ratio ( $w$ ) of used trees by foraging Pileated Woodpeckers across all sampled tree species in adjacent forests of the Okikendawt utility line. The red dotted line represents the threshold where a ratio  $> 1$  indicates selection,  $< 1$  indicates avoidance, and a value near 1 indicates use proportional to availability. The “Others” category includes all tree species that together accounted for less than 10% of total abundance of trees sampled. Trembling aspen (Ta) and White birch (Wb) are highly selected as foraging trees, despite representing only 5.2% and 4.4% of available stems, respectively. ....61

Figure 10. One-way ANOVAs of the distribution of stem densities of Pileated Woodpecker foraging marks on trees in adjacent forests between **A**) unused ( $n = 26$ ) and used ( $n = 13$ ) clusters of wooden poles and **B**) the northern ( $n = 21$ ) and southern ( $n = 18$ ) sectors along the Okikendawt utility line. Mean values (represented by blue dots) between used:  $15.92 \pm 2.39$  stems/ha, and unused clusters of wooden poles:  $15.22 \pm 2.04$  stems/ha ( $p = 0.346$ ) are presented with standard deviations (SD) between used and unused clusters of wooden poles. Mean values

between north:  $16.66 \pm 1.61$  stems/ha, and south sectors:  $14.05 \pm 1.86$  stems/ha ( $p < 0.001$ ) are presented with standard deviations (SD) between sectors. ....62

Figure 11. One-way ANOVAs of the distribution of the number of stems showing *Populus* sp. stems with *Phellinus tremulae* conks in adjacent forests between **A**) unused ( $n = 26$ ) and used ( $n = 13$ ) clusters of wooden poles and **B**) the northern ( $n = 21$ ) and southern ( $n = 18$ ) sectors along the Okikendawt utility line. Mean values (represented by blue dots) between used:  $1.46 \pm 0.5$  stems/ha, and unused clusters of wooden poles:  $1.18 \pm 0.56$  stems/ha ( $p = 0.114$ ) are presented with standard deviations (SD) between used and unused clusters of wooden poles. Mean values between north: north:  $1.60 \pm 0.44$  stems/ha and south:  $0.89 \pm 0.34$  stems/ha ( $p < 0.001$ ) are presented with standard deviations (SD) between sectors. ....63

## LISTE DES TABLEAUX

Table 1. Table showing the area of the different forest cover types within a buffer of 900m radius calculated for each pole along the 40 km length of the Okikendawt utility line, for a total area of 74.38 km <sup>2</sup> . For vegetation sampling, we only used forest cover types covering up to 95% of the area (see the double line).....	64
Table 2. Number of field plots sampled for Pileated Woodpeckers' foraging and breeding substrates by forest cover type. ....	65
Table 3. Total number of trees sampled for each species and the percentage of each species relative to the total sample (n = 3182) in our 2022-2023 field surveys in adjacent forests along the Okikendawt utility line. Additionally, trees are categorized by DBH (under 20 cm, between 20 and 30 cm, and over 30 cm), and we compiled the percentage of dead trees (degradation class > 3), the percentage of trees with foraging marks and with fungal conks. Species highlighted in pale grey together accounted for less than 10% of the total occurrences.....	66
Table 4. Selection ratio (w) of all tree species sampled are based on Manly et al. (2002) test. This table highlights tree species that are selected in relation to their availability as foraging substrates. Prop. 1 represents the proportion of available stems of a species relative to all available trees, Prop. 2 represents the proportion of use for foraging of a species relative to total use across all trees, and w is the selection ratio (Prop. 2 / Prop. 1). Species highlighted in light grey are the most selected.....	67
Table 5. Variables used in our model selection analyses incorporating our three hypotheses.	68
Table 6. Correlation matrix of all explanatory variables. Variables with a correlation > 0.6 are considered highly correlated (marked in orange) and therefore cannot be included in the same model for the model selection analysis. ....	69

Table 7. Model selection analyses of factors influencing the use of a cluster of wooden poles by Pileated Woodpeckers along Okikendawt utility line. ....69

Table 8. Binomial GLM relating Ta+PHTR and Mean\_DBH to wooden pole cluster usage by Pileated Woodpeckers along the Okikendawt utility line. ....70

## RÉSUMÉ

Le Grand Pic (*Dryocopus pileatus*) est un excavateur primaire reconnu, entre autres, par la grande taille de ses cavités, qui peuvent parfois causer des dommages importants aux poteaux de bois d'infrastructures de services publics. Ce phénomène soulève à la fois des préoccupations pour la gestion des infrastructures et un besoin accru de comprendre les conditions écologiques qui expliquent ce comportement. Nous avons examiné les facteurs influençant l'utilisation par le Grand Pic des poteaux de distribution d'électricité pour sa nidification le long de la ligne d'Okikendawt située dans le nord-est de l'Ontario. Notre objectif principal était d'évaluer d'une part en quoi les caractéristiques des poteaux et d'autre part, comment la disponibilité des arbres d'alimentation et de reproduction utilisés par le Grand Pic de la forêt entourant cette ligne de distribution d'électricité affectaient l'utilisation des poteaux de bois par cette espèce. Deux étés d'échantillonnage sur le terrain ont été menés pour recueillir des données fines sur les caractéristiques des arbres en forêt adjacente à la ligne de poteaux d'électricité, incluant le diamètre à hauteur de poitrine (DHP), le stade de dégradation, la présence de carpophores de champignons (indicatifs de carie du bois de cœur) et les marques d'alimentation du Grand Pic. Ces données terrain ont été incorporées aux données des cartes numériques écoforestières produites par le ministère des Ressources Naturelles de l'Ontario (OMNR) pour évaluer la densité des arbres qui ont un potentiel pour l'alimentation et la reproduction du Grand Pic en fonction de la composition et de la structure du couvert forestier à l'échelle plus étendue des divers types de peuplements forestiers du territoire d'étude. Ces données ont constitué les variables explicatives qui ont été mises en relation avec la base de données spatiales et temporelles documentant les dommages causés par les pics aux poteaux sur une période couvrant une décennie. Une première analyse d'autocorrélation spatiale des dommages faits par le Grand Pic sur les poteaux de bois de la ligne d'Okikendawt a révélé que ceux-ci étaient agrégés dans l'espace résultant en 39 groupes de poteaux, (sept à neuf poteaux), où chaque groupe fut identifié comme endommagé à répétition ou non par cette espèce. Ces groupes de poteaux ont servi à définir une échelle spatiale correspondant à la superficie du domaine vital de cette espèce, pour analyser l'effet des substrats d'alimentation et de reproduction de la forêt adjacente à la ligne de distribution sur les dommages faits par le Grand Pic sur les poteaux de bois de la ligne de distribution d'Okikendawt.

L'analyse des suivis annuels des dommages causés par le Grand Pic sur la ligne d'Okikendawt montre que leur réutilisation des poteaux n'est pas dispersée le long de la ligne mais bel et bien agrégée en fonction de la répartition contiguë des poteaux de plus de 30 cm de diamètre qui sont davantage sujets à être excavés par le Grand Pic au fil des ans que des secteurs dont le diamètre des poteaux est plus faible. Nos résultats montrent donc que le diamètre des poteaux excavés par le Grand Pic pour sa nidification (première hypothèse, H1) est le facteur le plus important qui explique leur utilisation. Notre deuxième hypothèse voulant que les poteaux les plus affectés par le Grand Pic soient dans des secteurs où la disponibilité des

ressources alimentaires est plus élevée (H2) n'est pas corroborée alors que la disponibilité des ressources alimentaires, mesurée par la densité de marques d'alimentation et la présence d'essences fréquemment exploitées pour l'alimentation du Grand Pic en forêt ne différaient pas significativement entre les secteurs de groupes de poteaux utilisés et non utilisés de la ligne d'Okikendawt. De plus, notre troisième hypothèse (H3) voulant que la disponibilité de substrats de nidification de la forêt adjacente de la ligne d'Okikendawt, puisse moduler la probabilité d'utilisation des poteaux de distribution de la ligne d'Okikendawt par le Grand Pic pour sa reproduction n'a pu être ni corroborée, ni infirmée car la densité par hectare des meilleurs substrats de nidification du Grand Pic en forêt, soit les grands peupliers faux-tremble qui sont affectés par la carie blanche (*Phellinus tremulae*), était très faible sur l'ensemble de la ligne d'Okikendawt. La densité des tiges de cette essence n'était donc pas significativement différente entre la forêt adjacente autour des groupes de poteaux utilisés de celle des poteaux non utilisés. Dans nos modèles linéaires généralisés, ce facteur n'a qu'un effet marginal sur l'utilisation répétée des poteaux de bois de la ligne de transmission par le Grand Pic.

Un résultat important de cette étude tient au fait d'une utilisation répétée par les couples nicheurs de Grands Pics des mêmes secteurs (mêmes groupes de poteaux) de la ligne de distribution d'Okikendawt sur près d'une décennie. Cela montre comment une espèce résidente à l'année comme le Grand Pic, qui est reconnue pour montrer une fidélité au site, peut faire un usage compensatoire prolongé de structures artificielles comme les poteaux de bois, lorsque ceux-ci s'avèrent être les principaux substrats de nidification disponibles dans son domaine vital.

Enfin, cette étude met en lumière l'importance de mesurer et d'intégrer les conditions fines de disponibilité des arbres propices à la reproduction du Grand Pic des milieux adjacents aux lignes de distribution d'électricité aux stratégies de gestion des infrastructures publiques. Dans les secteurs identifiés comme à risque élevé de dommages, l'installation de dispositifs protecteurs ou le recours à des poteaux en matériaux composites pourrait réduire l'utilisation des poteaux par le Grand Pic. De plus, des outils prévisionnels comme un modèle de la qualité de l'habitat de nidification du Grand Pic des forêts adjacentes aux lignes de services publics pourraient permettre d'identifier les zones vulnérables avant l'apparition de dommages, et ce, en alignant les efforts de gestion avec les objectifs de conservation de l'espèce étant donné son nouveau statut d'espèce dont les nids sont protégés en vertu du règlement sur les oiseaux migrateurs.

Mots-clés : Grand Pic (*Dryocopus pileatus*), substrat de reproduction, arbres d'alimentation, sélection d'habitat, poteaux de distribution d'électricité, infrastructures anthropiques

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

### Problématique

L'utilisation des structures d'origines anthropiques par l'avifaune est un phénomène qui suscite beaucoup d'intérêts auprès de la communauté scientifique (Mainwaring, 2015). D'un point de vue écologique, ces structures peuvent avoir un impact sur les traits d'histoire de vie des oiseaux en leur permettant notamment d'occuper de nouveaux substrats de reproduction, de repos et d'alimentation (Mainwaring, 2015; Turcek, 1960). Le martinet ramoneur (*Chaetura pelagica*) est un bon exemple d'espèce ayant adopté une structure anthropique comme site principal de nidification en confectionnant son nid dans les cheminées (Fitzgerald et al., 2014). Paradoxalement, ce type d'interaction avec ces nouvelles structures anthropiques peut compenser pour la perte et la fragmentation de l'habitat naturel des espèces associées à la transformation de l'environnement par les activités humaines. Toutefois, leur utilisation par la faune aviaire a le potentiel d'être économiquement néfaste pour les humains, notamment lorsque le comportement de l'oiseau affecte l'intégrité de la structure utilisée (Bevanger, 1997; Dennis, 1964; Millar, 1992). L'utilisation des poteaux de distribution d'électricité par les picidés est un exemple éloquent de cette problématique. En effet, les pics, particulièrement les espèces de grande taille (i.e., *Dryocopus sp.*, *Colaptes sp.*, *Melanerpes sp.*, etc), peuvent causer des dommages sévères aux poteaux en ayant avec ces derniers des comportements similaires à ceux qu'ils ont avec les arbres en forêt, soit en s'y alimentant et en y excavant des cavités de reproduction (Bevanger, 1997; Dennis, 1964).

Ce phénomène a cours depuis le début du 20<sup>e</sup> siècle alors qu'étaient érigés les premiers poteaux de télégraphes (McAtee, 1911). À cette époque, une des solutions de contrôle des dommages qui était préconisée consistait à abattre les pics se retrouvant à proximité des lignes de distribution (Bevanger, 1997; Dennis, 1964). En 1918, la Convention concernant les oiseaux migrateurs a été promulguée entre les États-Unis (U.S. Fish & Wildlife Service, s. d.) et le

Canada (Environnement et Changement climatique, Canada, 2011), puis éventuellement avec le Mexique, le Japon et la Russie, visant d'assurer la pérennité des espèces y étant incluses, notamment les picidés. La mise en œuvre de cette convention a eu comme effet de limiter la mortalité des pics en obligeant les compagnies de distribution à trouver d'autres types de méthodes de contrôle des dommages. À ce jour, parmi les 4 catégories de contrôles des dommages répertoriés dans la littérature, c'est-à-dire 1) les techniques d'effarouchement, 2) les barrières physiques, 3) les répulsifs chimiques et 4) les nids artificiels (Bevanger, 1997; Cadieux et al., 2018; Dennis, 1964; Harness & Walters, 2005; Millar, 1992), seules les barrières physiques empêchent réellement les pics d'endommager les poteaux en rendant leur encrage sur le poteau difficile (Rumsey, 1973).

En Amérique du Nord, l'espèce la plus propice à endommager fortement les réseaux de poteaux d'électricité est sans contredit le Grand Pic (*Dryocopus pileatus*). Suite à l'extinction probable du Pic à bec ivoire (*Campephilus principalis*) (Troy & Jones, 2023), il s'agit du plus grand picidé d'Amérique du Nord. Ses cavités de reproduction étant proportionnelles à sa taille, le Grand Pic dépend donc d'arbres de gros diamètre afin d'y excaver son nid. Pour répondre à ce besoin, il est commun à l'espèce de s'établir dans des forêts de succession âgées mixtes, décidues ou de conifères (Bull et al., 1997; Bull & Jackson, 2020; Jackson & Jackson, 2004). De plus, il a besoin d'arbres propices à accueillir sa proie de prédilection, soit les fourmis charpentières (*Camponotus spp.*; Lemaître & Villard, 2005; Newell et al., 2009). Ces dernières s'établissent habituellement dans des gros arbres sénescents, des chicots ou des souches au sol (Lemaître & Villard, 2005), ce qui corrobore que pour combler ses besoins, le Grand Pic dépend de forêts ayant atteint le stade âgé dans la succession forestière. C'est d'ailleurs une espèce qui a été sélectionnée par le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec (MFFP) et par le ministère des Ressources Naturelles en Ontario (OMNR) comme espèce indicatrice de l'état de plusieurs zones forestières (Cheveau, 2015) étant donné sa forte relation avec les forêts matures et âgées.

Il n'y a pas que l'ajout de structures anthropiques qui modifie l'intégrité des milieux naturels. L'utilisation de la forêt à des fins de récolte ligneuse et la fragmentation du paysage causée par les agglomérations de coupes totales et de chemins forestiers changent la structure d'âge de la mosaïque forestière, de sorte que les organismes associés aux forêts matures et âgées doivent adapter leur occupation de l'espace pour survivre (Drapeau et al., 2009; Fuller, 2012; Cadieux et al., 2023, 2024). En effet, dans les forêts tempérées et boréales de l'est du Canada, le type d'aménagement forestier actuellement pratiqué tend à modifier la structure d'âge des forêts, les faisant passer de forêts matures et âgées à des jeunes forêts de début de succession (Drapeau et al., 2000; Bergeron et al., 2002). Les paysages qui en résultent diffèrent considérablement de ce qu'on retrouve dans une forêt dynamisée par des perturbations naturelles, notamment parce qu'on se retrouve avec une structure équiennne des arbres (arbres de même âge et même diamètre) en plus d'avoir moins d'arbres morts sur pied et au sol (Bergeron et al., 2001; Cyr et al., 2009; Drapeau et al., 2000, 2009).

La présente étude vise donc à mieux comprendre la sélection d'habitat et l'utilisation de l'espace du Grand Pic dans un environnement qui est modifié par les activités anthropiques concurrentes d'aménagement forestier (causant notamment la diminution des forêts matures et âgées), de même que par l'expansion du réseau de distribution d'électricité en lien avec l'occupation humaine du territoire (la présence de lignes de poteaux de distribution). Afin de répondre aux hypothèses actuelles concernant les facteurs qui expliquent l'utilisation par le Grand Pic des poteaux comme substrats de reproduction (Bevanger, 1997; Dennis, 1964; Rumsey, 1973; Turcek, 1960), nous allons combiner les caractéristiques décrivant les peuplements forestiers des cartes numériques à des inventaires sur le terrain qui mesureront la disponibilité des arbres propices à l'alimentation et à la reproduction du Grand Pic afin de déterminer comment la variation de la qualité de l'habitat pour ces deux attributs clés affecte la sélection de substrats de nidification du Grand Pic (i.e., poteau électrique).

## Le Grand Pic

### Écologie

En Amérique du Nord, le Grand Pic est le plus imposant représentant de la famille des picidés, avec une longueur moyenne d'environ 42cm et un poids corporel variant entre 240 et 350g (Bonar, 2001; Bush et al., 2009a; Millar, 1992). Son plumage est majoritairement noir, mais il possède des lignes blanches sur les joues ainsi qu'une crête rouge sur la tête. Le principal dimorphisme sexuel observable chez l'espèce se situe au niveau de la tête, où le mâle a une ligne rouge vif sur les joues, ce que la femelle n'a pas, ainsi qu'une crête plus longue et plus large que celle des femelles (Bonar, 2001; Bull & Jackson, 2020). Son aire de répartition s'étend de la Colombie-Britannique au Nouveau-Brunswick au Canada et de l'est au nord-ouest des États-Unis (Bull & Jackson, 2020; Renken & Wiggers, 1993; Savignac et al., 1996). C'est une espèce cavicole, c'est-à-dire qu'il niche dans une cavité logée au sein d'un arbre. Le Grand Pic est considéré comme excavateur primaire étant donné qu'il excave lui-même les cavités dans lesquelles il se reproduit et se repose (Bonar, 2001). C'est une espèce monogame qui demeure avec le même partenaire jusqu'à la mort de ce dernier et qui vont ensemble défendre ardemment leur territoire à l'année (Bonar, 2001 ; Kellam, 2003). À chaque printemps, le couple excave une nouvelle cavité de reproduction où seront pondus entre 3 et 4 œufs, pour un succès reproducteur d'environ 2 jeunes se rendant à l'envol (Bonar, 2001; Bull & Jackson, 2020; Hoyt, 1957). Variant selon la région, la moyenne d'âge des jeunes à l'envol tourne autour de 25 jours, par la suite ils suivront les parents jusqu'à l'automne avant de partir par eux-mêmes (Bull et Jackson, 2020).

La nuit, le Grand Pic utilise une cavité de repos nommée « dortoir ». Cette cavité peut être une ancienne cavité de reproduction ou bien une nouvelle cavité fraîchement excavée qui a comme fonction de protéger les individus contre les intempéries et la prédation (Aubry & Raley, 2002a; Bonar, 2001; Harness & Walters, 2005; Kellam, 2003; Millar, 1992). Les principaux prédateurs du Grand Pic adulte sont les rapaces de grande taille tels que l'Autour des Palombes (*Accipiter gentilis*), l'Épervier de Cooper (*Accipiter cooperii*) ou le Grand-duc d'Amérique (*Bubo*

*virginianus*) ainsi que certains mammifères comme la Marte d'Amérique (*Martes americana*) qui s'attaque au nid et aux juvéniles (Bonar, 2001 ; Kellam, 2003). On retrouve aussi de la compétition interspécifique pour l'accès aux cavités (de reproduction et de repos) faite par d'autres picidés tels que le Pic flamboyant (*Colaptes auratus*), ainsi que par des espèces cavicoles non-excavatrices comme le Canard branchu (*Aix sponsa*), le Garrot à œil d'or (*Bucephala clangula*), la Petite Nyctale (*Aegolius acadicus*) et même dans certaines régions l'Étourneau sansonnet (*Sturnus vulgaris*) (Bull et Jackson, 2020; Cadieux et al., 2023).

Comme c'est le cas chez la plupart des pics, le Grand Pic possède deux méthodes de communication soit le tambourinage, ou *expression instrumentale*, et le cri d'appel, ou *vocalisation* (Kilham, 1959; Tremain et al., 2008). Chaque méthode exprime des comportements distinctifs qui peuvent ensuite se sous-catégoriser dépendamment du besoin et de la situation de l'individu. Les vocalises d'environ 6-10 syllabes sont essentiellement utilisées lors de la saison d'accouplement, ainsi que pour démontrer la dominance d'un individu sur un territoire donné, alors qu'un long tambourinement serait utilisé avant que l'individu se nettoie ou bien lorsqu'il entre dans sa cavité de repos pour la nuit (Kilham, 1959).

Le régime alimentaire du Grand Pic est composé à 95% de fourmis charpentières (*Camponotus spp.*) et, lorsque nécessaire, il s'alimente d'autres arthropodes, notamment de larves de cérambycidés, de fruits et de graines (Beckwith et Bull, 1985 ; Bull et al., 1992, 1997 ; Bush et al., 2009 ; Raley et Aubry, 2006). Parmi les nombreuses techniques d'obtention de nourriture observée chez les picidés, 3 sont observées chez le Grand Pic (Bull & Jackson, 2020), soit le glanage (recherche d'insectes à la surface du tronc et dans les fissures naturelles), l'écaillage (retrait de petits morceaux d'écorce pour exposer les insectes) et, principalement, l'excavation du sous-cambium des arbres (Jackman, 1975). Le Grand Pic fait preuve d'une grande plasticité au niveau de sa sélection de substrats d'alimentation au travers de son aire de répartition. Selon une étude menée par Bush et al. (2009), dans le centre de l'Ontario le Grand Pic s'alimente à la base de conifères vivants qui sont de plus fort diamètre que la moyenne disponible à l'échelle du peuplement. À l'inverse, les substrats d'alimentation observés au Nouveau-Brunswick sont

majoritairement sur des arbres décidus sénescents (Flemming et al., 1999). En forêt boréale mixte de la région de l'Abitibi, Nappi et al. (2015) décrivent la forte sélection par le Grand Pic de chicots hautement dégradés provenant majoritairement de Peupliers faux-trembes (*Populus tremuloides*), mais aussi de Sapins baumier (*Abies balsamea*) affecté par la Tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana*).

Pour subvenir à ses principales activités, c'est-à-dire l'excavation de cavités de reproduction et d'alimentation, le Grand Pic a besoin de vieilles forêts de succession tardive où il y a une forte présence de gros arbres sénescents ou morts (Bonar, 2001; Cadieux et al., 2023). Dans les forêts du Canada, les cavités de reproduction du Grand Pic sont majoritairement retrouvées dans des gros arbres de la famille des peupliers, particulièrement le faux-tremble (*Populus tremuloides*; Cadieux, 2017; Martin et al., 2004), présentant des caractéristiques de détérioration tel que la présence de champignons causant des caries du bois de cœur (ex : *Phellinus tremulae*; Bonar, 2001; Cadieux et al., 2023; Jackson & Jackson, 2004).

#### Sélection d'habitat

La sélection d'habitat est un concept qu'il est primordial de comprendre lorsque l'on s'intéresse à l'histoire de vie d'une espèce. Lorsqu'un individu sélectionne une ressource, consommable ou exploitable, il s'agit en fait de la dernière étape d'un long processus de sélection qui se répartit sur plusieurs échelles spatiales. En effet, il y a généralement quatre types de sélection qui sont utilisés par les individus soit 1) l'ensemble de l'aire de répartition de l'espèce, 2) le domaine vital de l'individu au sein de l'aire de répartition, 3) l'utilisation d'habitats spécifiques au sein du domaine vital et 4) les ressources nécessaires à un individu dans un habitat spécifique (Giraldeau & Dubois, 2015; Johnson, 1980). Lorsqu'on parle d'habitats spécifiques au sein du domaine vital, on parle d'espaces qui peuvent être spécifiques à la reproduction, à l'alimentation et même au sommeil au sein de leur domaine vital. Chez plusieurs espèces, le domaine vital sera conservé pendant plusieurs années, mais les espaces utilisés ne seront pas défendus à longueur d'année ni avec la même ardeur, dépendamment de l'abondance des ressources, ainsi que la densité de population (Giraldeau & Dubois, 2015). Les études qui se penchent sur la

sélection d'habitat et l'utilisation de l'espace par le Grand Pic mettent de l'avant le fait que c'est une espèce ayant une grande plasticité au niveau des dimensions de son domaine vital, soit environ 480 ha en Oregon (Bull & Holthausen, 1993; Mellen et al., 1992), variant entre 53 et 160 ha au Missouri (Renken & Wiggers, 1989) et environ  $1360 \pm 762$  ha en Alberta (Bonar, 2001). Au travers de son aire de répartition, son occurrence dépend de la présence de gros arbres sénescents ou morts étant donné que cette ressource est essentielle à sa confection de cavités de reproduction, de repos et d'alimentation (Bull & Jackson, 2020). Au Québec, un indice de la qualité de l'habitat a été élaboré par le ministère de l'Environnement et de la Faune (Lafleur & Blanchette, 1993; Savignac et al., 1996). Cet indice intègre les différentes échelles spatiales qui peuvent régir le comportement de sélection d'habitat du Grand Pic, soit le paysage forestier, le macrohabitat et le microhabitat. Issu d'une revue de littérature sur l'ensemble de l'aire de répartition du Grand Pic, cet indice considère la densité d'arbres  $\geq 35$ cm de DHP, la composition en essences du couvert forestier et la structure verticale de la végétation comme les variables importantes dans la sélection de l'habitat chez le Grand Pic. Un exemple de facteur d'importance Toutefois, les travaux empiriques sur le Grand Pic ont montré que la sélection de sites de nidification est fortement associée non seulement au diamètre des arbres mais au degré de dégradation du bois cœur des arbres qui est affecté par des maladies fongiques qui facilitent l'excavation des cavités (Cadieux, 2017; Cooke & Hannon, 2012; Jackson & Jackson, 2004).

#### Importance du Grand Pic dans le maintien des écosystèmes forestiers

Le Grand Pic est une espèce grandement influente pour la biodiversité de son écosystème, c'est pourquoi il est considéré comme une espèce « clé de voûte » (keystone, *sensu* Paine 1969). Ces espèces ont un impact disproportionné sur leur écosystème en comparaison à leur abondance ou leur biomasse (Aubry & Raley, 2002b; Power et al., 1996). Les impacts de ces espèces peuvent être directement liés aux interactions qu'elles entretiennent avec les autres espèces. Il existe un autre type d'impact qui peut être causé par des espèces clés de voûte, soit la modification d'habitats. Ces espèces vont, de par leur mode de vie, créer, altérer et maintenir des habitats, d'où leurs noms d'« ingénieurs d'écosystèmes » (Jones et al., 1994; Power et al., 1996). L'exemple

typique est celui du castor (*Castor canadensis*) qui, en construisant son barrage, change les processus hydrologiques du milieu, ce qui crée des habitats pour d'autres espèces (Aubry & Raley, 2002b; Ripple & Beschta, 2004). C'est dans cette catégorie de modificateur d'habitat que se retrouve le Grand Pic. Ses excavations sont des altérations directes de l'habitat qui sont bénéfiques pour une panoplie d'autres espèces, notamment celles qui ont besoin de grandes cavités pour vivre et se reproduire, mais qui n'ont pas la capacité de les construire (i.e., utilisateurs secondaires; Aubry et Raley, 2002b ; Bull et Jackson, 2020 ; Martin et Eadie, 1999 ; Ouellet-Lapointe et al., 2012). Martin et Eadie (1999) ont introduit un concept de réseau d'utilisateurs de cavités – *nest web* – où les utilisateurs s'organisent de manière hiérarchique autour de la ressource primaire, soit la cavité. D'après les études faites en forêt boréale de l'est de l'Amérique du Nord , les cavités du Grand Pic sont associées à 7 espèces d'utilisateurs secondaires, dont le garrot à œil d'or (*Bucephala clangula*) et le grand polatouche (*Glaucomys sabrinus*), et sont majoritairement excavées dans du peuplier faux-tremble (Cadieux, et al., 2023, 2024; Drapeau et al., 2009; Drapeau & Cadieux, 2016). Avec tant d'espèces dépendantes de la présence du Grand Pic, il devient essentiel d'inclure la conservation de son habitat dans les plans de gestion forestière. C'est d'ailleurs pour cette raison que le Grand Pic est proposé comme une espèce parapluie (i.e., la conservation de son habitat bénéficie une panoplie d'autres espèces) pour la forêt boréale (Bull et al., 1992; Cadieux, 2017; Lemaître & Villard, 2005; Savignac et al., 2000).

## Historique du réseau d'électricité et des forêts du Canada

### La forêt boréale

La forêt boréale du Canada est incluse dans l'un des grands biomes terrestres, soit le biome boréal qui couvre environ 1,890 milliards d'hectares. Cette zone est circumpolaire, c'est-à-dire qu'elle est distribuée tout autour de la planète dans des latitudes nordiques réparties entre l'Amérique du Nord et l'Eurasie (Brandt, 2009). Étant donné son immense superficie, on

retrouve une grande variation au niveau du climat et de la température au sein de la forêt boréale canadienne, ce qui se traduit en paysages non uniformes. Bien que ce soit la forêt dense qui y domine, on retrouve aussi des zones humides, des zones alpines et des lacs et rivières (Brandt et al., 2013). Généralement dominée par les conifères en haute latitude (ex : *Abies* et *Picea*), on retrouve une cooccurrence avec des feuillus intolérants (ex : *Populus* et *Betula*) en descendant vers la zone hémiboréale (Brandt et al., 2013; Gagnon, 2004). Le climat a donc une influence sur la structure et les fonctions des écosystèmes, mais aussi sur d'autres processus qui sont responsables des changements dans la mosaïque de la forêt boréale, notamment les régimes de feu et les épidémies d'insectes (Bergeron et al., 2001; Brandt et al., 2013). Ces perturbations ont historiquement été déterminantes de la structure du paysage forestier étant donné qu'elles se produisent sur de grandes superficies (Bergeron et al., 2001; Drapeau et al., 2000). Cependant, avec l'augmentation constante de la population mondiale, ce sont les perturbations de nature anthropique, notamment la foresterie, qui définissent actuellement la mosaïque de la forêt boréale (Brandt et al., 2013; Drapeau et al., 2000; Franklin & Forman, 1987). Aujourd'hui, les ingénieurs forestiers s'inspirent en partie des perturbations naturelles lorsqu'ils établissent leurs plans de récolte. En s'assurant que la composition et la structure des peuplements restent similaires à ce qu'on retrouve naturellement, ils assument qu'il y aura un maintien de la biodiversité étant donné que les organismes sont adaptés aux perturbations naturelles (Bergeron et al., 2001). Cependant, les coupes forestières demeurent plus fréquentes que les cycles de feux, ce qui tend vers une structure équiennne (arbres de même âge et de même diamètre) de la végétation qui rajeunit la mosaïque forestière, en laissant moins de forêts âgées sur le territoire et en corollaire moins d'arbres sénescents et morts dans les paysages forestiers aménagés (Bergeron et al., 2001; Cyr et al., 2009; Drapeau et al., 2000, 2009). Ces modifications anthropiques causées par les coupes forestières tendent à remplacer les vieilles forêts matures par des jeunes forêts de début de succession (Drapeau et al., 2000), ce qui est négatif pour les espèces dépendantes des vieilles forêts productrices des arbres de fort diamètre sénescents et

morts qui sont critiques pour l'alimentation et la reproduction du Grand Pic (Bull & Jackson, 2020; Savignac et al., 2000).

### Historique du réseau d'électricité

Comme mentionné précédemment, l'augmentation de la population mondiale entraîne différentes pressions d'origines anthropiques sur l'environnement. L'avènement de l'électricité est un exemple de pression à deux facettes, soit 1) la construction des réseaux de distribution d'électricité qui vient affecter directement les écosystèmes forestiers en créant des emprises de milieux ouverts dans les milieux boisés, ainsi que 2) le besoin en poteaux de bois qui repose sur un approvisionnement soutenu en poteaux. C'est lors de l'Exposition universelle de Paris de 1878 que l'ancêtre de l'électricité moderne est découvert grâce à la *lampe à arc* de Pavel Jablochkov (Archives d'Hydro-Québec, s. d.-b). Cette dernière passe cependant rapidement dans l'oubli lorsque le *Sorcier de Menlo Park*, c'est-à-dire Thomas A. Edison, présente sa nouvelle invention, soit la lampe à incandescence, et devient le père fondateur du développement de l'industrie électrique (Archives d'Hydro-Québec, s. d.-b; Edison, 1998). Peu longtemps après, les premiers réseaux de distribution d'électricité voient le jour un peu partout dans le monde, incluant le Canada. L'une des premières centrales hydroélectriques du pays est aménagée en 1881 en Ontario, à Niagara Falls, et servait à alimenter le village du même nom, ainsi que des petites usines situées du côté américain (Électricité Canada, 2022). Dès le début des années 1900, en réponse à l'augmentation de la demande en électricité, de grands projets de centrales éloignées des centres urbains voient le jour et, avec ces centrales naissent les réseaux de transport et de distribution de courant électrique.

Aujourd'hui, chaque province canadienne gère de manière différente son électricité. Depuis 1944, le Québec possède une société d'État nommée Hydro-Québec qui gère depuis 1962 toute l'électricité de la province et qui s'étend sur 34,000 km de lignes de transport (Archives d'Hydro-Québec, s. d.-a). En Ontario, la compagnie Hydro-One détient presque toute la

capacité de transport de la province en s'étendant sur plus de 30,000 km de lignes de transport. Il existe cependant plus de 60 sociétés privées de distribution d'électricité en Ontario (Gouvernement du Canada, 2023), comparativement au Québec où Hydro-Québec y est seule à exploiter.

Pour concevoir une nouvelle ligne de distribution au Québec, il faut obtenir plusieurs autorisations législatives et respecter les critères établis par Hydro-Québec (Hydro-Québec, 2017). Des études d'impact environnementales doivent être préalablement faites afin de respecter plusieurs lois, dont la *Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier* (L.R.Q. c. A-18.1) qui touche particulièrement l'étape du déboisement. De base, le déboisement de l'emprise, c'est-à-dire le corridor dégagé sous la ligne, doit être fait sur une largeur totale d'environ 10m pour une ligne monophasée (i.e., ligne simple de 10 volts, reliant les résidences) et d'environ 13m pour une ligne triphasée (i.e., ligne triple gérant un plus grand voltage, reliant entre autres les entreprises) (Hydro-Québec, 2017), ce qui est non négligeable en termes de modification environnementale. De plus, le *Règlement (fédéral) sur les oiseaux migrateurs* (ROM 2022), modifié le 30 juillet 2022, interdit « d'endommager, de détruire, d'enlever ou de déranger les nids d'oiseaux migrateurs lorsqu'ils contiennent un oiseau vivant ou un œuf viable » (Canada, 2022). La modification de 2022 oblige l'attente d'une période de 36 mois pour détruire un arbre contenant un nid actif de Grand Pic, et le compte à rebours est d'ailleurs relancé dès qu'une espèce migratrice ou à statut réutilise la cavité de Grand Pic.

À titre d'information, Hydro-Québec gère un parc de près de 1,8 million de poteaux de bois et l'inspection de ces poteaux est effectuée aux 10 ans. Les essences principalement utilisées sont les pins rouge (*Pinus resinosa*) et gris (*Pinus banksiana*) et les traitements effectués sur le bois sont, anciennement le penta (Pentachlorophénol), actuellement le CCA-PA (Arséniate de cuivre avec Polymère) (Hydro-Québec et al., 2020).

## Relation pics-poteaux

Comprendre pourquoi les pics picorent et excavent les poteaux de bois est essentiel afin de comprendre pourquoi ils les endommagent. Harness et Walters (2005) proposent 4 catégories d'utilisation du bois par les pics, soit à des fins d'alimentation, de communication (i.e., tambourinement), de reproduction et de repos. Le tambourinement ne cause pas de dommages assez importants pour être considéré néfaste pour les poteaux. Au niveau de l'alimentation, les pics exploitent le bois selon différentes méthodes de recherche de nourriture et ces méthodes n'ont pas toutes le même impact sur les poteaux. Des techniques de recherche de nourriture mentionnées précédemment (voir section 1.2.1), seulement 4 ont le potentiel d'endommager les poteaux. Toutefois, au Canada et dans le nord des États-Unis, seules les excavations effectuées par le Grand Pic représentent un réel risque pour l'intégrité structurale des poteaux. Finalement, les cavités de reproduction entrent dans la catégorie qui endommage le plus les poteaux, notamment chez les espèces excavant de grandes cavités comme c'est le cas du Pic Flamboyant (*Colaptes auratus*) et du Grand Pic en Amérique du Nord, ainsi que du Pic Noir (*Dryocopus martius*) en Europe (Bevanger, 1997; Tupper et al., 2010). Un autre facteur important à considérer pour mieux comprendre l'utilisation des poteaux de distribution d'électricité ou de télécommunications par les pics est le comportement de sélection d'habitat. Comme mentionné précédemment (voir section 1.2.2), la qualité et la disponibilité de l'habitat à l'échelle du domaine vital du Grand Pic sont sur un territoire donné, d'importants éléments expliquant la présence et la densité des populations de cette espèce (Bonar, 2000; Cadieux et al., 2018; Savignac et al., 2000). Comme les poteaux de distribution d'électricité dans l'environnement représentent un réseau de tiges d'arbres morts sur pied connecté par des fils, on peut penser que si les poteaux de bois ont des caractéristiques qui s'apparentent à celles des arbres que le Grand Pic utilise en forêt naturelle (fort diamètre (DHP), hauteur élevée, degré de dégradation du poteau favorisant la présence de colonies de fourmis charpentières ou autres insectes saproxyliques), ces structures artificielles sont susceptibles d'être utilisées par le Grand Pic (Bevanger, 1997; Dennis, 1964).

Dans la littérature, plusieurs hypothèses ont été émises sur les facteurs associés à la sélection des poteaux de distribution par le Grand Pic comme substrat de reproduction. Turcek (1960) est l'un des premiers à s'y pencher et il écarte l'idée que ce comportement serait dû à un manque d'arbres de taille adéquate pour la reproduction. Dennis (1964) tend vers cette même conclusion, car ses observations effectuées en Amérique du Nord montrent que les dommages les plus sévères prennent place dans des habitats qui sont adéquats pour le Grand Pic, donc abondants en bois mort et en gros arbres. Toutefois, ces interprétations ne sont pas appuyées par la récolte quantitative de données fines sur la disponibilité des arbres pouvant potentiellement être utilisés pour la reproduction ou l'alimentation du Grand Pic. À son tour, Rumsey (1973) énonce l'hypothèse que le Grand Pic pourrait sélectionner les poteaux à cause de la localisation stratégique qu'ils procurent dans la défense de son territoire, mais contrairement aux deux autres auteurs, il suggère que le manque d'arbres exploitables par le Grand Pic pour y creuser une cavité l'orienterait vers une sélection positive des poteaux. Initialement considérées comme des hypothèses contradictoires (sélection des poteaux par préférence de ce nouveau substrat ou bien par manque d'arbres disponibles dans l'environnement adjacent aux lignes de services publics), comme bien des phénomènes en écologie, on peut considérer ces hypothèses comme étant complémentaires et non mutuellement exclusives (*sensu* Quinn et Dunham 1983), dans le sens où l'utilisation par le Grand Pic des poteaux d'infrastructures de services publics pourrait être à la fois associée la disponibilité de ressources (arbres de nidification et/ou arbres d'alimentation) dans l'environnement adjacent aux infrastructure (échelle du paysage) et aux propriétés physiques des poteaux (arbres morts solides de diamètre adéquat dont le bois est facile à excaver).

## Survol du projet de recherche

### Aire d'étude

Gérées par le ministère des Ressources Naturelles d'Ontario (OMNR), les forêts et les régions naturelles Ontariennes sont séparées en unités écologiques définies selon plusieurs aspects de l'environnement (i.e., physionomie du sol, de la végétation et de la roche mère, climat, etc.)

formant le système de Classification Écologique des Terres (ECL; OMNR, 2007). Afin d'aider à la planification forestière, cette classification est subdivisée en plusieurs échelles (Annexe A, figure 1), dans notre cas, nous nous arrêterons à l'écozone, l'écorégion et l'écodistrict de notre aire d'étude. Située dans la région administrative du Nord-Est de l'Ontario, l'aire d'étude de ce projet de recherche s'étend de la réserve autochtone Dokis (46.1305486800941, -80.02422948032245) au nord, jusqu'au village de Golden Valley (45.9271085743808, -79.79435968820631) au sud. Elle est localisée dans l'écozone du Bouclier Ontarien, qui occupe près de 60% du territoire de la province, et englobe toute la roche-mère précambrienne. De sa grande superficie, cette écozone comporte une combinaison des éléments du paysage du nord et du sud, ce qui est lui confère une grande diversité biologique. Son écorégion est la Baie Georgienne (5E), qui s'étend du sud-est du Lac Supérieur jusqu'à la partie centrale de la vallée de la rivière des Outaouais à l'est. Le sol est caractérisé par la roche-mère précambrienne, qui est d'ailleurs souvent exposée, ainsi que par différentes profondeurs de till. La végétation est représentative de la région des Grands-Lacs et du Saint-Laurent, c'est-à-dire un mélange d'essences du sud et du nord. Pour terminer, l'aire d'étude est située dans l'écodistrict de North Bay. Ces informations proviennent des cartes géomatiques fournies par *l'information sur les terres d'Ontario* (MNRF, 2012) ainsi que du Guide d'introduction à la classification écologique des terres (OMNR, 2007).

#### Relation du projet avec le Peuple autochtone Dokis

Au Canada, on retrouve 3 catégories de peuples autochtones soit les Premières Nations, les Métis et les Inuits. Notre aire d'étude se situe sur une réserve s'apparentant aux Premières Nations, plus précisément au groupe des Anishinaabeg qui est associé au langage et à la culture Ojibwe-Anishinaabemowin (Helm, 1981; Historica Canada, 2023). Depuis 2016 en Ontario, les relations avec les peuples autochtones sont gérées par le ministère des Relations avec les Autochtones et de la Réconciliation (MIRR), anciennement nommé le ministère des Affaires Autochtones (2007 à 2016). Le mandat de ce ministère est de :

« ... [refléter] sa volonté de travailler avec les gouvernements, les organisations et les communautés autochtones qui représentent les intérêts des peuples des Premières Nations, des Inuits et des Métis qui vivent en Ontario. » (MIRR, 2022)

Du recensement de 2016, la province ontarienne compte la plus importante population autochtone du Canada avec près de 374 400 personnes réparties en 133 communautés. Le peuple Dokis, de descendance Ojibwe, possède une riche histoire liée à la traite des fourrures qui était grandement favorisée par leur localisation stratégique située à l'embouchure du lac Nippissing. Ce n'est qu'à la fin des années 1800, lors de la négociation du traité Robinson-Huron, que le peuple Dokis s'est installé sur la terre qu'ils occupent actuellement (Admin, 2023), et c'est ce village que nous avons eu la chance de côtoyer.

#### Objectifs et retombées du projet

L'objectif général de ce mémoire est de mieux comprendre l'occupation spatiale à long terme et la sélection des substrats de reproduction chez le Grand Pic (*Dryocopus pileatus*), dans un contexte où des éléments structuraux anthropiques tels que les poteaux de distribution en bois sont présents dans un environnement forestier. En s'appuyant sur des inspections annuelles des dommages causés aux poteaux, ce projet vise à déterminer les facteurs qui influencent l'utilisation de ces structures par le Grand Pic pour la nidification. Plus spécifiquement, nous nous intéressons à l'influence combinée des caractéristiques physiques des poteaux, ainsi que de la disponibilité des ressources alimentaires et des arbres propices à la nidification dans le milieu forestier adjacent aux poteaux. Le chapitre principal, rédigé sous forme d'article scientifique, analysera dans quelle mesure ces différents facteurs contribuent à expliquer les patrons spatiaux et temporels d'excavation de cavités sur les poteaux le long d'une ligne de distribution.

Ce projet de recherche est mené au sein du laboratoire de Pierre Drapeau, en collaboration avec Hydro-Québec, Hydroméga Services inc. et le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

(MFFP) du Québec. Les retombées de cette recherche peuvent être doubles, soit au niveau de l'acquisition de connaissances fondamentales sur l'écologie et la sélection d'habitat du Grand Pic, mais aussi au niveau économique afin d'aider les compagnies de distribution d'électricité à mieux comprendre et gérer le problème de dommages causés par le Grand Pic. Le fait d'affûter nos connaissances sur le comportement de sélection d'habitat du Grand Pic à plusieurs échelles spatiales permettra à la fois de mieux comprendre pourquoi cette espèce choisit les poteaux, mais aussi d'avoir une meilleure compréhension du rôle de la qualité et de la disponibilité d'habitats propices pour le Grand Pic à l'échelle des domaines d'activités de cette espèce. Étant donné sa grande importance dans le maintien de la biodiversité, dû à son rôle fonctionnel d'espèce clé de voûte, il est impératif de savoir si le Grand Pic sélectionne les poteaux par manque d'arbres propices (i.e., par manque d'habitat de nidification de qualité) dans son environnement. À l'inverse, si les résultats de cette recherche ne montrent pas un manque de disponibilité d'arbres propices à la reproduction, l'hypothèse d'un choix par le Grand Pic pour les poteaux et ses caractéristiques intrinsèques devra être considérée. Cela permettra de raffiner l'analyse des caractéristiques de l'intégrité des poteaux, tant dans la qualité du bois que les compagnies achètent que dans l'efficacité des répulsifs utilisés contre les insectes, notamment les fourmis charpentières.

## CHAPITRE I

WOOD POLE CHARACTERISTICS AND HABITAT QUALITY OF ADJACENT FORESTS  
ALONG UTILITY SERVICE INFRASTRUCTURES AS DRIVERS FOR BREEDING  
PILEATED WOODPECKERS (*DRYOCOPUS PILEATUS*)

## Résumé

Le Grand Pic (*Dryocopus pileatus*) est reconnu pour ses excavations de nidification qui sont profondes et peuvent ainsi endommager sérieusement les poteaux de bois utilisés dans les réseaux de distribution électrique. Cette étude vise à comprendre les effets relatifs des caractéristiques physiques des poteaux de bois des lignes de distribution et de transport d'électricité et de la densité des arbres d'alimentation et de reproduction disponibles pour le Grand Pic dans les forêts adjacentes, sur la probabilité de dommages causés par cette espèce sur les poteaux des infrastructures de services publics. Disposant de données exceptionnelles provenant de suivis annuels des dommages fait par les pics sur les poteaux de bois d'une ligne de transport d'électricité sur près d'une décennie, et de données précises provenant d'inventaires terrain de la densité des arbres d'alimentation et de nidification du Grand Pic de la forêt adjacente à la ligne Okikendawt, nous montrons que la probabilité de dommages sur les poteaux n'est pas liée à la disponibilité des arbres d'alimentation mais augmente en fonction du diamètre des poteaux et de la densité des peupliers faux-trembles avec *Phellinus tremulae* propices à la nidification du Grand Pic en forêt. De plus, cette densité demeurant faible sur l'ensemble de la ligne, nos résultats indiquent que les poteaux des infrastructures de services publics peuvent être des substrats de nidification qui viennent compenser pour la disponibilité sous-optimale des forêts adjacentes quand ces dernières sont encore trop jeunes pour contenir des densités adéquates d'arbres de fort diamètre sénescents qui peuvent servir de substrats de nidification au Grand Pic. Nous recommandons d'intégrer au processus de planification des infrastructures de services de transport et de distribution d'électricité et de télécommunications une connaissance fine de la disponibilité des arbres d'alimentation et de reproduction du Grand Pic dans les forêts adjacentes qui servira à développer des modèles précis de la gestion du risque des dommages permettant une gestion proactive et non réactive de ces infrastructures anthropiques.

Mots-clés : Grand Pic (*Dryocopus pileatus*), arbres d'alimentation et de reproduction, sélection d'habitat, caractéristiques des poteaux de bois, infrastructures anthropiques de services publics

## Abstract

The Pileated Woodpecker (*Dryocopus pileatus*) is known for its deep nesting excavations that can seriously damage wooden poles used in public utility services. This study aims to understand the relative effects of the physical characteristics of wood poles on power distribution and transmission lines and the density of feeding and breeding trees available to Pileated Woodpecker in adjacent forests, on the likelihood of damage caused by this species on utility poles. Using a unique data set from annual monitoring of woodpecker damages to the wooden poles of a power line over nearly a decade, and precise data from field surveys of the density of Pileated Woodpecker feeding and nesting trees in the forest adjacent to the Okikendawt line, we found that the probability of damages on poles is not related to the availability of foraging trees but rather to the diameter of wooden poles and the density of suitable nesting trees (trembling aspens infected by heart rot conks of *Phellinus tremulae*) for Pileated Woodpeckers in the forest. In addition, since this nesting tree density remains low along the entire line, our results indicate that utility poles are nesting substrates that compensate for the suboptimal availability of adjacent forests when they are still too young to contain adequate densities of senescent large-diameter trees that main nesting substrate for Pileated Woodpeckers. We recommend that detailed knowledge of the availability of Pileated Woodpecker feeding and breeding trees in adjacent forests be integrated into the planning process for electricity transmission and distribution services, which will be used to develop accurate damage risk management models that allow proactive instead of reactive management of woodpeckers' damages on anthropogenic infrastructures.

Keywords: Pileated Woodpecker (*Dryocopus pileatus*), foraging and nesting trees, habitat selection, utility services infrastructures, wood pole characteristics

## Introduction

With urban sprawl comes a variety of man-made structures that can be used by wildlife, especially avifauna (Mainwaring, 2015; Willard & Willard, 1978). Examples include Chimney Swifts (*Chaetura pelagica*) using chimneys, Ospreys (*Pandion haliaetus*) nesting on agricultural silos and various swallow species (*Hirundo spp.*) inhabiting barns. While some bird species use man-made structures for resting, roosting, or feeding, they mostly use these structures for breeding purposes (Fitzgerald et al., 2014; Imlay et al., 2019; Mainwaring, 2015). This is the case for cavity-nesting birds that frequently use utility poles as breeding sites (Bevanger, 1997; Dennis, 1964). Primary excavators, such as woodpeckers, can cause significant damage to utility poles during excavation, ultimately compromising their structural integrity (Bevanger, 1997; Dennis, 1964; Millar, 1992). This poses a major economic issue for companies relying on utility poles, including those in electric power transmission, telecommunications, and other industries, as they must repair, protect, or replace the damaged poles. Costs can be even higher when power lines pass through natural environments (i.e., forests), as access to poles is severely limited.

The Pileated Woodpecker (*Dryocopus pileatus*; hereafter referred to as PIWO) is one of the key species involved in this issue in North America. Its use of utility poles dates back to the early 1900 and is observed throughout its distribution range (Dennis, 1964), which extends from the Canadian boreal forest to the entire eastern United States, as well as the Pacific Northwest (Bull & Jackson, 2020; Cornell Lab of Ornithology, 2023; figure 1). Being the largest representative of the Picidae family, this species, along with most other woodpeckers requires forest habitats with a range of tree diameters (from small to large size), decay classes, including living trees to trees with advanced decay that are commonly found in late-successional forests (Drapeau et al., 2009; Edworthy and Martin 2013). The space use of Pileated Woodpecker is, as with most other woodpeckers of the cavity-using community, linked with the availability of suitable trees for excavating their nests, roosts, and for foraging on invertebrates (Tomasevic

and Marzluff, 2018, Bull and Jackson 2020). Throughout their distribution range Pileated Woodpeckers show plasticity in their use of foraging substrates, feeding on small and large, living or dead trees, on different tree species coniferous trees (Bush et al., 2009a) and deciduous trees (Flemming et al., 1999; Nappi et al., 2015). However, they are more selective in their choice of cavity-bearing trees where large-sized living, decaying and dead trees are essential for excavating their breeding cavities (Bull et al., 1997; Bull & Jackson, 2020; Jackson & Jackson, 2004; Cadieux et al., 2023, Bilodeau-Colbert 2023). In hemiboreal and boreal forests, tree species where senescent trees of the poplar family, particularly large (DBH >35 cm) trembling aspen (*Populus tremuloides*) affected by heart rot conks, are strongly selected by Pileated Woodpeckers for excavating their breeding cavities (Bonar, 2001; Ouellet-Lapointe et al., 2012; Cadieux, 2017; Cadieux et al., 2023, 2024; Martin et al., 2004, Bunnell, 1999).

Large diameter nesting substrates by Pileated Woodpeckers also extends to utility poles, whereas utilization of large poles has been noted in some studies (Dennis 1964, Bevanger 1997), but very few studies have analyzed it numerically to determine if there was a selection process for size by woodpeckers (but see Morneau et al. 2011; Cadieux et al. 2017). As with trees, this species would strongly select the largest transmission poles as it needs a certain diameter for its nesting and roosting cavities. Bevanger (1997) even proposed that the greater size and height of certain transmission poles compared to surrounding trees would serve as a super stimulus enticing the bird to further explore and excavate. In such contexts, Pileated Woodpeckers may simply select the largest available stem—regardless of whether it is a tree or a pole.

The availability of foraging substrates for Pileated Woodpeckers is largely determined by forest composition, stand age, and the abundance of decayed trees. Several studies have emphasized that suitable feeding resources are not uniformly distributed across the landscape but instead concentrate in older forests and areas with high volumes of snags and logs (Turcek, 1960; Dennis, 1964; Millar, 1992). In Canada, and particularly in Québec, trembling aspen and other hardwoods frequently affected by heart rot fungi provide important reservoirs of prey and constitute key foraging sites.

While food availability is an important factor influencing Pileated Woodpecker territory selection, few studies have quantitatively assessed the availability of foraging substrates in forest ecosystems (but see Bérubé-Beaulieu, 2023; Millar, 1992). The abundance of decaying wood or senescent trees, which support xylophagous prey, is strongly linked to the availability of foraging substrates for PIWO. However, variation in forest structure, disturbance regimes, and decay dynamics makes it difficult to generalize patterns of availability across regions. This variability highlights the importance of directly quantifying foraging substrate when studying territory selection and use. Consequently, even when suitable breeding trees are present, a large utility pole may be more favorable if located in an area with optimal food availability.

Early work on PIWO excavations on utility poles (Dennis, 1964; Turcek, 1960) suggested that such use was not due to a lack of suitable breeding trees in adjacent forests. In fact, the authors argued that many of the utility poles used were located in areas with abundant dead wood and large trees. Turcek (1960) concluded that pole damages were mostly due to pre-winter winter behavior, during which PIWO would excavate many roosting holes. However, he did not conduct a formal analysis to support this hypothesis, as his conclusions are based solely on observations. Dennis (1964) suggested that intraspecific competition drives the use of poles as breeding substrates, as it reduces the availability of suitable breeding trees (i.e., large and dead trees) near the poles. With that said, his paper is more of a meta-analysis, meaning that he did not measure the availability of suitable trees in forests adjacent to utility lines, but rather reported what was documented in the existing literature. Subsequently, Rumsey (1973) proposed that PIWOs' might select utility poles because of its attractiveness. In fact, the author observed that PIWOs' will compete for cavities in poles, even after having unsuccessful nesting. His assumptions are that nest predation, by either raccoons (*Procyon lotor*) or rat snakes (*Pantherophis spp.*), is less likely to occur on utility poles than in trees, and that the openness surrounding the poles provides better acoustics for communication between mates or competitors. However, unlike the earlier researchers, Rumsey suggested that it is the lack of

suitable breeding trees (i.e., large and dead trees) that might drive woodpeckers to use utility poles, making his position contrary to what Dennis and Turcek proposed.

Understanding the singular use of utility poles by Pileated woodpeckers requires a more in-depth knowledge with sound quantitative data of the combined influence of drivers such as utility poles characteristics adequate for breeding (height, diameter at breast height (DBH), wood hardness) and availability of breeding and foraging trees in the surrounding environment. These factors may interact to either increase or decrease the likelihood of utility poles to be used as breeding substrates. In addition, since this species is a year-round resident where mates occupy the same space for several years (Kilham 1979; Bull and Jackson 2011), the likelihood that utility poles within a given home range (the same poles or others nearby) be used over several years may increase the overall woodpecker damages experienced by these human-made infrastructures over time. In this study, we focused on a hydroelectric transmission line that has been heavily damaged by Pileated Woodpecker activity, the Okikendawt electric transmission line, that is located near French River in Ontario, Canada, runs through a mixedwood forest that was harvested over 90 years ago. Contrary to most other electric transmission or distribution lines where damage inspections on infrastructures are made over longer time intervals (10, 15 or 20-year periods) this site has been inspected every year over the last 10 years. It thus offered a unique opportunity to follow on a year-to-year basis the evolution of damages to utility poles and hence analyze yearly damages on poles and space use by Pileated Woodpeckers along the transmission line during that period.

In this paper we quantify the long-term spatial occupancy of Pileated Woodpeckers along a transmission line of wooden utility poles surrounded by a forested environment. Using yearly inspections of wooden poles damages made by Pileated woodpeckers breeding excavations we quantify the spatial occupancy of this species along this infrastructure. We analyze the relative influence of wooden poles characteristics and the availability of foraging and breeding trees in the adjacent forest on the spatial and temporal patterns of cavity excavations on wooden poles by woodpeckers. First, we hypothesize that wood utility poles with a diameter at breast height

(DBH) comparable to that of nesting trees typically used by Pileated Woodpeckers in the forest will be more frequently excavated than poles with smaller DBH (Cadieux et al., 2017; Bilodeau-Colbert 2022). Our second hypothesis considers that foraging trees in the adjacent forest of the utility line are a driver in Pileated Woodpeckers' space use. We predict that forest sectors with utility poles on which Pileated Woodpeckers have nesting cavities harbor more foraging substrates, a proxy for higher food resources availability (Dennis 1964). Conversely, forest sectors surrounding undamaged poles will have fewer foraging substrates. Thirdly, we hypothesize that the availability of potential nesting trees in the adjacent forest of a utility line will modulate Pileated Woodpeckers' use of utility poles for nesting. We predict that lower densities of potential nesting trees in the adjacent forest will translate into a higher probability of use of utility poles by this species for nesting, whereas higher densities of potential nesting trees in the forest will lead to less nesting excavations by Pileated Woodpeckers on utility poles.

Using a model selection approach, we tested these three hypotheses in a non-mutually exclusive sense (*sensu* Quinn and Dunham 1983) to understand how selection of utility poles by breeding Pileated Woodpeckers is driven by multifactorial conditions instead of viewing our hypotheses as competing single causes.

## Methods

### Study area

The study was conducted in the Northeastern Ontario administrative region (Figure 2), managed by the Ontario Ministry of Natural Resources (OMNR). This region is part of the Ontario Shield ecozone, which covers nearly 60% of the province and encompasses the entire Precambrian bedrock. More specifically, the study area falls within the Georgian Bay ecoregion (5E), which extends from the southeastern shores of Lake Superior to the central Ottawa River valley. At a finer scale, it is in the North Bay ecodistrict, within the Great Lakes-St. Lawrence Forest Region. The predominant land cover types include closed-canopy mixedwood (42%), deciduous (26%), coniferous forests and open-canopy forests (12%), (6%), with the remainder being non-forested habitats. The main tree species include maples (*Acer spp.*), yellow birch (*Betula alleghaniensis*), trembling aspen (*Populus tremuloides*), white pine (*Pinus strobus*), red pine (*Pinus resinosa*), eastern hemlock (*Tsuga canadensis*), and white cedar (*Thuja occidentalis*). Recent forest harvesting has been minimal in the study area, with only 3% of the landscape logged in the past 27 years and, additionally, 94% of the productive forest is over 80 years old resulting from forest harvesting in the early 1920's (OMNR, 2009). The hydroelectric powerhouse (46.123838, -80.014563) is located on the French River, approximately 16 km southwest of Lake Nipissing. A total of 491 utility poles extends over 40 km, connecting the facility to the Hydro One grid (45.946949, -79.795446). The Okikendawt Hydro LP project is jointly owned by Hydromega Services Inc. (60%) and the Dokis First Nation (40%).

### Site selection and forest cover characterization

To assess habitat characteristics relevant to Pileated Woodpeckers ecology and space use, we conducted vegetation field surveys in the forest matrix surrounding the Okikendawt utility line. Our forest vegetation inventories within the range of forest cover types around the utility line allowed us to gather quantitative data on foraging and breeding trees used or having the potential of being used by Pileated Woodpeckers in the study area. Using this empirical data

set as a benchmark we then extrapolated foraging and breeding tree densities to corresponding forest cover types of the digital forest maps to the entire study area. To ensure that our sampling was representative, we used the 2008 OMNR digital forest cover maps to define different forest cover types. We first separated the tree cover into categories of importance for the both the nesting and feeding ecology of the Pileated Woodpecker, i.e., aspen (Ta), maple and ash (MaAs) and coniferous (Conifer) (see Bull and Jackson 2020; Fouillet, 2018; Nappi et al., 2015; Cadieux and Drapeau 2017; Cadieux et al., 2023, 2024). These categories were further subdivided by the percent cover that target tree species occupy in the forest polygons, i.e., 1) 1-24%, 2) 25-49%, 3) 50-74% and 4) > 75%. Finally, using the stand age distribution curve, we separated the study area into three categories: 1) 0-39 years, 2) 40-79 years and 3) > 80 years forest stands.

Using QGIS (QGIS Development Team, 2023), we created a buffer zone (7500 ha) encompassing the length of the 491 poles by calculating a radius of 900m around each poles. This area corresponded to the home range of the Pileated Woodpecker in temperate and boreal forests of eastern Canada (Savignac et al., 2000; Bilodeau-Colbert unpublished data). We then calculated the cumulative proportion of each forest cover type within this area and selected all forest cover types that collectively represented up to 95% of the total area (Table 1) for conducting field sampling of the density of potential foraging and breeding trees by Pileated Woodpeckers and the identification in the field of foraging marks on trees and breeding cavity excavations in the surrounding forest along the transmission line.

#### Field sampling of habitat characteristics

To characterize the vegetation structure and composition across different forest cover types, we aimed to sample approximately 25 plots of 1600 m<sup>2</sup> (corresponding to a circular plot with a radius of 22.6 m) per forest cover type (Figure 4). This sampling approach allowed to capture the variability within each forest cover type and ensure a representative assessment of availability of potential foraging and nesting trees in the study area. We randomly placed the plots within a 500m radius around the utility poles with plots being at least 50m apart. For each

plot, we measured every standing dead tree larger than 10cm in DBH. Measurements taken were tree species, degradation class based on Ouellet-Lapointe (2010; Figure 3), absence or presence of both fungi and signs of pileated woodpecker activity (either foraging or breeding excavations). Within the central point of the 1600m<sup>2</sup> plots, we then sampled smaller plots (400m<sup>2</sup>, corresponding to a circular plot with a radius of 11.3 m) in which all living trees larger than 25cm in DBH were measured with the same characteristics mentioned above (Figure 4). Overall, we sampled a total of 218 plots (348 000 m<sup>2</sup>) between the summers 2022 (123 plots) and 2023 (95 plots). Forest cover strata with less than 25 sampled plots were combined to have a representative sampling effort across forest cover types (see Table 2). Based on our field data from live and dead tree surveys, we quantified the number of stems per hectare (stems/ha) of potential foraging and breeding substrates by selecting trees that matched characteristics (DBH, decay stage, and tree species) known to be used by Pileated Woodpeckers in hemiboreal and boreal forests of eastern Canada (Fleming et al., 1999; LeMaître and Villard, 2005; Gasse, 2007; Nappi et al., 2015; Antaya, 2019; Bilodeau-Colbert, 2023; Bérubé-Beaulieu, 2023; Cadieux et al., 2023, 2024). These values were calculated for each forest cover stratum within each cluster of poles (Table A1).

#### Landscape characterization of the transmission line

Digital forest cover maps and field sampling of trees in adjacent forests of the transmission line, revealed a marked contrast in the composition of the forest and its topography across the study area. Accordingly, we quantified the spatial variation in the density of trembling aspen stems with *Phellinus* conks (Ta+PHTR) across forest cover types using the digital forest map. Trembling aspen with conks represents a key breeding substrate highly selected by PIWO in hemiboreal and boreal forests of eastern Canada (Cadieux and Drapeau, 2017; Bilodeau-Colbert, 2023; Cadieux et al., 2023, 2024).

Using ArcGIS, we applied a 150 m × 150 m moving window to calculate local stem density (stems/ha) of Ta+PHTR across the entire study area, generating a continuous surface of substrate availability, which allowed us to visualize spatial patterns in potential breeding substrate density. As shown in Figure 6, calculations were first performed at a broader scale (1386.3 km<sup>2</sup>) to minimize edge effects and were subsequently clipped to a 900 m radius buffer—consistent with earlier analyses (74.38 km<sup>2</sup>).

Finally, we generated an elevation profile using the NRCAN digital elevation map to highlight topographic variation along the Okikendawt utility line (Figure 7). These two landscape analyses allowed us to highlight a North – South division of the vegetation and its abiotic conditions as a proxy for landscape-scale variation of the forested environment. Spatial analyses was conducted with QGIS software (QGIS Development Team, 2023). The North – South location of each cluster of poles is used as an explanatory variable to account for the spatial distribution of used vs. unused clusters of poles by Pileated Woodpeckers across the transmission line.

### Spatial patterns of occupancy of Pileated Woodpeckers along the transmission line

Hydromega yearly inspections of woodpeckers' damages on its utility poles was driven by a utility pole management program aimed at implementing protective pole wraps that act as physical barriers on nesting and foraging damages caused by Pileated Woodpeckers on utility poles (Cadieux and Drapeau 2018) of the Okikendawt transmission line. Such yearly surveys allowed to evaluate the efficiency of pole wraps repulsive effects on woodpeckers and determined whether their damages on wooden poles were concentrated in specific sectors or if they were spread randomly along the powerline, a critical information for improving management of public service infrastructures given that Pileated Woodpeckers are year-round residents that can use the same home range for several years and thus excavate numerous cavities in the same area (Bull and Jackson, 2020). To quantify the relationship between

successive use of poles from year to year in our dataset. we first pooled data from all inspection years (2014 to 2023) and conducted an autocorrelation analysis This analysis allowed to visualize patterns of periodic use of poles and their variability in space and time using a supervised autocorrelogram (Legendre & Legendre, 2012). Since most woodpeckers damages occurred on poles with DBH > 30 cm, we concentrated our analysis on 351 out of 491 utility poles along the entire transmission line. We grouped poles with 0 and only 1 uncompleted excavation across years as unused clusters of poles. Poles with more than 1 Pileated Woodpecker excavation were classified as used clusters. The spatial autocorrelation analysis was based on this criterion for presence and absence of repeated Pileated Woodpecker excavations. It allowed to identify 39 clusters of contiguous poles (each consisting of 7 to 9 poles), that allowed to discriminate 13 used vs. 26 unused pole clusters excavated by woodpeckers along the transmission line (Figure 5). To allow independence between used and unused clusters by woodpeckers, poles that intercepted these clusters were not included in the statistical analyses. Hence, analyses were conducted on 351 out of 491 utility poles along the entire transmission line. Around each cluster of utility poles, we created a 900m radius buffer (ranging from 317 to 385 ha) which corresponded to the approximate size of Pileated Woodpeckers home range documented at similar latitudes in eastern Canada (Savignac et al., 2000; Bilodeau-Colbert 2023). Within this area we calculated the proportion of each forest cover strata from digital forest cover maps.

Based on our field data from tree surveys (live and dead), we associated the number of stems per hectare (stems/ha) of foraging and breeding substrates with characteristics (DBH, decay stage, and tree species) known to be selected by Pileated Woodpeckers in hemiboreal and boreal forests of eastern Canada (Fleming et al., 1999; LeMaître and Villard, 2005; Gasse, 2007; Nappi et al., 2015; Antaya, 2019; Bilodeau-Colbert, 2023; Bérubé-Beaulieu, 2023; Cadieux et al., 2023, 2024) for each forest cover strata area previously calculated within each cluster (Table A1).

To compare used and unused clusters across forest cover types derived from the digital forest

map, we conducted a spatial analysis focusing on the availability of trembling aspen stems (stems/ha) bearing conks (Ta+PHTR). This substrate represents a key resource, as trembling aspen with *Phellinus tremulae* is strongly selected for breeding cavity excavation in eastern Canadian hemiboreal and boreal forests (Cadieux and Drapeau, 2017; Bilodeau-Colbert, 2023; Cadieux et al., 2023, 2024).

Using ArcGIS, we applied a sliding window analysis (150 m × 150 m) to quantify the spatial distribution of Ta+PHTR across the study area. The analysis was first conducted at a broader spatial extent (1,386.3 km<sup>2</sup>) to minimize edge effects and subsequently clipped to a 900 m radius buffer—consistent with previous analyses—resulting in a focal area of 74.38 km<sup>2</sup> (Figure 6).

## Statistical analyses

### Pileated Woodpeckers' foraging in the adjacent forest

For testing hypothesis 2, which predicted that the abundance of foraging trees in forests adjacent to damaged poles would be a driver in PIWO spatial occupancy, we used the Manly selectivity measure,  $w$  index to determine which of the tree species with foraging marks were selected or avoided by Pileated Woodpeckers (a proxy for food resources abundance), i.e., trees used in a greater proportion than their availability in the environment (Manly et al., 2002).

The equation is:

$$w_i = \frac{u_i/a_i}{\sum_{j=1}^k (u_j/a_j)}$$

Where:

- $w_i$  = Manly's  $W$  for resource type  $i$  (the selection probability for resource  $i$ )
- $u_i$  = number of units of resource  $i$  used
- $a_i$  = number of units of resource  $i$  available
- $k$  = total number of resource types

A value of 1 indicates equal use to availability, a value greater than 1 indicates selection of the resource, and a value less than 1 indicates avoidance of the resource.

To further test whether there was a difference in the availability and distribution of foraging marks in adjacent forests along the utility line, we conducted One-way Analysis of Variance (ANOVA) tests. The first test examined the difference in the mean number of foraging marks in adjacent forests of excavated and unexcavated clusters of poles by Pileated Woodpeckers across the entire utility line whereas the second test compared the mean number of foraging marks between the northern and southern sectors of the utility line. Both tests were complementary to our model selection approach in testing hypothesis 2.

#### Pileated Woodpeckers' nesting trees in the adjacent forest

The availability of large (DBH > 30 cm) trembling aspens with *Phellinus tremulae* conks, a tree species highly selected by Pileated Woodpeckers for nesting across Canada, was analyzed using two separate one-way analyses of variance (ANOVAs). The first compared adjacent forests of used versus unused pole clusters along the utility line, and the second compared forests between the northern and southern sectors.

#### Model selection approach

To assess the influence of pole characteristics as breeding substrates (hypothesis 1), the availability of foraging trees (hypothesis 2) and breeding trees (hypothesis 3) in the forest adjacent to the Okikendawt utility line, on the likelihood that Pileated Woodpeckers use wooden poles for nesting, we used a model selection approach where (1) local-scale variables of utility pole characteristics, landscape-scale variables of (2) foraging trees and (3) breeding trees in the forest adjacent to the utility line were used as explanatory variables (Table 5). First, a correlation matrix including all variables deemed plausible for explaining breeding activity by Pileated Woodpeckers on wooden poles of the utility line allowed to remove combinations of explanatory variables that showed high collinearity (Table 6). We then develop 9 *a priori* models that included combinations of explanatory variables that might influence breeding

excavations of Pileated Woodpeckers on utility poles. We ranked each model based on the second-order Akaike Information Criterion (AICc) and we computed delta AICc and Akaike weights to determine the strength of evidence for each model (Burnham and Anderson 2002). Models with strong support had a delta AICc < 2.

Because our response variable was binary (used/unused clusters of poles), we used a Binomial generalized linear models (GLMs). Most of our candidate models included only additional variables (i.e.,  $y \sim x + a + b$ ).

All statistical analyses performed to test our three hypotheses were conducted using R software (R Core Team, 2022). Within R Studio surface (RStudio Team, 2020), the following packages were used to facilitate data manipulation and perform analyses : *dplyr* (Wickham et al., 2022), *AICcmodavg* (Mazerolle, 2023), *lme4* (Bates et al., 2015) and *MuMIn* (Bartón, 2024).

## Results

### *Breeding cavity excavations of Pileated Woodpeckers on wooden poles*

Autocorrelation analysis of yearly use of wooden poles by Pileated Woodpeckers for nesting revealed that cavity excavations were spatially and temporarily clustered into 13 areas with 2 and more excavations and 26 with no excavations (0 and 1) for the 10 years surveyed. Logistic regression between used and unused clusters along the utility line over this period indicates that clusters of poles with larger mean DBH values were more likely to be used by Pileated Woodpeckers over repeated years (Figure 8). Moreover, this likelihood becomes over 50% when the mean DBH of a cluster of poles is above 35 cm.

### *Tree species characteristics in adjacent forests*

Table 3 summarizes all tree species sampled during our vegetation field surveys. The three most frequently observed species were all coniferous – White Pine (*Pinus strobus*), Eastern Hemlock

(*Tsuga canadensis*), and Jack Pine (*Pinus banksiana*) – together representing 37% of all trees sampled. White Pine, the most common species, also had the highest proportion of individuals with a DBH greater than 30 cm (62%) and was mostly alive, with only 38% of sampled individuals being dead. Overall, 24% of all sampled White Pines showed foraging marks.

Sugar Maple (*Acer saccharum*) and Red Maple (*Acer rubrum*) represented 18.3% of the sampled trees, making them the most common deciduous species. They showed a relatively even distribution across DBH categories and degradation stages, with approximately half of the individuals alive and half dead. These species had a low frequency of Pileated Woodpeckers foraging marks and a low proportion of fungal conks.

Yellow Birch (*Betula alleghaniensis*) and Trembling Aspen (*Populus tremuloides*) occurred at similar frequencies (5.7% and 5.5%, respectively). Both had the lowest proportion of individuals in the <20 cm DBH category (16%) but the highest proportion in the >30 cm category (~45%). Trembling Aspen showed a high mortality rate, with 77% of individuals dead, compared to 57% for Yellow Birch. Along with White Birch (*Betula papyrifera*), these three species showed the highest occurrence of fungal conks, with White Birch presenting the highest proportion in 56% of individuals.

The presence of other species primarily highlights the diversity of tree species observed in our study area. Unidentified species were mostly dead standing trees with little or no remaining bark. Most of the Spruce (*Picea sp.*) were found in wetland environments – either marshes or peatlands – and were categorized as dead trees in more than 57% of trees sampled.

During both field seasons we only found two Pileated Woodpeckers breeding cavities in the 218 field plots (348 000 m<sup>2</sup>). The first breeding cavity was located in a dead maple tree (class 6 in the visual tree degradation classification; Figure 3), which made it impossible to determine the maple species. The second cavity was in a dead trembling aspen showing heart rot conks and was used by a pair of Northern Flickers. The availability of potential breeding trees for this species (stems with DBH > 30 cm and heart rot conks) was also low in the forest matrix

surrounding the utility line. For all tree species, the proportion of stems combining these characteristics remained below 14% (Table 3).

### *Foraging trees selection and availability in adjacent forests*

The Manly's W index revealed clear selection patterns (Table 4, Figure 9), underscoring two tree species that were highly selected by Pileated Woodpeckers: trembling aspen, with a W of 2.29, and white birch, with a W of 2.17, despite representing only 5.2% and 4.4% of all sampled trees, respectively.

The selection ratios analyses also indicate that all three species of pine – Jack Pine, White Pine, and Red Pine – were used as foraging substrates more than expected based on availability, each with a W greater than 1.20 whereas Yellow Birch and Balsam Fir appear to be used roughly in proportion to their availability, with selection ratios close to 1, suggesting no strong preference or avoidance. Sugar maple, red maple and eastern hemlock were avoided as foraging substrates by Pileated Woodpeckers (Figure 9).

Using the overall number of foraging marks as a proxy for food resource availability in the study area, we found no significant difference in the number of foraging marks from adjacent forests around used and unused clusters of poles by Pileated Woodpeckers (used:  $15.92 \pm 2.39$ ; unused:  $15.22 \pm 2.04$ ; One-way ANOVA, d.f. = 1;  $F = 0.909$ ;  $p = 0.346$ ) across the utility line (Figure 10A). Foraging marks were used as a proxy because they are conspicuous and relatively easy to detect in the field and reflect the exploitation of trees containing wood-boring insects and carpenter ants, which are key prey for Pileated Woodpeckers. Although this metric does not directly measure prey abundance and may partly reflect feeding activity, it provides a practical index of the availability of potential feeding substrates in the surrounding habitat. However, a significant difference was found between the abundance of foraging marks in adjacent forests of the north and south sectors of the utility line (north:  $16.66 \pm 1.61$  stems/ha;

south:  $14.05 \pm 1.86$  stems/ha; One-way ANOVA, d.f. = 1;  $F = 22.09$ ;  $p < 0.01$ ) with more stems with feeding marks observed in the north than in the south (Figure 10B).

#### *Availability of potential nesting trees for Pileated Woodpeckers in adjacent forests*

One-way analysis of variance on the density of large trembling aspen stems with *Phellinus tremulae* showed no significant difference, although the mean density was slightly higher in forests adjacent to used clusters of poles by Pileated Woodpeckers than in unused clusters of poles (used:  $1.46 \pm 0.56$ ; unused:  $1.18 \pm 0.5$ ; One-way ANOVA, d.f. = 1;  $F = 2.615$ ;  $p = 0.114$ , Figure 11A). A significant difference was found between the density of large trembling aspens with *Phellinus* conks in adjacent forests of the north and south sectors (north:  $1.60 \pm 0.44$  stems/ha; south:  $0.89 \pm 0.34$  stems/ha; One-way ANOVA, d.f. = 1;  $F = 31.24$ ;  $p < 0.001$ ) of the utility line (Figure 11B).

#### *Model Selection*

Three candidate models had a  $\Delta AICc < 2$ , suggesting strong support for these models (Table 7). The best-supported model included the abundance of trembling aspen stems with *Phellinus tremulae* conks in adjacent forests (Ta+PHTR) and clusters of poles of larger DBH (Mean\_DBH), with a weight of 28%. There was little evidence that variables associated with foraging substrates, such as dead trees and foraging marks in the forests adjacent to the utility line, influenced Pileated Woodpecker excavations on wooden poles. These variables had low relative importance, with an Akaike weight of less than 0.09 (Table 7).

The three supported models emphasize the strong positive association of Pileated Woodpeckers excavation activities on clusters of poles of large DBH with used clusters, particularly with the best supported model (Table 8). Hence, along the utility line when poles with a large DBH are close to one another, the probability that they will be used repeatedly over the years is likely to increase. With a nearly significant contribution in the model, the density of trembling aspens with *Phellinus tremulae* in forests adjacent to the utility line influenced marginally the likelihood of breeding excavations by Pileated Woodpeckers on wooden poles (Table 8). This

may not be surprising since throughout the forest matrix surrounding the Okikendawt utility line, this tree species never reached high densities (Table A2).

## Discussion

Understanding why Pileated Woodpeckers use utility poles as breeding substrates is challenging, because they do so across a wide range of environments (Dennis, 1964, Walters 2005; Wright, 2021 ), from forested to more fragmented habitats (i.e., villages and even cities), where some poles may be heavily used, while others are left untouched (Cadieux et al., 2018; Dennis, 1964; Nault, 2025; Wright, 2021). Another difficulty is that Pileated woodpeckers' damages on utility poles are mostly reported during inspection programs by utility service companies that are repeated over time intervals (10 years or more) that may not capture at the appropriate scale the temporal and space use of this year-round resident that occupies the same home range for several years (Kilham 1979; Bull and Jackson 2011). This in turn might obscure the relationships between drivers of habitat selection by PIWO (food resources on foraging trees and availability of potential cavity-bearing trees for nesting), which ultimately influence spatial occupancy and the species' recurrent use of utility poles for breeding, which is a common issue in habitat distribution modeling (Wiens, 1989; Seo et al., 2009; Guisan et al., 2017; Nunez-Riboni et al., 2021).

In this study, however, annual inspections of wooden pole damage caused by breeding excavations along the Okikendawt transmission line provided a rare long-term dataset. Because the same poles were monitored repeatedly each year for 8 years, this design allowed us to assess patterns of recurrent spatial occupancy at the scale of the species home range, rather than relying on single-time presence data. By capturing both the spatial location and temporal consistency of excavation events, our approach reduces uncertainty associated with snapshot-based habitat models and provides a more robust understanding of how long-term occupancy influences damage patterns on wooden utility poles.

### *Characteristics of utility poles*

Our results showed that pole diameter (mean DBH of all the poles in a used cluster along the line) was the most important predictor of utility poles use by Pileated Woodpeckers for excavating breeding cavities. This result supports our first hypothesis (H1) that Pileated Woodpeckers' use utility poles that share characteristics similar with their natural breeding trees (either live or dead) in forest ecosystems (Cadieux, 2011; Bilodeau-Colbert, 2022). The fact that Pileated Woodpeckers, the largest woodpecker species in North America, uses larger poles is in also in line with the literature (Cadieux et al., 2018; Dennis, 1964; Millar, 1992; Wright, 2021) on damages of this species on utility poles. Also working along the Okikendawt utility line, Cadieux et al., (2018) observed that there were no significant differences in diameter at excavation height between Pileated Woodpeckers holes in poles and in trees of natural forests, suggesting that larger poles were more likely to be targeted by this species. Similar findings were reported by Nault (2025) for Hydro-Québec poles in the Laurentides region.

#### *Foraging trees in the forest*

Our second hypothesis (H2) predicted that forests adjacent to pole clusters repeatedly used for breeding would contain more foraging marks, a proxy for higher food resource availability (Dennis, 1964). However, we found no significant differences in the abundance of foraging marks between forests near used and unused pole clusters. Similarly, in our model selection approach, foraging-related variables such as dead trees and foraging marks had low relative importance (Akaike weight < 0.09). Contrary to Dennis (1964), forests surrounding undamaged poles did not harbor fewer foraging marks than forests near used poles. These results indicate that foraging substrates are widespread along the Okikendawt utility line and are unlikely to drive spatial variation in pole use.

Analyses of Manly's selection ratios showed that trembling aspen and white birch, and to a lesser extent jack pine, white pine, and red pine, were the most strongly selected tree species for foraging relative to their availability in the forest (Table 4, Figure 9). Moreover, 56% of

sampled white birches showed signs of fungal infection, with *Phellinus igniarius* and *Fomes fomentarius* as the main species, both associated with heartwood decay and attracting wood-boring insects (Bull et al., 1997). For trembling aspen, 27% of sampled trees showed fungal infection, mostly *Phellinus tremulae*. These infections likely facilitated wood-boring insects, increasing the foraging value of these trees for Pileated Woodpeckers (Birkemoe et al., 2018).

Pileated Woodpeckers forage primarily in search of wood-boring insects (Beckwith & Bull, 1985; Bull et al., 1992, 1997; Bush et al., 2009; Raley & Aubry, 2006), including beetle larvae and carpenter ants (*Camponotus* spp.), which inhabit the heartwood or decaying portions of trees (Chen et al., 2002; Clark et al., 1998; Schowalter, 2017). In addition, our results align with previous studies showing that this species exhibits flexibility in tree species selection for foraging (Bérubé-Beaulieu, 2023; Bush et al., 2009b; Flemming et al., 1999; Nappi et al., 2015). As a resident species, Pileated Woodpeckers must adjust their foraging strategies throughout the year (Bonar, 2001; Kilham, 1976; Newell et al., 2009), as insect availability fluctuates with seasonal changes and tree conditions. This seasonal variability likely reinforces the need for such flexibility in resource use.

Although certain tree species are preferentially selected for foraging, their widespread distribution across the study area likely reduces spatial constraints on food availability at the scale of pole clusters.

### *Cavity-bearing trees in the forest*

Our third hypothesis (H3) evaluated if the availability of potential cavity-bearing trees in the adjacent forest could be a limiting factor in the use of utility poles by Pileated Woodpeckers. We predicted that utility poles surrounded by forests with low densities of potential nesting trees would experience a higher probability of being excavated by this species for nesting whereas poles in adjacent forests with high densities of potential nesting trees would be less excavated by Pileated Woodpeckers for nesting. We incorporated in our model selection

approach the density of large live and dead trembling aspens as the most representative variable for potential nesting trees availability since across Canada, large live or recently dead trembling aspens are the most important nesting tree for Pileated Woodpeckers (Bonar, 2001; Martin et al., 2004; Drapeau et al., 2009; Cooke and Hannon, 2011; Cadieux et al., 2023, 2024; Bilodeau-Colbert, 2023). This is largely due to their tendency to host heart rot fungi, which significantly softens the wood and facilitates cavity excavation (Jackson & Jackson, 2004).

Our selection model analysis highlighted the importance of mean DBH within used clusters along the utility line, whereas the density per hectare of large trembling aspens with heart rot (*Phellinus tremulae*) conks in the adjacent forest was only nearly significant for explaining Pileated Woodpeckers repeated use of utility poles for breeding. Such result is not surprising, given that the density of trembling aspens with *Phellinus tremulae* was low across all forest cover types adjacent to the entire Okikendawt utility line (Table A1) and thus influenced marginally the likelihood of breeding excavations by Pileated Woodpeckers on wooden poles (Table 8). In recent study conducted in Québec, Nault (2025) found that the relationship between the likelihood of a utility pole being used for nesting by Pileated Woodpeckers and the density of suitable cavity-bearing trees in adjacent forests followed a curvilinear relationships where Pileated Woodpecker breeding habitat suitability for nesting needed to reach a threshold density between 31 to 79 stems/ha in forests adjacent to utility poles to show a significant reduction in the likelihood of cavity excavations by this species on poles (Table A2). In Cadieux et al., (2023) Pileated Woodpecker breeding habitat suitability model this range of suitable nesting trees corresponded to “high quality” habitats. Along the Okikendawt utility line the highest density of trembling aspen reached 21stems/ha (Table A1) in forest cover types that represented less than 5% of the proportion of forest cover types adjacent to the Okikendawt utility line (Table 1). Contrary to Nault (2025), the potential cavity-bearing tree densities in adjacent forests of our study area never reached such “high” quality levels at which pole used for nesting by Pileated Woodpecker declines. Hence, our results corroborate our prediction that at low densities of suitable breeding trees in adjacent forest utility poles are

likely to be used for breeding by this species. In addition, although Pileated Woodpeckers typically produce multiple cavities within their home range (Bonar, 2001; Hoyt, 1957), we observed few cavities excavated in trees during field sampling of forest stands in our study area, and this, despite detecting – either by sight or sound – at least three pairs. This underscores the limited availability of cavity-bearing trees measured during the field sampling of forests along the Okikendawt utility line. Given that in our study the habitat quality is relatively good for foraging but suboptimal for nesting trees, utility poles may thus serve as a valuable supplement, providing additional breeding substrates that are repeatedly and opportunistically used.

In a more generic study conducted on a group of six woodpecker species that has done damages on utility poles in southeastern United States, Wright (2021) found that the likelihood of woodpeckers' damages increased until mixed forest canopy adjacent to utility lines reached a value of 40% and then decreased. She interpreted this curvilinear pattern as an indication that resource supplementation provided by wooden utility structures is used by woodpeckers in areas where nesting trees and snags are not overly abundant but other resources (foraging trees and food resources) are sufficient for woodpeckers to occur whereas in forest areas where resources are saturated for foraging, rearing young, and nesting, wooden utility structures may be less favorable than natural breeding trees (live or dead). Wright (2021) did not however measure foraging and nesting trees abundance in the field.

Our study, is among the first to specifically measure foraging and nesting substrates in adjacent forest by combining field vegetation sampling of foraging trees and suitable cavity-bearing trees for Pileated Woodpeckers and digital forest cover data along a utility line to provide more in-depth evidence that utility poles can indeed act as supplementary breeding resources. They are opportunistically used in forest areas where suitable nesting trees are scarce.

## **Management implications**

Annual inspections of the Okikendawt utility line provided a unique opportunity to measure the cumulative impacts of Pileated Woodpeckers repeated damages on wooden poles which is linked to this resident species' year-round habitat use and thus measure their spatial and temporal occupancy along the line. This study highlights the importance of incorporating field sampling of the adjacent forest vegetation and digital forest cover maps of the surrounding environment to better identify key factors associated with the probability of pole damages at both local and landscape scales in a context of long-term spatial occupancy of this species. Doing so can improve our understanding of Pileated Woodpeckers repeated use of wooden poles on utility lines.

Using a model selection approach to test our three hypotheses, we found that the repeated use of specific clusters of utility poles by breeding Pileated Woodpeckers is mainly driven by the size of utility poles (H1) and the limited density of large trees or standing dead trees suitable for this species' nesting requirements (H3). Hence, to the question – do wooden utility poles provide alternative breeding substrates to Pileated Woodpeckers in forest environments lacking suitable nesting trees or do they represent a novel resource that is intrinsically attractive to this bird species? – our study shows that a combination of these two explanatory factors is behind their use of wooden poles. Pileated Woodpeckers use of utility poles for nesting is not solely driven by surrounding environmental conditions or by the intrinsic quality of the poles themselves. Rather, it is the cumulative effect of these two factors that matters, at least within our study area, but also in other studies on utility pole use by PIWOs (Nault, 2025; Wright, 2021). Hence, as is the case in most ecological phenomena, the complex patterns of use of wooden utility poles by Pileated Woodpeckers are explained by non-mutually exclusive factors that overlap in space and time (Quinn and Dunham 1983). Our study shows that the supplemented breeding resources provided by wooden utility poles are used opportunistically by this bird species when densities of cavity-bearing trees in the surrounding forest are low.

Field sampling of Pileated Woodpeckers foraging marks on trees of adjacent forests of the utility line did not show significant differences between areas used (pole clusters with nesting excavations) and areas unused (poles clusters without nesting excavations), and hence, could not explain the spatial occupancy of Pileated Woodpeckers along the Okikendawt utility line. In our study area, the availability of foraging substrates was similar across forest cover types and did not corroborate Dennis (1964) prediction of higher food resources availability in adjacent forest sectors (H2) where Pileated Woodpeckers have nesting cavities on utility poles.

Long-term cumulative changes related to forest management in our study area have resulted as is the case in many regions across Canada (Bergeron et al., 2002, Gauthier et al., 2009; Drapeau et al., 2009; Mackey et al., 2023) in the truncation of the landscape-level diversity of forest stand ages, particularly older forests, to the expanse of early-successional and younger forests. Even though most of the forest cover adjacent to the Okikendawt utility line is composed of recently mature stands, field vegetation sampling shows that these forests do not support high densities of structural attributes associated with older forests, such as large live and dead standing trees that make up the suitable breeding trees for woodpeckers, particularly the Pileated Woodpecker (Cadieux and Drapeau, 2017; Cadieux et al., 2023).

In many regions where the forest cover is transiting into mature forests, woodpecker-human conflicts are thus likely to occur on utility wooden poles if forested environments have a low availability of nesting trees but provide adequate foraging substrates and resources. Moreover, as documented in this study, such conflicts may persist in time since the Pileated Woodpecker is a year-round resident that uses the same home-range over several years. Finally, the opportunistic use of utility poles by Pileated Woodpeckers is likely to be exacerbated when wooden pole size reach diameters within the range of cavity-bearing trees selected by Pileated Woodpeckers in natural forests. Until the surrounding forest cover becomes old enough to recruit high densities of large (> 35 cm DBH) live and standing dead cavity-bearing trees, woodpecker – human infrastructure conflicts are thus likely to persist.

Better knowledge of woodpeckers' forest habitat quality (both in terms of density of foraging and nesting substrates) at the planning stage of utility line development could lead to more informed decisions on where and how to locate *a priori* areas of high risk of damages by woodpeckers and prevent such potential conflicts. Our study suggests that the largest wooden poles could be prioritized for preventative measures, such as the installation of protective wraps, which have already proven effective. Where feasible, and considering time, cost, and environmental context, composite poles could also be installed, as they are resistant to Pileated Woodpecker damages. In addition to these measures, when feasible, installing smaller wooden poles (< 30 cm DBH) in zones at high risk of woodpeckers' damages may be a complementary option.

Finally, in environments where utility infrastructures are embedded in a forested matrix that results from past timber harvesting, there is a critical need to adjust forestry practices to increase at the landscape level the amount of old forest attributes. An ecosystem management approach of the forest (Gauthier et al., 2009), that combines longer rotations, partial harvesting of trees under continuous forest cover (Bergeron et al., 2002), and enhanced retention of keystone tree species (Cadieux et al., 2023) within a range of tree decay stages (structural heterogeneity generated by tree senescence) is likely to enhance nesting habitat quality for woodpeckers in forests adjacent to public services facilities (Martin et al., 2004; Drapeau et al., 2009b; Drever and Martin, 2010; Edworthy and Martin, 2013) and, hence, reduce woodpecker – human infrastructure conflicts.

## References

- Akre, R. D., & Hansen, L. D. (1991). Management of Carpenter Ants. In *Applied Myrmecology*. CRC Press.
- Bartón, K. (2024). *MuMIn: Multi-Model Inference*. (Version 1.48) [R; R Package]. <https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1-48. 67(1).
- BChydro. (2013). *Wood Pole Test and Treat Maintenance Program*. <https://www.bchydro.com/content/dam/BCHydro/customer-portal/documents/corporate/safety/wood-pole-test-and-treat-maintenance-program-presentation.pdf>
- Beckwith, R. C., & Bull, E. L. (1985). Scat Analysis of the Arthropod Component of Pileated Woodpecker Diet. *The Murrelet*, 66(3), 90. <https://doi.org/10.2307/3535167>
- Bérubé-Beaulieu, E. (2023). *Impacts des perturbations anthropiques sur les opportunités et la sélection alimentaire du Grand Pic en Forêt Boréale*. Université du Québec à Montréal.
- Bevanger, K. (1997). *Woodpeckers, a nuisance to energy companies*. 20, 81-92.
- Bilodeau-Colbert, J. (2023). *SÉLECTION DE L'HABITAT DU GRAND PIC (DRYOCOPUS PILEATUS) EN FORÊT BORÉALE MIXTE DE L'EST DU CANADA* [Mémoire de maîtrise]. Université du Québec à Montréal.
- Birkemoe, T., Jacobsen, R., Sverdrup-Thygeson, A., & Biedermann, P. (2018). *Insect-Fungus Interactions in Dead Wood Systems* (p. 377-427). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-75937-1\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-319-75937-1_12)
- Bonar, R. L. (2001). *Pileated Woodpecker habitat ecology in the Alberta foothills*. University of Alberta.

- Bull, E. L., Holthausen, R. S., & Henjum, M. G. (1992). Roost Trees Used by Pileated Woodpeckers in Northeastern Oregon. *The Journal of Wildlife Management*, 56(4), 786. <https://doi.org/10.2307/3809474>
- Bull, E. L., & Jackson, J. A. (2020). Pileated Woodpecker (*Dryocopus pileatus*), version 1.0. *Birds of the World*. <https://doi.org/10.2173/bow.pilwoo.01>
- Bull, E. L., & Meslow, E. Charles. (1988). *Breeding biology of the pileated woodpecker—Management implications*. (PNW-RN-474; p. PNW-RN-474). U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. <https://doi.org/10.2737/PNW-RN-474>
- Bull, E. L., Parks, C. G., & Torgersen, T. R. (1997). *Trees and logs important to wildlife in the interior Columbia River Basin* (PNW-GTR-391; p. 63). USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station.
- Burnham, K. P., Anderson, D. R., & Burnham, K. P. (2002). *Model selection and multimodel inference : A practical information-theoretic approach* (2nd ed). Springer.
- Bush, P. G., Naylor, B. J., & Duinker, P. N. (2009a). *Characteristics of habitat used by pileated woodpeckers in Great Lakes–St. Lawrence forest region of Ontario*. 12, 18.
- Bush, P. G., Naylor, B. J., & Duinker, P. N. (2009b). *Characteristics of habitat used by pileated woodpeckers in Great Lakes–St. Lawrence forest region of Ontario*. 12, 19.
- 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* [Thèse de doctorat]. UQAM.
- 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. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/ffgc.2023.1084696>
- Cadieux, P., Drapeau, P., & Tilmant, S. (2018). *Ecological foresight analysis of utility poles damages caused by the Pileated Woodpecker in forested area*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14411.23848>

- Cadieux, P., Leduc, A., & Drapeau, P. (2023). *Modèle préliminaire de qualité d'habitat de nidification du Grand Pic au Québec*. (p. 6). Rapport scientifique présenté à Hydro-Québec Environnement par le laboratoire de recherche sur la biodiversité des écosystèmes forestiers du Centre d'étude de la forêt et de la Chaire en aménagement durable des forêts UQAT-UQAM.
- Canada, E. et C. climatique. (2022, août 3). *Fiche d'information : Protection des nids en vertu du Règlement sur les oiseaux migrateurs (2022)* [Articles en vedette]. <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/prevention-effets-nefastes-oiseaux-migrateurs/fiche-information-protection-nids-vertu-rom-2022.html>
- Chen, Y., Hansen, L. D., & Brown, J. J. (2002). Nesting Sites of the Carpenter Ant, *Camponotus vicinus* (Mayr) (Hymenoptera: Formicidae) in Northern Idaho. *Environmental Entomology*, *31*(6), 1037-1042. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-31.6.1037>
- Clark, D. F., Kneeshaw, D. D., Burton, P. J., & Antos, J. A. (1998). Coarse woody debris in sub-boreal spruce forests of west-central British Columbia. *Canadian Journal of Forest Research*, *28*(2), 284-290. <https://doi.org/10.1139/x97-208>
- Cooke, B. J., MacQuarrie, C. J. K., & Lorenzetti, F. (2012). The dynamics of forest tent caterpillar outbreaks across east-central Canada. *Ecography*, *35*(5), 422-435. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2011.07083.x>
- Cornell Lab of Ornithology. (2023). *Pileated Woodpecker Overview, All About Birds, Cornell Lab of Ornithology*. All About Birds. [https://www.allaboutbirds.org/guide/Pileated\\_Woodpecker/overview](https://www.allaboutbirds.org/guide/Pileated_Woodpecker/overview)
- Crins, W. J., Gray, P. A., Uhlig, P. W. C., & Wester, M. C. (2009). *The Ecosystems of Ontario, Part 1 : Ecozones and Ecoregions* (Inventory, Monitoring and Assessment SIB TER IMA TR-01; p. 71). Ontario Ministry of Natural Resources (OMNR).
- Daigle, O. (2013). *The Effect of woodpecker damage on the reliability of wood utility poles*. University of Waterloo.

- Dennis, J. V. (1964). Woodpecker Damage to Utility Poles : With Special Reference to the Role of Territory and Resonance. *Bird-Banding*, 35(4), 225. <https://doi.org/10.2307/4511100>
- Dokis First Nation. (2009, février 15). *Dokis First Nation : History*. Dokis First Nation. <https://web.archive.org/web/20090215173854/http://dokisfirstnation.com/dokishistory.html>
- Drapeau, P., Nappi, A., Imbeau, L., & Saint-Germain, M. (2009a). Standing deadwood for keystone bird species in the eastern boreal forest : Managing for snag dynamics. *The Forestry Chronicle*, 85(2), 227-234. <https://doi.org/10.5558/tfc85227-2>
- Drapeau, P., Leduc, A., Bergeron, Y. (2009b). Briging ecosystem and multiple species approaches for setting conservation targets in managed boreal landscapes. (Chap. 7) In Setting conservation targets in managed forest landscapes. (Villard, M.-A. and Jonsson, B.G., Eds.) New-York, USA, Cambrige University Press, p.129-160.
- Fitzgerald, T. M., van Stam, E., Nocera, J. J., & Badzinski, D. S. (2014). Loss of nesting sites is not a primary factor limiting northern Chimney Swift populations. *Population Ecology*, 56(3), 507-512. <https://doi.org/10.1007/s10144-014-0433-6>
- 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*, 63(2), 461. <https://doi.org/10.2307/3802631>
- Fouillet, A. (2018). *Sélection d'arbres et organisation de la communauté de vertébrés utilisateurs de cavités en forêt tempérée* [Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Montréal]. <https://archipel.uqam.ca/11165/1/memoire-alexandre-fouillet.pdf>
- Garmendia, A., Cárcamo, S., & Schwendtner, O. (2006). Forest Management Considerations for Conservation of Black Woodpecker *Dryocopus martius* and White-backed Woodpecker *Dendrocopos leucotos* Populations in Quinto Real (Spanish Western Pyrenees). *Biodiversity and Conservation*, 15(4), 1399-1415. <https://doi.org/10.1007/s10531-005-5410-0>

- Gauthier, S., Vaillancourt, M.-A., & Leduc, A. (2000). *Ecosystem Management in the Boreal Forest*. Les Presses de l'Université du Québec. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/uqam/detail.action?docID=3269086>
- Harmon, M. E., Franklin, J. F., Swanson, F. J., Sollins, P., Gregory, S. V., Lattin, J. D., Anderson, N. H., Cline, S. P., Aumen, N. G., Sedell, J. R., Lienkaemper, G. W., Cromack, K. J., & Cummins, K. W. (1986). Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Academic Press, Inc.* <https://andrewsforest.oregonstate.edu/publications/42>
- Hoyt, S. F. (1957). The Ecology of the Pileated Woodpecker. *Ecology*, *38*(2), 246. <https://doi.org/10.2307/1931683>
- Hydro One. (s. d.). *Wood pole Replacement*. Hydro One. Consulté 9 mai 2025, à l'adresse [https://www.hydroone.com:443/about/corporate-information/major-projects/wood-pole-replacement?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.hydroone.com:443/about/corporate-information/major-projects/wood-pole-replacement?utm_source=chatgpt.com)
- Hydro-Québec. (s. d.). *Inspection et retraitement des poteaux de bois / Hydro-Québec*. Consulté 4 août 2023, à l'adresse <https://www.hydroquebec.com/poteau/>
- Imlay, T. L., Nickerson, D., & Horn, A. G. (2019). Temperature and breeding success for Cliff Swallows (*Petrochelidon pyrrhonota*) nesting on man-made structures: Ecological traps? *Canadian Journal of Zoology*, *97*(5), 429-435. <https://doi.org/10.1139/cjz-2018-0224>
- Jackson, J. A., & Jackson, B. J. S. (2004). Ecological Relationships Between Fungi and Woodpecker Cavity Sites. *The Condor*, *106*(1), 37-49. <https://doi.org/10.1093/condor/106.1.37>
- Johnson, D. H. (1980). The Comparison of Usage and Availability Measurements for Evaluating Resource Preference. *Ecology*, *61*(1), 65-71. <https://doi.org/10.2307/1937156>
- Jucker, T., Bongalov, B., Burslem, D. F. R. P., Nilus, R., Dalponte, M., Lewis, S. L., Phillips, O. L., Qie, L., & Coomes, D. A. (2018). Topography shapes the structure, composition and function of tropical forest landscapes. *Ecology Letters*, *21*(7), 989-1000. <https://doi.org/10.1111/ele.12964>

- Kellam, J. S. (2003). Pair Bond Maintenance in Pileated Woodpeckers at Roost Sites During Autumn. *The Wilson Bulletin*, 115(2), 186-192. <https://doi.org/10.1676/02-098>
- Kilham, L. (1976). Winter Foraging and Associated Behavior of Pileated Woodpeckers in Georgia and Florida. *The Auk*, 93(1), 15-24.
- Kotliar, N. B., & Wiens, J. A. (1990). Multiple Scales of Patchiness and Patch Structure : A Hierarchical Framework for the Study of Heterogeneity. *Oikos*, 59(2), 253. <https://doi.org/10.2307/3545542>
- Legendre, P., & Legendre, L. (2012). *Numerical Ecology* (Third English edition). Elsevier.
- Leslie, A. P. (1950). Some historical aspects of Forestry in Ontario. *The Forestry Chronicle*, 26(3), 243-250. <https://doi.org/10.5558/tfc26243-3>
- Mainwaring, M. C. (2015). The use of man-made structures as nesting sites by birds : A review of the costs and benefits. *Journal for Nature Conservation*, 25, 17-22. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2015.02.007>
- Manly, B. F., McDonald, L., Thomas, D. L., McDonald, T. L., & Erickson, W. P. (2002). *Resource Selection by Animals : Statistical Design and Analysis for Field Studies* (2<sup>e</sup> éd.). Kluwer Academic Publishers.
- Mann, H. B., & Whitney, D. R. (1947). On a Test of Whether one of Two Random Variables is Stochastically Larger than the Other. *The Annals of Mathematical Statistics*, 18(1), 50-60. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177730491>
- Martin, K., Aitken, K. E. H., & Wiebe, K. L. (2004). *Nest sites and nest webs for cavity-nesting communities in interior British Columbia, Canada : Nest characteristics and niche partitioning*. 15.
- 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(2-3), 243-257. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(98\)00403-4](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(98)00403-4)

- Mazerolle, M. J. (2023). *AICcmodavg: Model Selection and Multimodel Inference Based on (Q)AIC(c)* (Version 2.3-3) [Logiciel].
- McMahon, L. A., Rachlow, J. L., Shipley, L. A., Forbey, J. S., & Johnson, T. R. (2017). Habitat selection differs across hierarchical behaviors: Selection of patches and intensity of patch use. *Ecosphere*, *8*(11), e01993. <https://doi.org/10.1002/ecs2.1993>
- McNichol, B. H., Wang, R., Hefner, A., Helzer, C., McMahon, S. M., & Russo, S. E. (2024). Topography-driven microclimate gradients shape forest structure, diversity, and composition in a temperate refugial forest. *Plant-Environment Interactions*, *5*(3), e10153. <https://doi.org/10.1002/pei3.10153>
- Millar, B. R. (1992). *An ecological assessment of the use of hydro utility poles for nesting by pileated woodpeckers in southeastern Manitoba* [M.Sc. Thesis]. The University of Manitoba.
- Nagelkerke, N. J. D. (1991). A note on a general definition of the coefficient of determination. *Biometrika*, *78*(3), 691-692. <https://doi.org/10.1093/biomet/78.3.691>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.02.028>
- Nault, L. (2025). *La sélection des poteaux de distribution d'électricité comme substrat de nidification chez le Grand Pic (Dryocopus pileatus) en forêt feuillue tempérée* [Mémoire de maîtrise]. Université du Québec à Montréal.
- 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*(7), 1456-1464. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.06.053>
- OMNR. (2009). *Forest information manual: Forest inventory technical specifications. Technical series*. Ontario Ministry of Natural Resources.

- Ouellet-Lapointe, U. (2010). *Le maintien des espèces cavicoles dans les paysages aménagés en forêt boréale mixte de l'est du Canada* [Mémoire de maîtrise]. Université du Québec à Montréal.
- Quinn, J. F., and A. E. Dunham. 1983. On hypothesis testing in ecology and evolution. *American Naturalist* 122:602-617.
- QGIS Development Team. (2023). *QGIS Geographic Information System* (Version 3.26.2-Buenos Aires) [Logiciel]. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>
- R Core Team. (2022). *R: A language and Environment for Statistical Computing* (Version 4.2.1) [Logiciel]. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Raley, C. M., & Aubry, K. B. (2006). Foraging Ecology of Pileated Woodpeckers in Coastal Forests of Washington. *Journal of Wildlife Management*, 70(5), 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)
- RStudio Team. (2020). *RStudio: Integrated Development for R* [Logiciel]. RStudio, PBC. <http://rstudio.com/>
- Sanders, C. (1964). The Biology of Carpenter Ants in New Brunswick. *Canadian Entomologist - CAN ENTOMOL*, 96, 894-909. <https://doi.org/10.4039/Ent96894-6>
- Sanders, C. J. (1970). The Distribution of Carpenter Ant Colonies in the Spruce-Fir Forests of Northwestern Ontario. *Ecology*, 51(5), 865-873. WorldCat.org.
- SaskPower. (s. d.). *Wood pole maintenance program*. SaskPower. <https://www.saskpower.com/our-power-future/infrastructure-projects/construction-projects/planning-and-construction-projects/wood-pole-maintenance-program>
- Savignac, C., Desrochers, A., & Huot, J. (2000). *Habitat use by Pileated Woodpeckers at two spatial scales in eastern Canada*. 78, 7.
- Schowalter, T. (2017). Arthropod Diversity and Functional Importance in Old-Growth Forests of North America. *Forests*, 8(4), 97. <https://doi.org/10.3390/f8040097>

- Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). *Biometrika*, *52*(3/4), 591. <https://doi.org/10.2307/2333709>
- Thompson, I. D., Simard, J. H., & Titman, R. D. (2006). Historical changes in White pine (*Pinus strobus*) density in Algonquin Park, Ontario, during the 19th century. *Natural Areas Journal*, *26*(1), 61-71.
- Turcek, F. J. (1960). On the Damage by Birds to Power and Communication Lines. *Bird Study*, *7*(4), 231-236. <https://doi.org/10.1080/00063656009475975>
- Urban, D. L., O'Neill, R. V., Shugart, H. H., & work(s);, Jr. R. (1987). Landscape Ecology. *BioScience*, *37*(2), 119-127.
- Van Sleenwen, M. (2006). *Natural fire regimes in Ontario* (p. 143). Ontario Ministry of Natural Resources.
- Wickham, H., François, R., Henry, L., & Kirill, M. (2022). *dplyr: A Grammar of Data Manipulation* (Version 1.0.10) [Logiciel]. <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>
- Wilcoxon, F. (1945). Individual Comparisons by Ranking Methods. *Biometrics Bulletin*, *1*(6), 80. <https://doi.org/10.2307/3001968>
- Willard, D. E., & Willard, B. J. (1978). The interaction between some human obstacles and birds. *Environmental Management*, *2*(4), 331-340. <https://doi.org/10.1007/BF01866673>
- Wright, H. (2021). *Distribution of woodpecker activity relative to wooden utility structure usage in the southeastern United States*. Mississippi State University.

## Figures

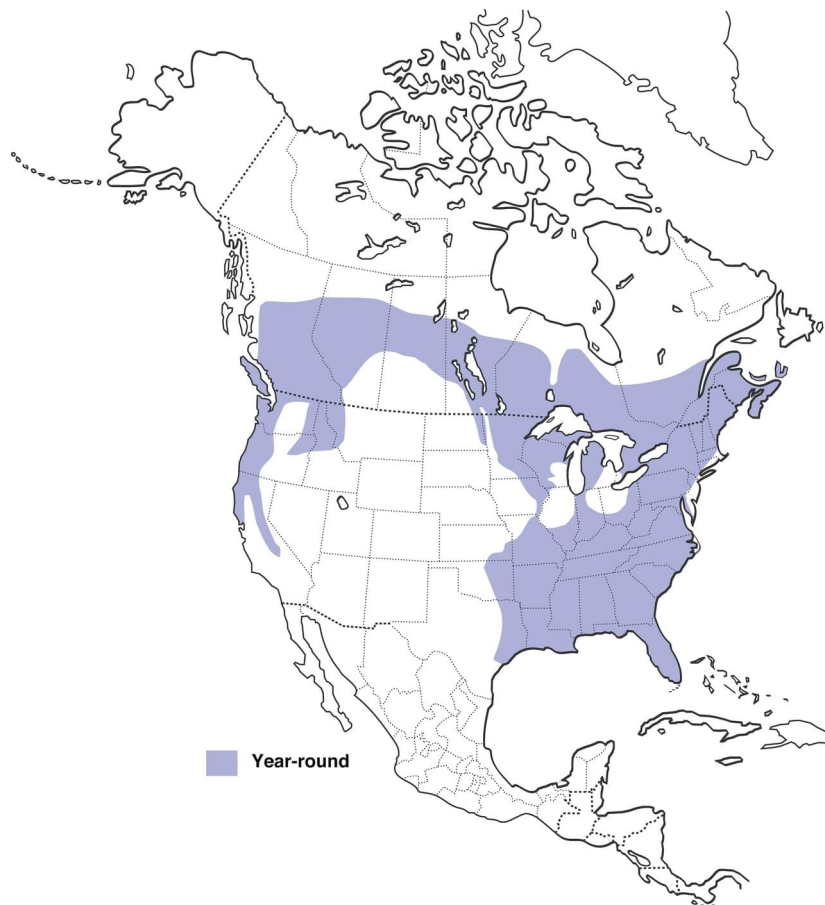


Figure 1. Distribution of the Pileated Woodpecker. Map provided by Birds of the World (<https://birdsoftheworld.org/bow/species/pilwoo/cur/introduction>)

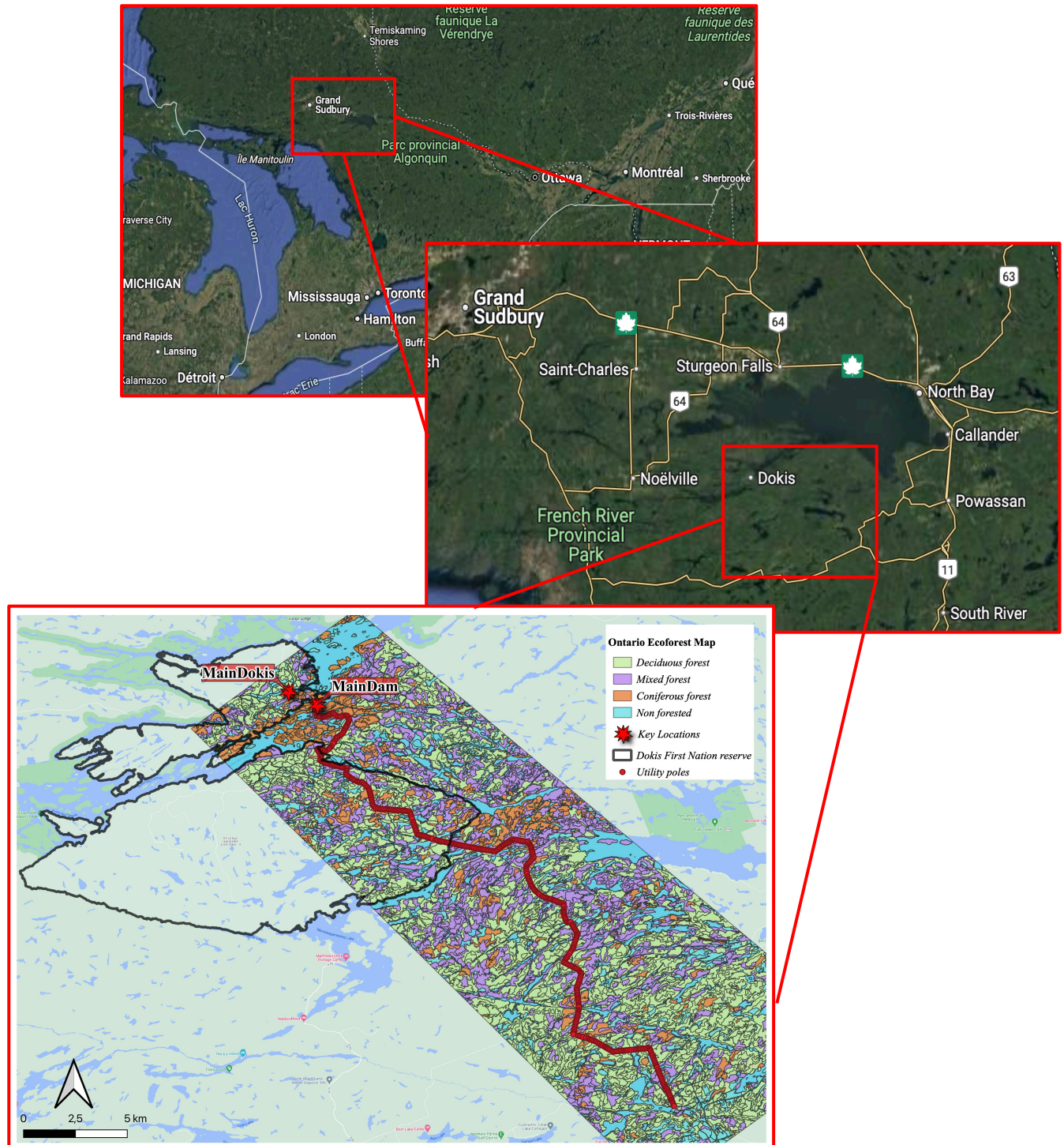


Figure 2. Map of the study area, including the Dokis First Nation reserve, where the village (MainDokis) and the powerhouse (MainDam) are located. The red dotted line represents the 491 utility poles that form the Okikendawt utility line. Main categories of forest cover types, based on the 2009 OMNR digital forest map, are also shown along the utility line covering an area of 1386,3 km<sup>2</sup>

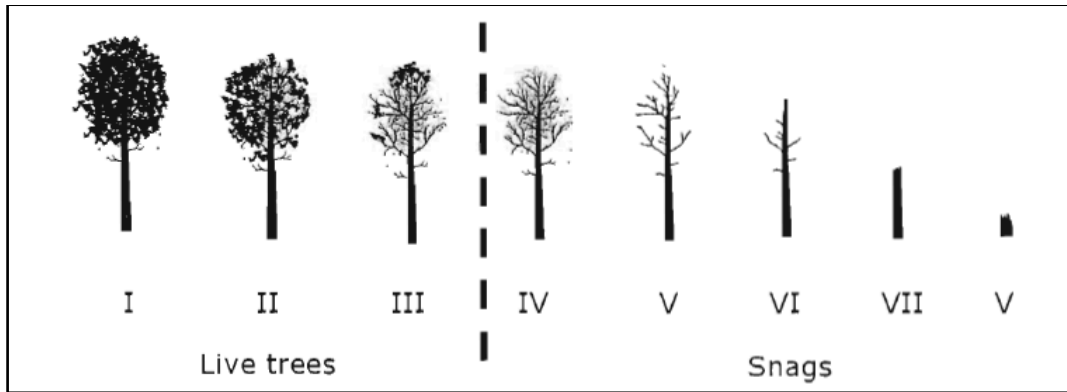


Figure 3. Tree degradation classes used to characterize foraging and potential cavity nesting trees of the Pileated Woodpecker. This visual representation illustrates the different degradation stages of a Trembling Aspen, based on Ouellet-Lapointe (2010).

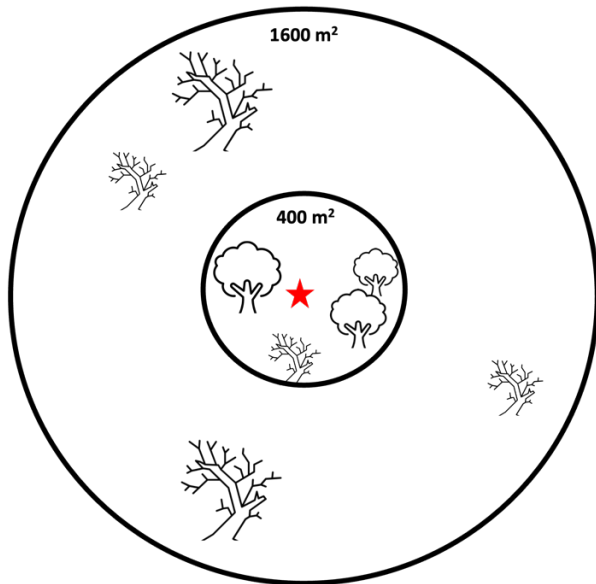


Figure 4. 1600 m<sup>2</sup> Vegetation Sampling Plot. The red star represents the center of the plot, marked by a tree with a minimum height of 1.3 m. A 400 m<sup>2</sup> area is used to assess both living and dead trees, while a 1600 m<sup>2</sup> area is used exclusively for dead trees only.

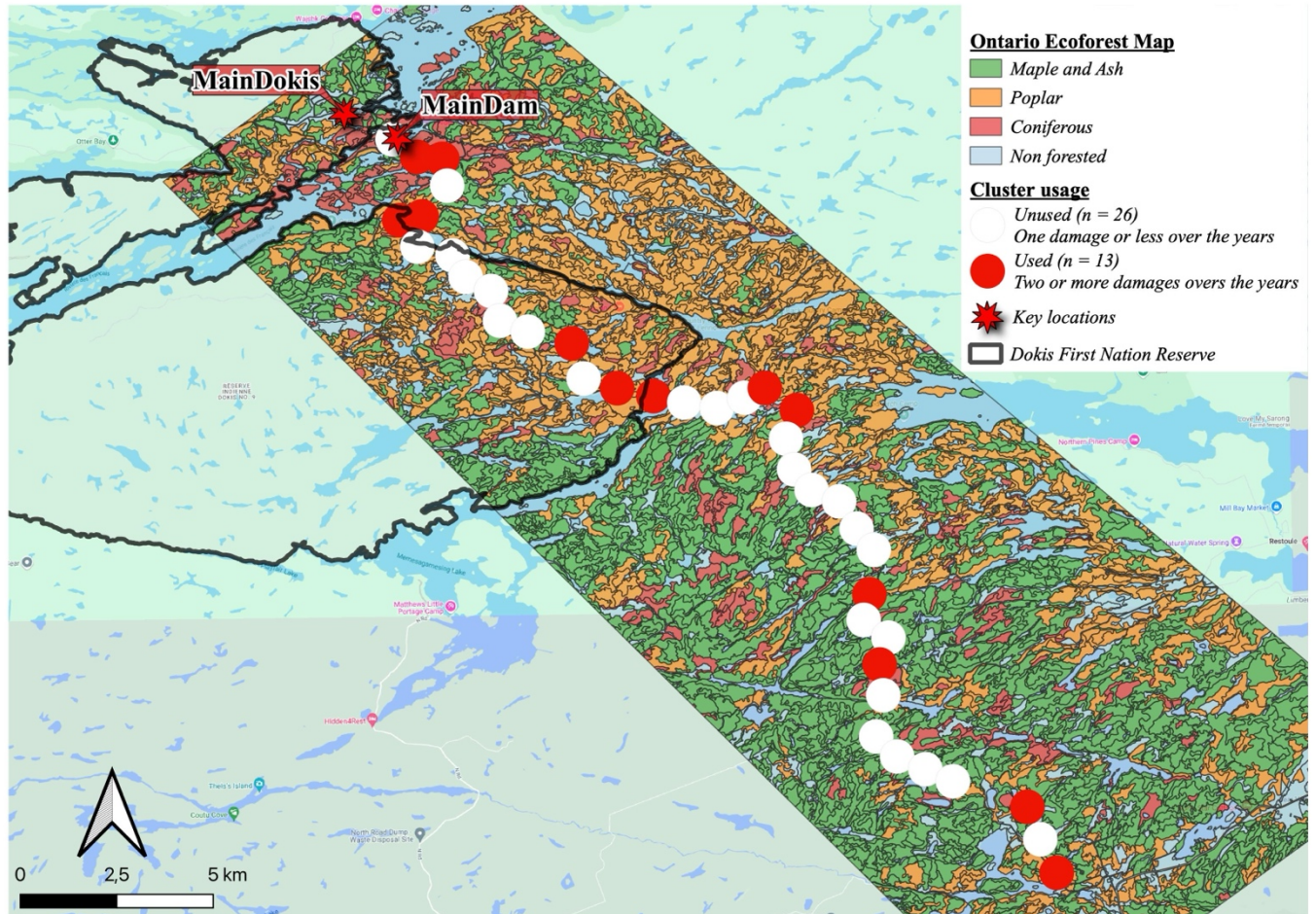


Figure 5. Clusters of poles used and unused by Pileated Woodpeckers along the Okikendawt utility line based on spatial autocorrelation analyses of Hydromega inc. annual inspections of woodpecker damages on wooden poles. The map also shows the underlying main forest cover types (Table 2) surrounding the line (1386.3 km<sup>2</sup>).

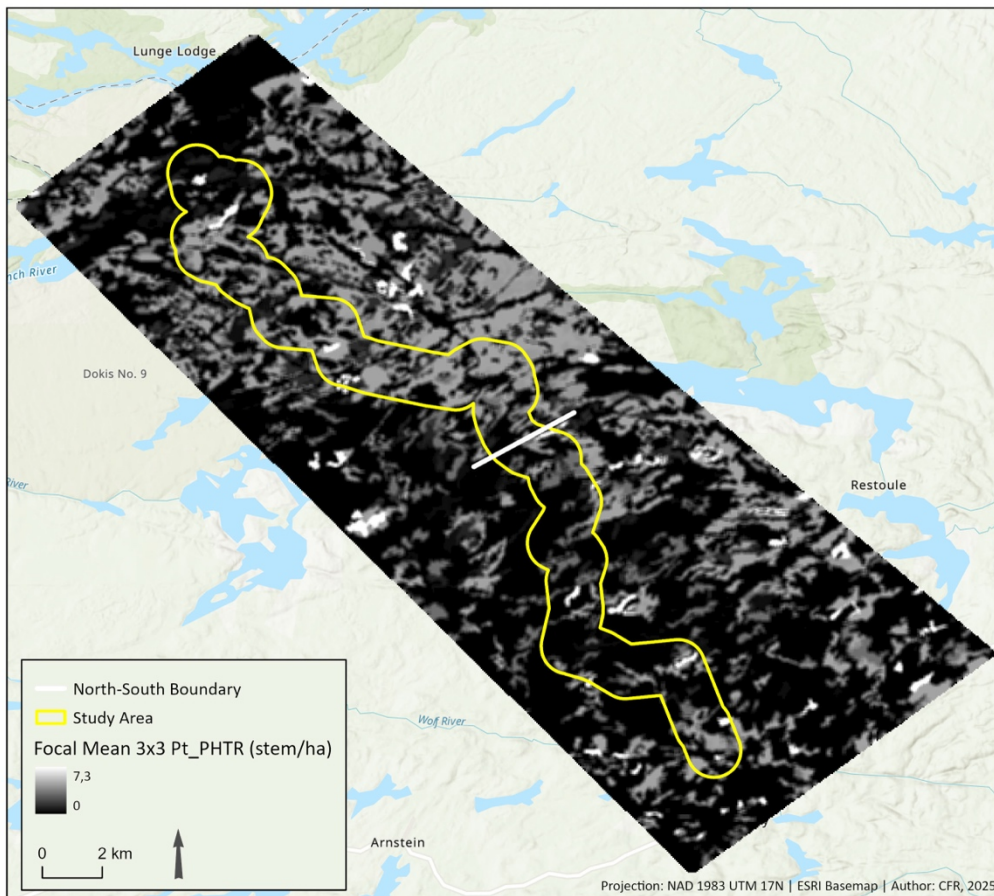


Figure 6. Spatial analysis using mean values (stems/ha) of trembling aspens with *Phellinus tremulae* conks (Ta+PHTR) in forest cover types of adjacent forests along the Okikendawt utility line. Lighter gray areas indicate the highest stem density per hectare, reaching 7.3/ha. The north-south boundary depicting the abrupt change in trembling aspen stems with conks is represented by the white line.

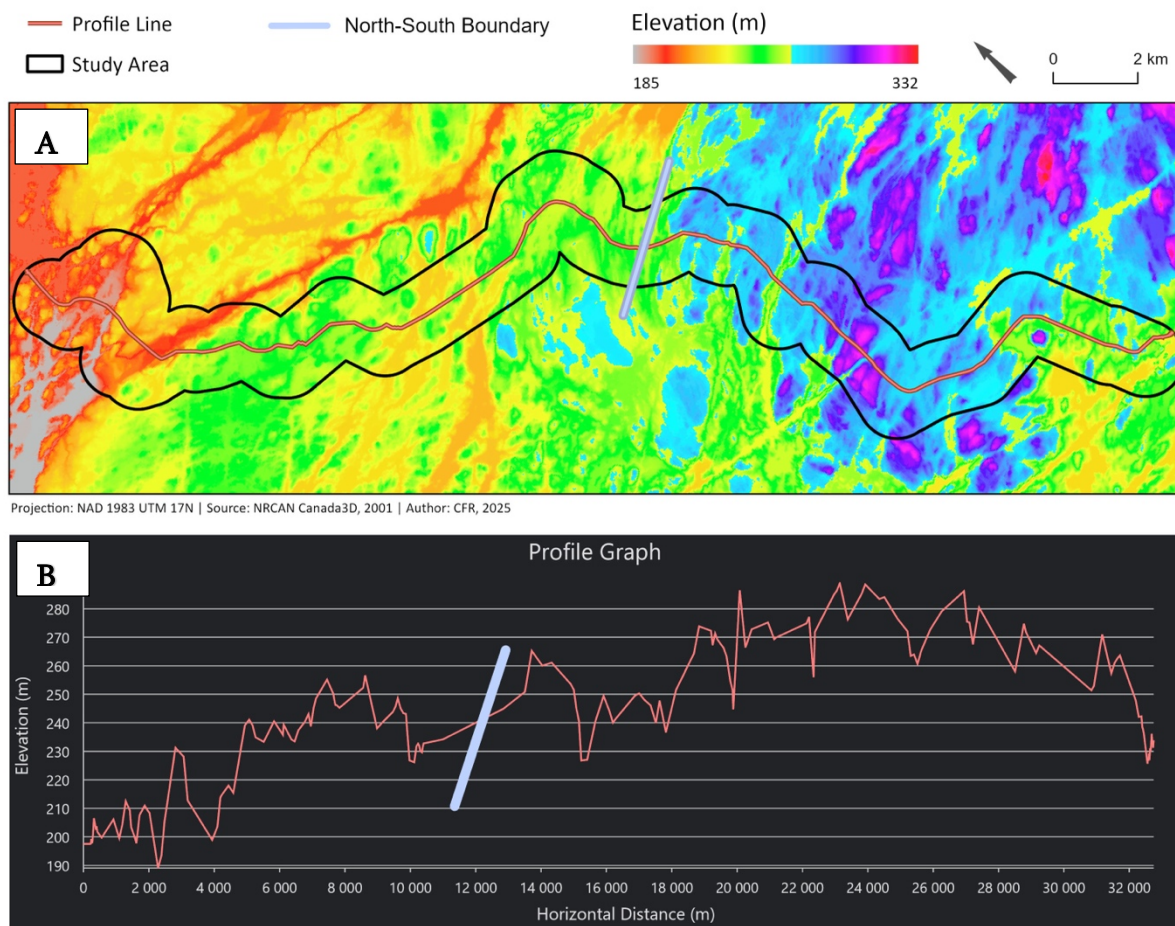


Figure 7. Elevation range within our study area. A) Heatmap of elevation: The heatmap shows the elevation range within our study area, with cooler colors representing higher elevations and warmer colors indicating lower elevations. A line has been drawn through the middle of the study area to create the profile shown in B. The lilac line on the heatmap marks the north-south boundary, representing the steepest slope over the longest distance, which corresponds to the small mountain visible in the heatmap. B) Elevation profile graph: This graph illustrates the elevation changes along the line, providing a detailed view of the elevation variation across the study area.

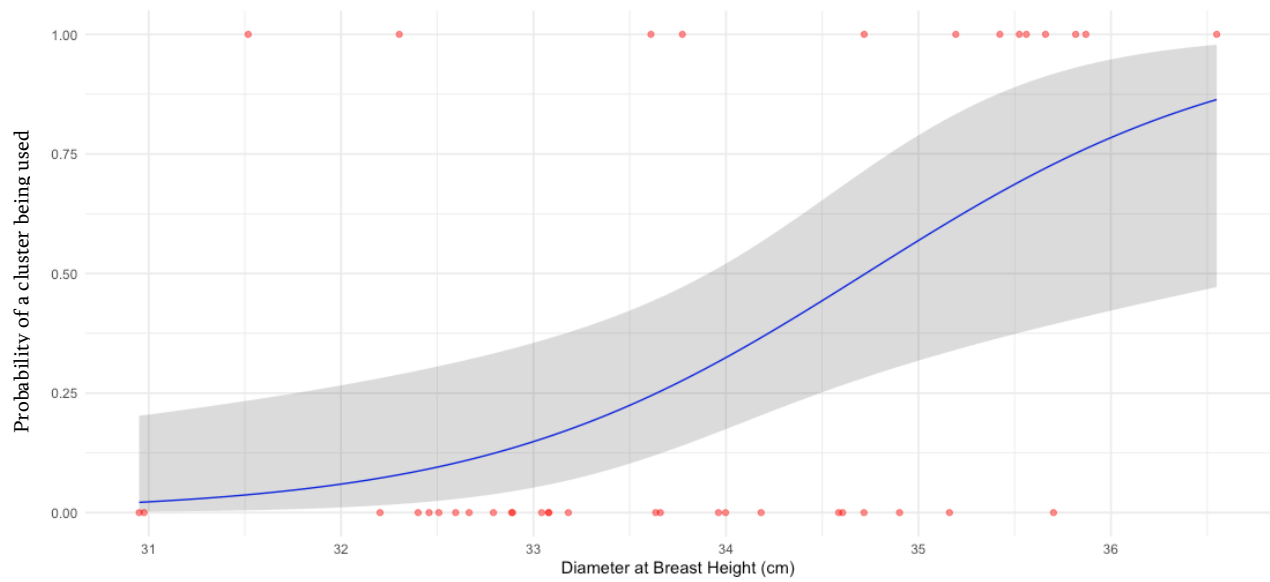


Figure 8. Logistic regression illustrating the relationship between clusters of poles mean DBH and their probability of being used by Pileated Woodpeckers. The grey ribbon represents the 95% confidence intervals.

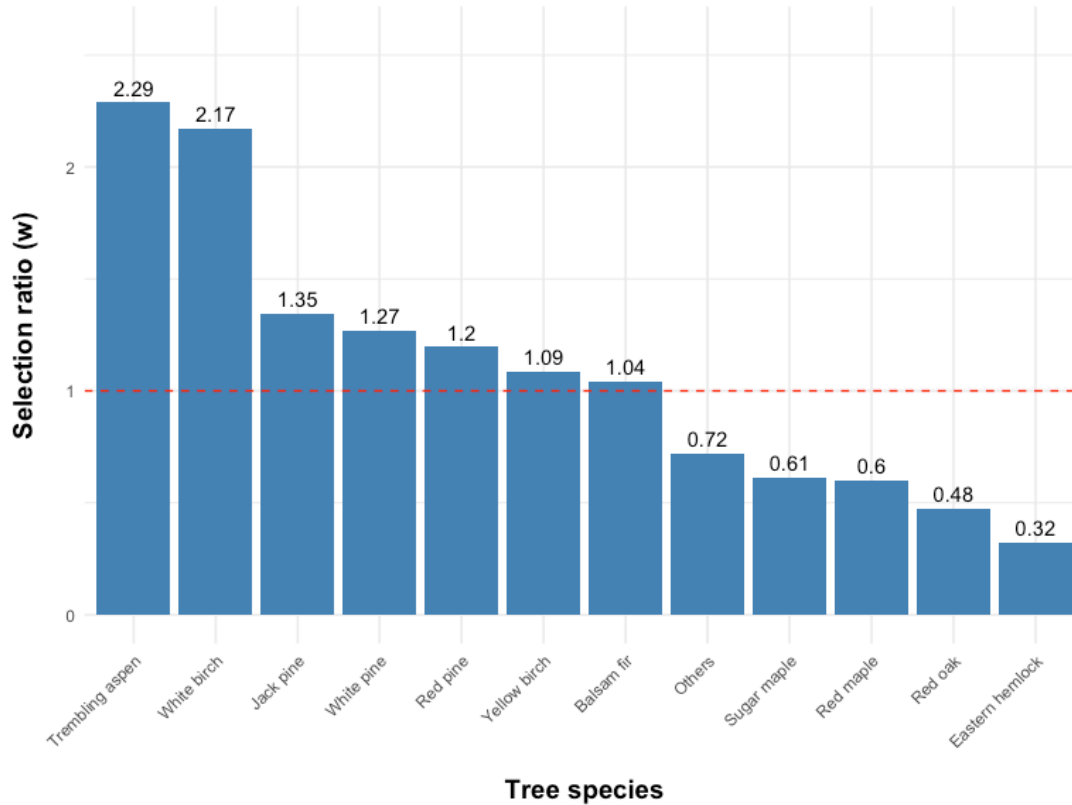


Figure 9. Selection ratio ( $w$ ) of used trees by foraging Pileated Woodpeckers across all sampled tree species in adjacent forests of the Okikendawt utility line. The red dotted line represents the threshold where a ratio  $> 1$  indicates selection,  $< 1$  indicates avoidance, and a value near 1 indicates use proportional to availability. The “Others” category includes all tree species that together accounted for less than 10% of total abundance of trees sampled. Trembling aspen (Ta) and White birch (Wb) are highly selected as foraging trees, despite representing only 5.2% and 4.4% of available stems, respectively.

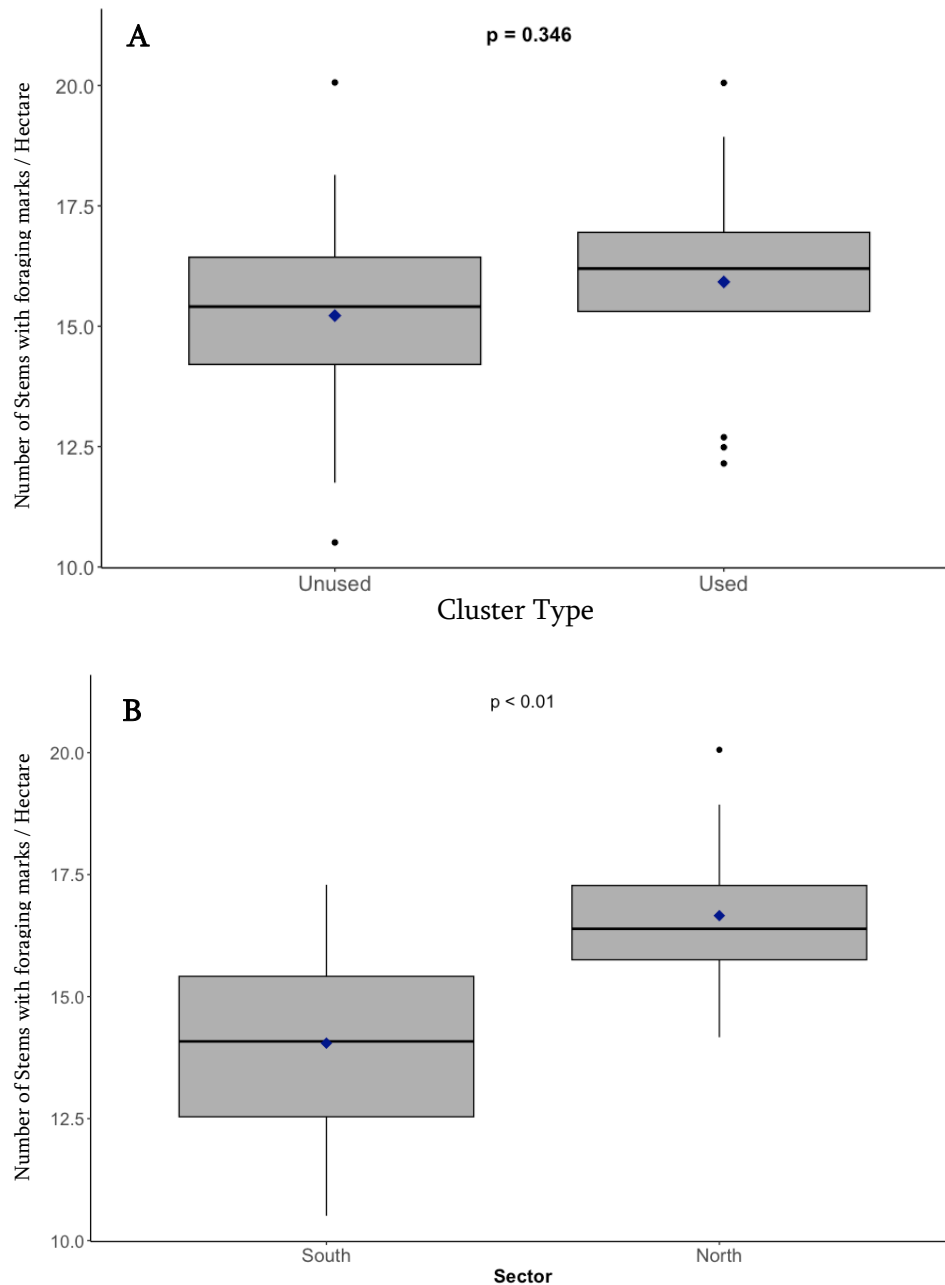


Figure 10. One-way ANOVAs of the distribution of stem densities of Pileated Woodpecker foraging marks on trees in adjacent forests between **A**) unused ( $n = 26$ ) and used ( $n = 13$ ) clusters of wooden poles and **B**) the northern ( $n = 21$ ) and southern ( $n = 18$ ) sectors along the Okikendawt utility line. Mean values (represented by blue dots) between used:  $15.92 \pm 2.39$  stems/ha, and unused clusters of wooden poles:  $15.22 \pm 2.04$  stems/ha ( $p = 0.346$ ) are presented with standard deviations (SD) between used and unused clusters of wooden poles. Mean values between north:  $16.66 \pm 1.61$  stems/ha, and south sectors:  $14.05 \pm 1.86$  stems/ha ( $p < 0.001$ ) are presented with standard deviations (SD) between sectors.

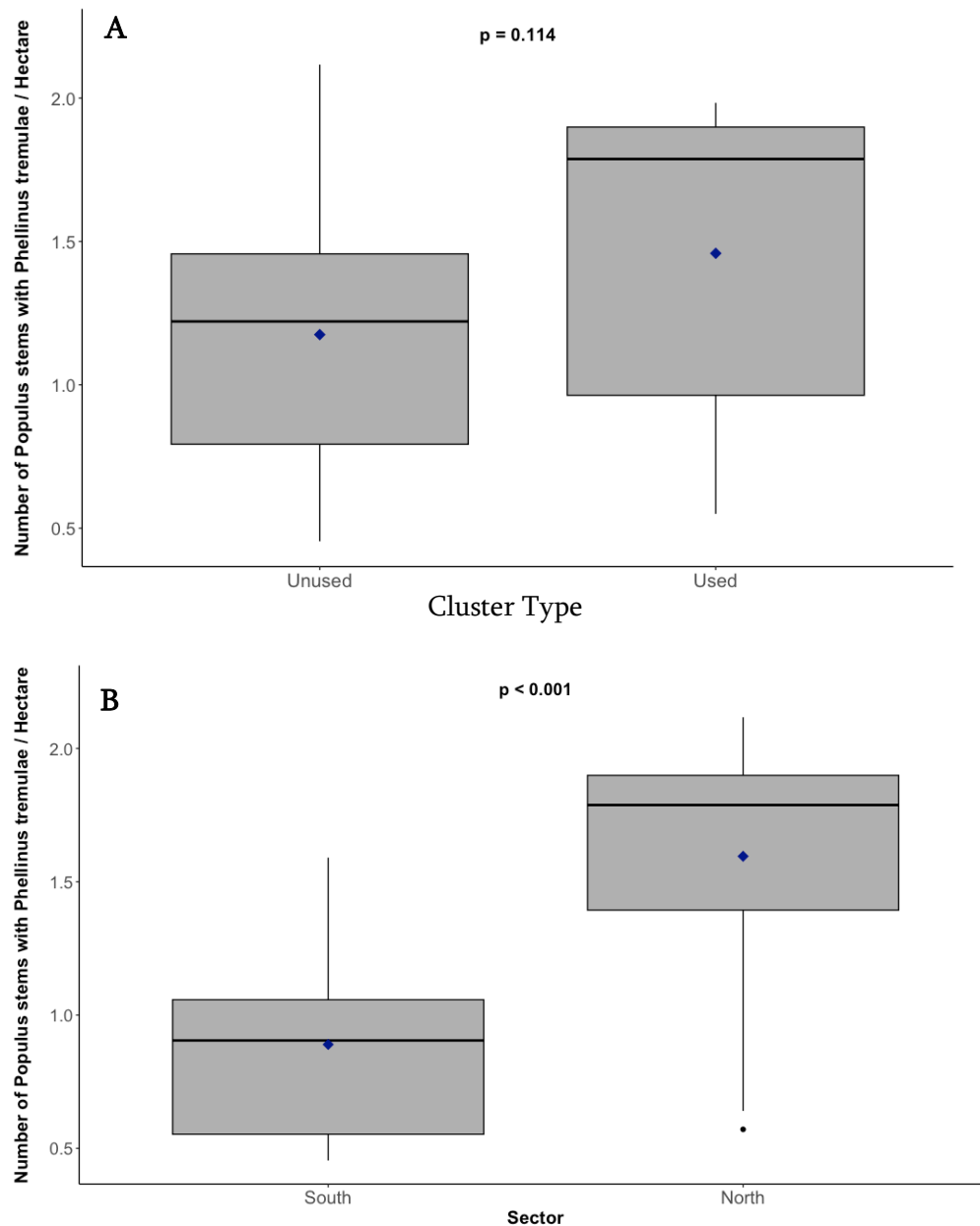


Figure 11. One-way ANOVAs of the distribution of the number of stems showing *Populus* sp. stems with *Phellinus tremulae* conks in adjacent forests between **A**) unused ( $n = 26$ ) and used ( $n = 13$ ) clusters of wooden poles and **B**) the northern ( $n = 21$ ) and southern ( $n = 18$ ) sectors along the Okikendawt utility line. Mean values (represented by blue dots) between used:  $1.46 \pm 0.5$  stems/ha, and unused clusters of wooden poles:  $1.18 \pm 0.56$  stems/ha ( $p = 0.114$ ) are presented with standard deviations (SD) between used and unused clusters of wooden poles. Mean values between north: north:  $1.60 \pm 0.44$  stems/ha and south:  $0.89 \pm 0.34$  stems/ha ( $p < 0.001$ ) are presented with standard deviations (SD) between sectors.

## Tables

Table 1. Table showing the area of the different forest cover types within a buffer of 900m radius calculated for each pole along the 40 km length of the Okikendawt utility line, for a total area of 74.38 km<sup>2</sup>. For vegetation sampling, we only used forest cover types covering up to 95% of the area (see the double line).

<b>Strata name</b>	<b>Leading species</b>	<b>% cover</b>	<b>Age approx.</b>	<b>Total area (ha)</b>	<b>Cumulative area(%)</b>
Ta_ 1-24_>80	Aspen and poplar	1-24	> 80	1866.11	0.25
MaAs_ 50-74_>80	Maple and ash	50-74	> 80	1617.79	0.47
MaAs_ 1-24_>80	Maple and ash	1-24	> 80	900.25	0.59
MaAs_ 25-49_>80	Maple and ash	25-49	> 80	612.15	0.67
Ta_ 25-49_>80	Aspen and poplar	25-49	> 80	521.30	0.73
Ta_ 50-74_>80	Aspen and poplar	50-74	> 80	350.62	0.79
MaAs_ 75+_>80	Maple and ash	75+	> 80	343.33	0.83
Conifer_ 1-24_>80	Softwood	1-24	> 80	335.23	0.88
Conifer_ 25-49_>80	Softwood	25-49	> 80	233.76	0.91
Conifer_ 75+_>80	Softwood	75+	40-79	198.23	0.93
Ta_ 1-24_40-79	Aspen and poplar	1-24	40-79	9699	0.957
Conifer_ 25-49_40-79	Softwood	25-49	40-79	55.28	0.954
Conifer_ 50-74_40-79	Softwood	50-74	40-79	54.39	0.961
MaAs_ 1-24_40-79	Maple and ash	1-24	40-79	45.28	0.967
Ta_ 50-74_40-79	Aspen and poplar	50-74	40-79	39.18	0.973
MaAs_ 50-74_40-79	Maple and ash	50-74	40-79	33.86	0.977
Conifer_ 1-24_40-79	Softwood	1-24	40-79	33.26	0.981
MaAs_ 25-49_40-79	Maple and ash	25-49	> 80	27.50	0.985
Conifer_ 50-74_>80	Softwood	50-74	> 80	25.32	0.989
Ta_ 75+_>80	Aspen and poplar	75+	> 80	21.18	0.991
Ta_ 25-49_40-79	Aspen and poplar	25-49	40-79	18.84	0.994
Conifer_ 50-74_>80	Softwood	50-74	> 80	14.97	0.9962
MaAs_ 1-24_0-39	Maple and ash	1-24	0-39	12.79	0.9979
Conifer_ 75+40-79	Softwood	75+	40-79	11.91	0.9995
MaAs_ 75+40-79	Maple and ash	75+	40-79	2.60	0.9999
Ta_ 75+0-39	Aspen and poplar	75+	0-39	0.83	1

Table 2. Number of field plots sampled for Pileated Woodpeckers' foraging and breeding substrates by forest cover type.

*Numbers in parentheses represent the number of field plots per forest cover types.*

<b>Forest cover type</b>	<b>Number of field plots sampled</b>
MaAs_1-24_40-79 (3) + MaAs_1-24_>80 (22)	25
MaAs_25-49_>80	22
MaAs_50-74_>80	27
MaAs_>75_>80	10
Ta_1-24_40-79	12
Ta_1-24_>80	28
Ta_25-49_>80	20
Ta_50-74_>80	13
Conifer_25-49_>80 (4)+ Conifer_50-74_40-79 (3)	7
Conifer_50-74_>80	33
Conifer_>75_>80	19
<b>Total</b>	<b>216</b>

Forest cover types are categorized by tree groups selected for their ecological importance to Pileated Woodpeckers (MaAs = maple-ash, Ta = trembling aspen, Conifer = conifers), percent cover of the target group (1–24%, 25–49%, 50–74%, > 75%), and stand age (0–39, 40–79, or > 80 years).

Table 3. Total number of trees sampled for each species and the percentage of each species relative to the total sample (n = 3182) in our 2022-2023 field surveys in adjacent forests along the Okikendawt utility line. Additionally, trees are categorized by DBH (under 20 cm, between 20 and 30 cm, and over 30 cm), and we compiled the percentage of dead trees (degradation class > 3), the percentage of trees with foraging marks and with fungal conks. Species highlighted in pale grey together accounted for less than 10% of the total occurrences.

Species	n	Occurrence %	DBH<20 %	DBH20-30 %	DBH>30 %	Dead %	Foraging %	Fungi %	DBH>30 + Fungi %
White pine	474	14.9	11	27	62	38	24	2	1
Eastern hemlock	361	11.3	7	33	60	22	6	3	1
Jack pine	337	10.6	51	41	8	93	26	4	1
Sugar maple	292	9.2	19	42	39	45	12	11	3
Red maple	291	9.1	33	33	34	55	11	9	3
Balsam fir	182	5.7	62	31	7	93	20	9	2
Yellow birch	175	5.5	16	37	47	57	21	36	13
Trembling aspen	166	5.2	16	39	45	77	43	28	12
Black ash	156	4.9	31	37	31	53	3	8	0
Red pine	150	4.7	20	36	44	58	23	1	1
White birch	141	4.4	34	44	22	87	41	56	11
Red oak	122	3.8	25	43	33	49	9	6	3
Eastern white cedar	89	2.8	18	29	53	39	10	0	0
Large-toothed aspen	44	1.4	9	32	59	46	14	18	14
Basswood	34	1.1	9	29	62	15	3	6	0
Unidentified	28	0.9	57	29	14	93	32	7	0
White spruce	28	0.9	14	50	36	50	14	14	4
Ash sp.	17	0.5	18	29	53	77	47	12	6
Maple sp.	17	0.5	29	47	24	100	41	12	6
White oak	17	0.5	47	41	12	65	18	0	0
Poplar sp.	15	0.5	7	40	53	73	47	0	0
Spruce sp.	15	0.5	40	40	20	87	33	7	0
Black spruce	14	0.4	29	36	36	57	29	7	0
hardwood sp.	10	0.3	30	50	20	50	0	10	0
Eastern larch	7	0.2	43	43	14	43	0	0	0

Table 4. Selection ratio ( $w$ ) of all tree species sampled are based on Manly et al. (2002) test. This table highlights tree species that are selected in relation to their availability as foraging substrates. Prop. 1 represents the proportion of available stems of a species relative to all available trees, Prop. 2 represents the proportion of use for foraging of a species relative to total use across all trees, and  $w$  is the selection ratio (Prop. 2 / Prop. 1). Species highlighted in light grey are the most selected.

Species	Available	Used	Prop. 1 (%)	Prop. 2 (%)	$w$
Trembling aspen	166	72	5.22	11.94	2.29
White birch	141	58	4.43	9.62	2.17
Jack pine	337	86	10.59	14.26	1.35
White pine	474	114	14.90	18.91	1.27
Red pine	150	34	4.1	5.64	1.20
Yellow birch	175	36	5.50	5.97	1.09
Balsam fir	182	36	5.72	5.97	1.04
Others	491	67	15.43	11.11	0.72
Sugar maple	292	34	9.18	5.64	0.61
Red maple	291	33	9.15	5.47	0.60
Red oak	122	11	3.83	1.82	0.48
Eastern hemlock	361	22	11.35	3.65	0.32

Table 5. Variables used in our model selection analyses incorporating our three hypotheses.

<b>Variables</b>	<b>Type of Variable</b>	<b>Description</b>	<b>Range</b>
Used vs. unused clusters of poles	Response <i>Binomial</i>	Clusters (n=39) of wooden poles ( $\pm 9$ poles/cluster) along the utility line, with used (2 breeding excavations and more) and unused (0 – 1 excavation) by Pileated Woodpeckers	-
<b><i>Hypothesis 1</i></b> <b><i>Wooden poles characteristics</i></b>			
Poles Mean_DBH by pole cluster	Explanatory <i>Continuous</i>	Mean DBH of poles within a cluster (n=39)	30.95 to 36.55 diameters at breast height (cm)
Location of used vs. unused pole clusters along the line	Explanatory <i>Categorical</i>	North (n=21) and South (n=18) sectors	-
<b><i>Hypothesis 2</i></b> <b><i>Foraging trees</i></b>			
Foraging marks	Explanatory <i>Continuous</i>	All PIWO foraging marks found on trees	10.51 to 20.06 stems/ha
Dead trees	Explanatory <i>Continuous</i>	All dead trees (degradation class 4 to 6) with DBH > 30 cm	2.45 to 4.94 stems/ha
<b><i>Hypothesis 3</i></b> <b><i>Breeding trees</i></b>			
Ta>30	Explanatory <i>Continuous</i>	All <i>Populus</i> stems with DBH >30 cm	0.99 to 6.6 stems/ha
Ta+PHTR	Explanatory <i>Continuous</i>	<i>Populus</i> stems with <i>Phellinus tremulae</i> conks with DBH > 30 cm	0.45 to 2.12 stems/ha
Dead trees	Explanatory <i>Continuous</i>	All dead trees (degradation class 4 to 6) with DBH > 30 cm	2.45 to 4.94 stems/ha
Ta+Dead	Explanatory <i>Continuous</i>	<i>Populus</i> with DBH > 30 cm (degradation class 1 to 6) + all dead trees with DBH > 30 cm (degradation class 4 to 6)	3.1 to 8.34 stems/ha

Table 6. Correlation matrix of all explanatory variables. Variables with a correlation > 0.6 are considered highly correlated (marked in orange) and therefore cannot be included in the same model for the model selection analysis.

<b>Sector</b>							1
<b>Mean_DBH</b>						1	-0.18
<b>Ta_dead</b>					1	-0.1	0.62
<b>Dead</b>				1	0.68	-0.06	0.27
<b>Ta+PHTR</b>			1	0.62	0.94	-0.12	0.68
<b>Foraging_marks</b>		1	0.5	0.51	0.45	-0.07	0.61
<b>Ta&gt;30</b>	1	0.42	0.95	0.48	0.96	-0.11	0.7
	<b>Ta&gt;30</b>	<b>Foraging_marks</b>	<b>Ta+PHTR</b>	<b>Dead</b>	<b>Ta_Dead</b>	<b>Mean_DBH</b>	<b>Sector</b>

Table 7. Model selection analyses of factors influencing the use of a cluster of wooden poles by Pileated Woodpeckers along Okikendawt utility line.

<b>Candidates models</b>	<b>K</b>	<b>AICc</b>	<b>Delta_AICc</b>	<b>AICcWt</b>	<b>Cum.Wt</b>	<b>LL</b>
Mean_DBH + Ta+PHTR	3	42.57	0.00	0.28	0.28	-17.94
Mean_DBH + Sector	3	43.04	0.47	0.22	0.51	-18.18
Mean_DBH + Ta >30	3	44.00	1.42	0.14	0.65	-18.66
Mean_DBH	2	44.82	2.25	0.09	0.74	-20.25
Mean_DBH + Ta_Dead	3	44.97	2.40	0.09	0.82	-19.14
Mean_DBH + Sector +Dead_sp.	4	45.37	2.80	0.07	0.89	-18.10
Mean_DBH + Foraging marks	3	45.50	2.93	0.07	0.96	-19.41
Mean_DBH + Dead sp.	3	46.67	4.09	0.04	1.00	-19.99
Null	1	51.76	9.18	0.00	1.00	-24.82

Table 8. Binomial GLM relating Ta+PHTR and Mean\_DBH to wooden pole cluster usage by Pileated Woodpeckers along the Okikendawt utility line.

	estimate	Std. error	Z value	P value
Intercept	-37.3714	13.2546	-2.820	0.00481**
Ta+PHTR	1.7570	0.8997	1.953	0.05083
Mean_DBH	1.0119	0.3728	2.714	0.00664**

## Appendix

**Table A1.** Relationship between stem density per hectare (stem/ha) of key variables for Pileated Woodpeckers foraging and breeding tree requirements in forest cover types of the digital forest map. We highlighted in red the highest stem density of trembling aspens with DBH > 30 cm which are potential cavity-bearing trees for Pileated Woodpeckers.

<b>Forest cover type</b>	<b>Ta&gt;30</b>	<b>Ta+PHTR</b>	<b>Foraging_marks</b>	<b>Dead</b>	<b>Pt_Dead</b>
MaFr_1-24_>80	2	0	20	8	8
MaFr_25-49_>80	3	2	13	6	9
MaFr_50-74_>80	0	0	10	2	2
MaFr_>75_>80	0	0	10	4	4
Ta_1-24_50-74	7	3	23	6	10
Ta_1-24_>80	10	3	20	4	10
Ta_25-49_>80	12	1	18	3	15
Ta_50-74_>80	21	7	21	4	16
Conifer_25-49_>80	0	0	40	3	3
Conifer_50-74_>80	1	1	35	5	5
Conifer_>75_>80	0	0	26	6	6

Forest cover types are categorized by dominant tree species grouped on the basis of their ecological importance to Pileated Woodpeckers (MaAs = maple-ash, Ta = trembling aspen, Conifer = conifers), percent cover of the target group (1–24%, 25–49%, 50–74%, > 75%), and stand age (0–39, 40–79, or > 80 years).

**Table A2.** Quebec’s digital forest cover maps and tree species density per hectare (stems/ha), calculated for different tree species groups and DBH classes (cm), combined with a Nesting Habitat Quality Model (NHQM) developed by Cadieux et al. (2017, 2023) using empirical data on Pileated Woodpeckers nest trees (Drapeau data base on cavity nesters, UQAM), in correspondence with forest cover types and forest inventory plots from Quebec’s ministry of Natural Resources and Forest. Red boxes indicate the density of aspen trees with a DBH > 31 cm and their corresponding nesting habitat quality category for Pileated Woodpecker. We highlighted values > 20 stems/ha to illustrate the category into which our highest values fall along the Okikendawt utility line.

Strates carte écoforestière 5*	Surface Terrière moyenne peuplement résineux	Surface terrière moyenne peuplement feuillu	Moyenne de densité Autre <sup>a</sup> <31cm (Tiges/ha)	Moyenne de densité Autre <sup>a</sup> >31cm (Tiges/ha)	Moyenne de densité Autre <sup>a</sup> >35cm (Tiges/ha)	Moyenne de densité PE <sup>a</sup> <31cm (Tiges/ha)	Moyenne de densité PE <sup>a</sup> >31cm (Tiges/ha)	Moyenne de densité PE <sup>a</sup> >35cm (Tiges/ha)	Moyenne de densité ER HG BJ <sup>a</sup> <31cm (Tiges/ha)	Moyenne de densité ER HG BJ <sup>a</sup> >31cm (Tiges/ha)	Moyenne de densité ER HG BJ <sup>a</sup> >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	Moyenne à 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	Moyenne à 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	Moyenne à Forte
F_PE_>22m	8	25	611	21	11	199	74	45	55	3	2	342	Moyenne à 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

## CONCLUSION GÉNÉRALE

Comprendre l'utilisation des poteaux de distribution d'électricité et de télécommunication pour les picidés est un cas d'étude intéressant des relations complexes qu'entretient la faune avec les infrastructures humaines. Elle permet à la fois de mesurer la capacité adaptative des espèces à utiliser ces nouvelles structures mais également de faire état de l'étendue des dommages que subissent les infrastructures par les activités de la faune qui durent depuis plus d'un siècle (McAtee, 1911). Cette question devient particulièrement cruciale lorsque le responsable des dommages est le Grand Pic, dont les excavations de grande taille compromettent l'intégrité structurelle des poteaux.

Nous avons testé trois hypothèses qui peuvent expliquer l'usage singulier des poteaux de bois par le Grand Pic sur la ligne de transmission d'électricité d'Okikendawt. Tout d'abord, nous avons émis l'hypothèse que lorsque les poteaux électriques en bois ont un diamètre à hauteur de poitrine comparable à celui des arbres de nidification généralement utilisés par les Grands Pics en forêt (H1) ils sont plus fréquemment excavés que les poteaux dont le diamètre est plus petit. Notre deuxième hypothèse considérait que la forêt adjacente aux secteurs de la ligne de transmission d'électricité qui sont davantage endommagés par les excavations de Grand Pic abriterait davantage de substrats d'alimentation pour le Grand Pic, offrant donc une plus grande disponibilité des ressources alimentaires (H2) dans la forêt environnante (Dennis, 1964). Troisièmement, nous avons émis l'hypothèse que la disponibilité des arbres de nidification potentiels dans la forêt adjacente à la ligne d'Okikendawt modulerait l'utilisation des poteaux électriques par le Grand Pic. Nous prévoyions que les poteaux entourés de forêts avec de faibles densités d'arbres potentiels pour la reproduction devraient avoir une probabilité plus élevée d'être excavés par les Grands Pics, tandis que des poteaux entourés de forêts avec des densités plus élevées d'arbres pour la reproduction devraient avoir une probabilité plus faible d'être excavés.

Nos résultats révèlent que l'usage répété des poteaux de bois pour la nidification du Grand Pic est fortement lié aux caractéristiques structurales des poteaux de bois (H1), soit leur diamètre (>30 cm de DHP), ainsi qu'à l'organisation spatiale des poteaux de plus fort diamètre le long de la ligne Okikendawt. Les dommages répétés de Grands Pics sur les poteaux ne sont donc pas répartis de façon aléatoire sur l'ensemble de la ligne mais sont concentrés dans les groupes de poteaux qui ont les plus forts diamètres. De plus, la faible densité d'arbres de nidification potentiels en forêt observée sur l'ensemble de la ligne d'Okikendawt (H3) favorise cette utilisation opportuniste et répétée des poteaux de bois par le Grand Pic dans les secteurs où le diamètre moyen des poteaux est le plus élevé. Nos résultats montrent que les poteaux de bois des infrastructure humaines de transport d'électricité et de télécommunications jouent pour le Grand Pic un rôle compensatoire qui persiste dans le temps dans des environnements forestiers sous-optimaux quant à leur disponibilité d'arbres de nidification.

Par ailleurs, la disponibilité des substrats d'alimentation (H2) pour le Grand Pic dans la forêt adjacente à la ligne de transport d'électricité d'Okikendawt ne diffère pas entre les secteurs endommagés par les activités répétées d'excavation du Grand Pic sur les poteaux de bois des secteurs qui n'ont pas été endommagés. La disponibilité de substrats d'alimentation est donc répandue sur l'ensemble de la forêt environnante à la ligne d'Okikendawt. L'usage répété de groupes de poteaux de bois par le Grand Pic n'est pas associé à une meilleure disponibilité de substrats d'alimentation.

Comme la plupart des phénomènes écologiques sont déterminés par des liens causaux multifactoriels, nous avons testé nos trois hypothèses dans une perspective non mutuellement exclusive (au sens de Quinn et Dunham, 1983) au moyen d'une approche de sélection de modèles, qui est davantage appropriée pour aborder les liens entre nos hypothèses et ainsi éviter de considérer ces dernières comme des causes uniques concurrentes.

### Recommandations pour les gestionnaires d'infrastructures linéaires

Notre étude réitère que le diamètre des poteaux de bois des infrastructures de services publics d'électricité et de télécommunications est un facteur clé dans leur utilisation par le Grand Pic. À l'instar de plusieurs autres études (Cadieux et al., 2018; Nault, 2025; Wright, 2021), nos modèles montrent que la probabilité d'excavation répétée des poteaux de bois par le Grand Pic augmente avec leur diamètre. Plus précisément, en se fiant à la norme CAN/CSA O15-15, qui établit les exigences relatives à la fabrication et à la dimension des poteaux en bois (CSA Group, 2015), les poteaux de classe 2 et d'une hauteur d'au moins 19,8 mètres sont ceux qui s'avèrent être les plus à risque. Les poteaux de plus grand diamètre sont généralement installés dans des secteurs plus reculés, difficiles d'accès ou considérés comme stratégiques (ex. : zones exposées à un plus grand risque de bris), dans le but de limiter les interventions d'entretien.

À notre connaissance, notre étude est parmi les premières à s'appuyer à la fois sur une base de données spatiale et temporelle couvrant une décennie d'inspections quasi-annuelles d'une ligne de poteaux de transport d'électricité endommagée par le Grand Pic ou des données fines des attributs d'habitats importants pour cette espèce (les arbres d'alimentation et de nidification) permettent d'évaluer quantitativement la qualité de l'habitat pour cette espèce. Cette connaissance permet de mieux comprendre l'utilisation singulière et répétée des poteaux de bois d'infrastructures publiques par des espèces comme le Grand Pic qui causent des dommages importants et qui en vulnérabilisent la sécurité. Pareille connaissance est d'autant plus importante au moment de l'élaboration des tracés de lignes de transport ou de distribution des services d'électricité pour évaluer les secteurs les plus susceptibles d'être endommagés par les activités du Grand Pic. Cette analyse préalable pourrait permettre d'identifier les secteurs à risques et ainsi prévoir des mesures de mitigation appropriées pour mieux gérer les activités d'excavations du Grand Pic permettant de passer à une gestion proactive plutôt que réactive des conflits potentiels générés par l'activité du Grand Pic sur ces infrastructures. Ces mesures pourraient aller de l'installation dès le départ des protecteurs physiques, comme des enveloppes lisses (i.e., wraps) empêchant l'oiseau de s'agripper et d'excaver sur les poteaux à fort diamètre

(DHP > 30 cm) à l'installation de poteaux en matériaux composites dans les secteurs identifiés comme présentant une forte probabilité d'utilisation par le Grand Pic. En plus d'être résistants aux dommages causés par les pics, ces matériaux empêchent également l'installation de fourmis charpentières et d'autres insectes xylophages qui constituent des ressources alimentaires convoitées par le Grand Pic, leur conférant ainsi un double avantage par rapport aux activités d'excavation (reproduction et alimentation) de cette espèce.

Enfin, une bonne connaissance de la qualité de l'environnement adjacent aux infrastructures en substrats de nidification pour le Grand Pic est un facteur important à considérer dans les activités de planification des infrastructures de services publics. Cette connaissance peut également contribuer à la conservation du Grand Pic à la lumière de nouvelle réglementation sur la Loi sur les oiseaux migrateurs (LOM, Canada, 2022), qui interdit la destruction d'un nid actif de Grand Pic tout en réduisant les conflits entre la faune et les infrastructures humaines. En effet, l'utilisation de modèles prévisionnels de la qualité de l'habitat de nidification du Grand Pic (Cadieux, Leduc, et Drapeau, 2023) peut également servir à évaluer la qualité de l'habitat de nidification des secteurs adjacents aux infrastructures d'origine anthropique pour ainsi raffiner nos connaissances de l'espèce et de son habitat tout en constituant une information clé à la planification et à la gestion des infrastructures linéaires.



## LISTE DES RÉFÉRENCES (INTRODUCTION ET CONCLUSION GÉNÉRALE)

- Admin, C. E. (2023). Our Land, Future, & People. *Dokis First Nation*.  
<https://www.dokis.ca/our-future/>
- Akre, R. D., & Hansen, L. D. (1991). Management of Carpenter Ants. In *Applied Myrmecology*. CRC Press.
- Archives d'Hydro-Québec. (s. d.-a). *1930-1944 – La marche vers l'étatisation / Histoire de l'électricité au Québec*. Hydro-Québec. Consulté 3 août 2023, à l'adresse <http://www.hydroquebec.com/histoire-electricite-au-quebec/chronologie/marche-vers-etatisation.html>
- Archives d'Hydro-Québec. (s. d.-b). *Les années pionnières – 1878-1897 / Histoire de l'électricité au Québec*. Hydro-Québec. Consulté 3 août 2023, à l'adresse <http://www.hydroquebec.com/histoire-electricite-au-quebec/chronologie/annees-pionnieres.html>
- Aubry, K. B., & Raley, C. M. (2002a). Selection of Nest and Roost Trees by Pileated Woodpeckers in Coastal Forests of Washington. *The Journal of Wildlife Management*, *66*(2), 392. <https://doi.org/10.2307/3803172>
- Aubry, K. B., & Raley, C. M. (2002b). *The Pileated Woodpecker as a Keystone Species* (Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-181; p. 257-274). USDA Forest Service.
- Beckwith, R. C., & Bull, E. L. (1985). Scat Analysis of the Arthropod Component of Pileated Woodpecker Diet. *The Murrelet*, *66*(3), 90. <https://doi.org/10.2307/3535167>
- Bergeron, Y., Gauthier, S., Kafka, V., Lefort, P., & Lesieur, D. (2001). Natural fire frequency for the eastern Canadian boreal forest : Consequences for sustainable forestry. *Canadian Journal of Forest Research*, *31*(3), 384-391. <https://doi.org/10.1139/x00-178>
- Bergeron, Y., Leduc, A., Harvey, B. D., and Gauthier, S. (2002). Natural fire regime: A guide for sustainable management of the Canadian boreal forest. *Silva Fennica* *36*, 81–95. doi: 10.14214/sf.553
- Bevanger, K. (1997). *Woodpeckers, a nuisance to energy companies*. *20*, 81-92.

- Bilodeau-Colbert, J. (2023). *SÉLECTION DE L'HABITAT DU GRAND PIC (DRYOCOPUS PILEATUS) EN FORÊT BORÉALE MIXTE DE L'EST DU CANADA* [Mémoire de maîtrise]. Université du Québec à Montréal.
- Bonar, R. L. (2000). Availability of Pileated Woodpecker Cavities and Use by Other Species. *The Journal of Wildlife Management*, 64(1), 52-59. <https://doi.org/10.2307/3802974>
- Bonar, R. L. (2001). *Pileated Woodpecker habitat ecology in the Alberta foothills*. University of Alberta.
- Brandt, J. P. (2009). The extent of the North American boreal zone. *Environmental Reviews*, 17(NA), 101-161. <https://doi.org/10.1139/A09-004>
- Brandt, J. P., Flannigan, M. D., Maynard, D. G., Thompson, I. D., & Volney, W. J. A. (2013). An introduction to Canada's boreal zone : Ecosystem processes, health, sustainability, and environmental issues. *Environmental Reviews*, 21(4), 207-226. <https://doi.org/10.1139/er-2013-0040>
- Bull, E. L., & Holthausen, R. S. (1993). Habitat Use and Management of Pileated Woodpeckers in Northeastern Oregon. *The Journal of Wildlife Management*, 57(2), 335. <https://doi.org/10.2307/3809431>
- Bull, E. L., Holthausen, R. S., & Henjum, M. G. (1992). Roost Trees Used by Pileated Woodpeckers in Northeastern Oregon. *The Journal of Wildlife Management*, 56(4), 786. <https://doi.org/10.2307/3809474>
- Bull, E. L., & Jackson, J. A. (2020). Pileated Woodpecker (*Dryocopus pileatus*), version 1.0. *Birds of the World*. <https://doi.org/10.2173/bow.pilwoo.01>
- Bull, E. L., Parks, C. G., & Torgersen, T. R. (1997). *Trees and logs important to wildlife in the interior Columbia River Basin* (PNW-GTR-391; p. 63). USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station.
- Bush, P. G., Naylor, B. J., & Duinker, P. N. (2009a). *Characteristics of habitat used by pileated woodpeckers in Great Lakes–St. Lawrence forest region of Ontario*. 12, 18.

- Bush, P. G., Naylor, B. J., & Duinker, P. N. (2009b). *Characteristics of habitat used by pileated woodpeckers in Great Lakes–St. Lawrence forest region of Ontario*. 12, 19.
- 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* [Thèse de doctorat]. UQAM.
- 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. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/ffgc.2023.1084696>
- 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. *Front. Ecol. Evol.* 12:1392652. doi: 10.3389/fevo.2024.1392652
- Cadieux, P., Drapeau, P., & Tilmant, S. (2018). *Ecological foresight analysis of utility poles damages caused by the Pileated Woodpecker in forested area*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14411.23848>
- Cadieux, P., Leduc, A., & Drapeau, P. (2023). *Modèle préliminaire de qualité d'habitat de nidification du Grand Pic au Québec*. (p. 6). Rapport scientifique présenté à Hydro-Québec Environnement par le laboratoire de recherche sur la biodiversité des écosystèmes forestiers du Centre d'étude de la forêt et de la Chaire en aménagement durable des forêts UQAT-UQAM.
- Canada, E. et C. climatique. (2022, août 3). *Fiche d'information : Protection des nids en vertu du Règlement sur les oiseaux migrateurs (2022)* [Articles en vedette]. <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/prevention-effets-nefastes-oiseaux-migrateurs/fiche-information-protection-nids-vertu-rom-2022.html>
- Cheveau, M. (2015). *Démarche ayant mené à la sélection des espèces sensibles à l'aménagement forestier d'intérêt provincial* (Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, p. 16). Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec.

- 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. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.12.042>
- CSA Group. (2015). *CAN/CSA-O15-15 : Wood utility poles and reinforcing stubs*. CSA Group. [https://www.csagroup.org/store/product/CAN-CSA-O15-15/?srsltid=AfmBOoo7slwRPRgfnMcsecvdeLo94vuaeE3vG\\_D3\\_XHy6Yq86RPlyYYR](https://www.csagroup.org/store/product/CAN-CSA-O15-15/?srsltid=AfmBOoo7slwRPRgfnMcsecvdeLo94vuaeE3vG_D3_XHy6Yq86RPlyYYR)
- Cyr, D., Gauthier, S., Bergeron, Y., & Carcaillet, C. (2009). Forest management is driving the eastern North American boreal forest outside its natural range of variability. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(10), 519-524. <https://doi.org/10.1890/080088>
- Dennis, J. V. (1964). Woodpecker Damage to Utility Poles : With Special Reference to the Role of Territory and Resonance. *Bird-Banding*, 35(4), 225. <https://doi.org/10.2307/4511100>
- Drapeau, P., & Cadieux, P. (2016). Bois Sénescent et Communautés de Vertébrés Cavicoles— Une Diversité Fonctionnelle à Conserver dans les Forêts du Monde. In *Naturalité des Eaux et des Forêts* (Lavoisier-Tec&Doc, p. 85-94).
- Drapeau, P., Leduc, A., Giroux, J.-F., Savard, J.-P. L., Bergeron, Y., & Vickery, W. L. (2000). Landscape-scale Disturbances and changes in Bird Communities of Boreal Mixed-Wood Forests. *Ecological Monographs*, 70(3), 423-444. [https://doi.org/10.1890/0012-9615\(2000\)070\[0423:LSDACI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9615(2000)070[0423:LSDACI]2.0.CO;2)
- 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(2), 227-234. <https://doi.org/10.5558/tfc85227-2>
- Edison, T. A. (1998). *The Papers of Thomas A. Edison : The Wizard of Menlo Park, 1878* (P. B. Israel, K. Nier, & L. Carlat, Éd.). Johns Hopkins University Press. <https://directory.doabooks.org/handle/20.500.12854/89021>
- Électricité Canada. (2022). *Importance du transport d'électricité | Électricité Canada*. Electricity Canada. <https://www.electricite.ca/centre-dapprentissage/le-reseau/transport/importance-du-transport-deelectricite/>

- Environnement et Changement climatique, Canada. (2011, décembre 13). *Oiseaux protégés en vertu de la Loi de 1994 sur la convention concernant les oiseaux migrateurs* [Loi]. <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/protection-legale-oiseaux-migrateurs/loi-convention.html>
- Fitzgerald, T. M., van Stam, E., Nocera, J. J., & Badzinski, D. S. (2014). Loss of nesting sites is not a primary factor limiting northern Chimney Swift populations. *Population Ecology*, *56*(3), 507-512. <https://doi.org/10.1007/s10144-014-0433-6>
- 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*, *63*(2), 461. <https://doi.org/10.2307/3802631>
- Franklin, J. F., & Forman, R. T. T. (1987). Creating landscape patterns by forest cutting: Ecological consequences and principles. *Landscape Ecology*, *1*(1), 5-18. <https://doi.org/10.1007/BF02275261>
- Fuller, R. J. (Éd.). (2012). *Birds and habitat : Relationships in changing landscapes*. Cambridge University Press.
- Gagnon, D. (2004). *La forêt naturelle du Québec, un survol* (p. 74) [Rapport préparé pour la Commission d'étude sur la gestion de la forêt publique québécoise]. Université du Québec à Montréal.
- Giraldeau, L.-A., & Dubois, F. (2015). *Le comportement animal - 2e éd. : Cours, méthodes et questions de révision*. Dunod.
- Gouvernement du Canada, L. R. de l'énergie du C. (2023, juin 9). *ONÉ - Profils énergétiques des provinces et territoires – Ontario*. <https://www.cer-rec.gc.ca/fr/donnees-analyse/marches-energetiques/profils-energetiques-provinces-territoires/profils-energetiques-provinces-territoires-ontario.html#:~:text=Environ%2092%20%25%20de%201%27%C3%A9lectricit%C3%A9,moins%20mesure%2C%20de%20la%20biomasse>.

- Harness, R., & Walters, E. (2005). Woodpeckers and utility pole damage. *Industry Applications Magazine, IEEE, 11*, 68-73. <https://doi.org/10.1109/MIA.2005.1405829>
- Helm, J. (1981). Handbook of North American Indians. *Subarctic, 6*.
- Historica Canada. (2023). *Ojibwe / The Canadian Encyclopedia*. <https://www.thecanadianencyclopedia.ca/en/article/ojibwa>
- Hoyt, S. F. (1957). The Ecology of the Pileated Woodpecker. *Ecology, 38*(2), 246. <https://doi.org/10.2307/1931683>
- Hydro-Québec. (2017). *Pratiques relatives au déboisement initial pour la construction d'une ligne électrique de distribution – Cadre normatif destiné aux clients et promoteurs qui réaliseront les travaux, 2e édition* (Unité environnement) [2e édition]. Hydro-Québec TransÉnergie.
- Hydro-Québec, Bell Canada, & Société Télus Communications. (2020). Norme pour la conception, l'installation et la vérification des structures aériennes. *Document public, 137*.
- Jackman, S. M. (1975). *Woodpeckers of the Pacific Northwest: Their characteristics and their role in the forests* [M.Sc. Thesis]. Oregon State University.
- Jackson, J. A., & Jackson, B. J. S. (2004). Ecological Relationships Between Fungi and Woodpecker Cavity Sites. *The Condor, 106*(1), 37-49. <https://doi.org/10.1093/condor/106.1.37>
- Johnson, D. H. (1980). The Comparison of Usage and Availability Measurements for Evaluating Resource Preference. *Ecology, 61*(1), 65-71. <https://doi.org/10.2307/1937156>
- Jones, C. G., Lawton, J. H., & Shachak, M. (1994). Organisms as Ecosystem Engineers. In F. B. Samson & F. L. Knopf, *Ecosystem Management* (p. 130-147). Springer New York. [https://doi.org/10.1007/978-1-4612-4018-1\\_14](https://doi.org/10.1007/978-1-4612-4018-1_14)
- Kellam, J. S. (2003). Pair Bond Maintenance in Pileated Woodpeckers at Roost Sites During Autumn. *The Wilson Bulletin, 115*(2), 186-192. <https://doi.org/10.1676/02-098>

- Kilham, L. (1959). Behavior and Methods of Communication of Pileated Woodpeckers. *The Condor*, 61(6), 377-387. <https://doi.org/10.2307/1365307>
- Lafleur, P.-É., & Blanchette, Pi. (1993). *Développement d' un indice de qualité de l' habitat pour le Grand Pic (Dryocopus pileatus L) au Québec* (Doc. tech. 93/3). Société de la faune et des parcs du Québec.
- 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(10), 2387-2393. <https://doi.org/10.1139/x05-148>
- Mainwaring, M. C. (2015). The use of man-made structures as nesting sites by birds : A review of the costs and benefits. *Journal for Nature Conservation*, 25, 17-22. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2015.02.007>
- Martin, K., Aitken, K. E. H., & Wiebe, K. L. (2004). *Nest sites and nest webs for cavity-nesting communities in interior British Columbia, Canada : Nest characteristics and niche partitioning*. 15.
- 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(2-3), 243-257. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(98\)00403-4](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(98)00403-4)
- McAtee, W. L. (1911). *Woodpeckers in relation to trees and wood products*. Govt. Print. Off. <https://catalog.hathitrust.org/Record/100758732>
- 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*, 56(1), 96. <https://doi.org/10.2307/3808796>
- Millar, B. R. (1992). *An ecological assessment of the use of hydro utility poles for nesting by pileated woodpeckers in southeastern Manitoba* [M.Sc. Thesis]. The University of Manitoba.

- MIRR. (2022). *Dans un esprit de réconciliation—Les 10 premières années du ministère des Relations avec les Autochtones et de la Réconciliation—Gouvernement de l'Ontario*. [https://files.ontario.ca/books/dans\\_un\\_esprit\\_de\\_reconciliation\\_pdf.pdf](https://files.ontario.ca/books/dans_un_esprit_de_reconciliation_pdf.pdf)
- MNRF. (2012). *Land Information Ontario | ontario.ca*. <http://www.ontario.ca/page/land-information-ontario>
- Nault, L. (2025). *La sélection des poteaux de distribution d'électricité comme substrat de nidification chez le Grand Pic (*Dryocopus pileatus*) en forêt feuillue tempérée* [Mémoire de maîtrise]. Université du Québec à Montréal.
- 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(7), 1456-1464. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.06.053>
- OMNR. (2007). *Ecological Land Classification Primer of Central and Southern Ontario*. 52804.
- 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(4), 391-397. <https://doi.org/10.2980/19-4-3582>
- Paine, R. T. 1969. A note on trophic complexity and community stability. *The American Naturalist* 103, (929): 91-93.
- Power, M. E., Tilman, D., Estes, J. A., Menge, B. A., Bond, W. J., Mills, L. S., Daily, G., Castilla, J. C., Lubchenco, J., & Paine, R. T. (1996). Challenges in the Quest for Keystones. *BioScience*, 46(8), 609-620. <https://doi.org/10.2307/1312990>
- Quinn, J. F., and A. E. Dunham. 1983. On hypothesis testing in ecology and evolution. *American Naturalist* 122:602-617.
- Raley, C. M., & Aubry, K. B. (2006). Foraging Ecology of Pileated Woodpeckers in Coastal Forests of Washington. *Journal of Wildlife Management*, 70(5), 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. (1989). Forest Characteristics Related to Pileated Woodpecker Territory Size in Missouri. *The Condor*, 91(3), 642. <https://doi.org/10.2307/1368115>

- Renken, R. B., & Wiggers, E. P. (1993). Habitat Characteristics Related to Pileated Woodpecker Densities in Missouri. *The Wilson Bulletin*, 105(1), 77-83.
- Ripple, W. J., & Beschta, R. L. (2004). Wolves and the Ecology of Fear : Can Predation Risk Structure Ecosystems? *BioScience*, 54(8), 755-766. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2004\)054\[0755:WATEOF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[0755:WATEOF]2.0.CO;2)
- Rumsey, R. L. (1973). *Woodpecker Damage to Wooden Utility Poles*. Louisiana State University.
- Savignac, C., Desrochers, A., & Huot, J. (2000). *Habitat use by Pileated Woodpeckers at two spatial scales in eastern Canada*. 78, 7.
- Shackelford, C. E., & Conner, R. N. (1997). Woodpecker Abundance and Habitat Use in Three Forest Types in Eastern Texas. *The Wilson Bulletin*, 109(4), 614-629.
- Tremain, S. B., Swiston, K. A., & Mennill, D. J. (2008). Seasonal variation in acoustic signals of Pileated Woodpeckers. *The Wilson Journal of Ornithology*, 120(3), 499-504. <https://doi.org/10.1676/07-137.1>
- Troy, J. R., & Jones, C. D. (2023). The ongoing narrative of Ivory-billed Woodpecker rediscovery and support for declaring the species extinct. *Ibis*, 165(1), 340-351. <https://doi.org/10.1111/ibi.13144>
- Tupper, S. K., Andelt, W. F., Cummings, J. L., Weisner, C., & Harness, R. E. (2010). Polyurea Elastomer Protects Utility Pole Crossarms From Damage by Pileated Woodpeckers. *Journal of Wildlife Management*, 74(3), 605-608. <https://doi.org/10.2193/2009-257>
- Turcek, F. J. (1960). On the Damage by Birds to Power and Communication Lines. *Bird Study*, 7(4), 231-236. <https://doi.org/10.1080/00063656009475975>
- U.S. Fish & Wildlife Service. (s. d.). *Migratory Bird Treaty Act of 1918* / U.S. Fish & Wildlife Service. Consulté 14 mars 2022, à l'adresse <https://www.fws.gov/law/migratory-bird-treaty-act-1918>

Worrall, J. J., & Fairweather, M. L. (2009). *Decay and Discoloration of Aspen* (Forest Insect and Disease) [Leaflet 149]. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.

Wright, H. (2021). *Distribution of woodpecker activity relative to wooden utility structure usage in the southeastern United States*. Mississippi State University.