VIABILITÉ DES POPULATIONS DE MARTRE D'AMÉRIQUE EN FORÊT AMÉNAGÉE :

Une étude exploratoire dans la région de la Capitale-Nationale

Rapport de recherche par la **Fédération des Trappeurs Gestionnaires du Québec**

En collaboration avec le **Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs**

Et la **Fondation de la faune du Québec**

SEPTEMBRE 2021

Rédaction

Pauline Suffice, biologiste, Ph. D. (consultante, FTGQ)

Marianne Cheveau, biologiste, Ph. D. (chercheure, MFFP - Direction générale de la gestion de la faune et des habitats)

Simon Lamoureux, biologiste, M. Sc. (chargé de projet, FTGQ)

Collaborateurs

Jean Boily
Langis Tremblay
(Association Régionale des Piégeurs de la Capitale-Nationale)

Wendy Giroux, biologiste, M. Sc.
(MFFP - Direction de la gestion des forêts de la Capitale-Nationale – Chaudière-Appalaches)

Jean-François Dumont, biologiste
Martine Lavoie, technicienne de la faune
Sophie Massé, biologiste, M. Sc.
Guy Tardif, technicien de la faune
(MFFP - Direction de la gestion de la faune de la Capitale-Nationale – Chaudière-Appalaches)

Remerciements

Nous remercions les trappeurs qui ont participé à cette étude pour leur collaboration, ainsi que les tables locales de gestion intégrée des ressources et du territoire (TLGIRT) des secteurs Laurentides et Portneuf de la Capitale-Nationale qui ont appuyé ce projet. Le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) a apporté son soutien financier et son expertise à ce projet; toutefois, les idées et les opinions formulées dans ce document sont celles du ou des organismes signataires. Nous remercions également Robin Besançon pour ses conseils en analyses statistiques. La réalisation de ce projet a été rendue possible grâce à la Fondation de la faune du Québec.

Référence suggérée

Suffice, P., Cheveau, M. et Lamoureux, S. 2021. Viabilité des populations de martre d'Amérique en forêt aménagée : Une étude exploratoire dans la région de la Capitale-Nationale. Rapport de recherche. Fédération des Trappeurs Gestionnaires du Québec et ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs.

Viabilité des populations de martre d'Amérique en forêt aménagée :

Une étude exploratoire dans la région de la Capitale-Nationale

Table des matières

1. Introduction 1
1.1. Aménagement forestier en sapinière 1
1.2. La martre d'Amérique - Espèce focale 2
1.3. Suivi des populations de martre d'Amérique et du succès de capture 3
1.3.1. Indices de structure de population (ratio des sexes et des âges) 3
1.3.2. Succès de récolte (captures selon effort) 4
1.3.3. Qualité de l'habitat, stress environnemental et condition physique 5
2. Objectifs 7
3. Méthodologie 7
3.1. Site d'étude 7
3.2. Récolte des carcasses 9
3.3. Analyse des carcasses 10
3.3.1. Âge des individus 10
3.3.2. Dosage du cortisol 12
3.4. Données d'habitat 13
3.5. Analyses statistiques 14
4. Résultats 15
4.1. Récolte des carcasses 15
4.2. Analyse des carcasses 16
4.3. Dosage du cortisol 20
4.4. Données d'habitat 21
4.5. Sélection de modèles 22
5. Discussion 24
5.1. Nécessité d'un suivi à long terme 24
5.2. Influence de l'habitat sur le stress chronique chez la martre d'Amérique 25
5.3. Implication des trappeurs en recherche 26
6. Conclusion 27
7. Références 28
Annexe 1 - Clé d'évaluation du potentiel d'habitat de la martre d'Amérique (*Martes americana*). 32
Annexe 2 – Liste des modèles mixtes utilisés pour expliquer la concentration de cortisol dans le poil des martres récoltées par les piégeurs dans la région de la Capitale-Nationale en 2019 Québec (n=60). 33

1. Introduction

Depuis l'adoption de la loi sur l'aménagement durable du territoire forestier (chapitre A-18.1) en 2010, le gouvernement du Québec a posé une série de gestes concrets afin de promouvoir le concept d'aménagement écosystémique au cœur de sa gestion forestière (Comité d'experts sur l'aménagement écosystémique des forêts et les changements climatiques, 2017). Ce concept s'inspire de la forêt naturelle pour établir les cibles de conditions souhaitées dans la forêt aménagée afin de conserver la biodiversité et maintenir les avantages socio-économiques que la forêt offre à la société (Bujold, 2013; Jetté et al., 2012). Pour y arriver, les aménagistes ont donc besoin de développer des interventions forestières s'inspirant de la forêt naturelle et de détecter les éléments à risque qui pourraient conduire à un affaiblissement de la biodiversité (Comité d'experts sur l'aménagement écosystémique des forêts et les changements climatiques, 2017).

1.1. Aménagement forestier en sapinière

Dans la sapinière, le type de coupe utilisé jusqu'à récemment était la coupe en mosaïque (CMO-CPRS). Bien qu'elle ait l'avantage de disperser les coupes pour améliorer les effets visuels et maintenir plus de forêt résiduelle, elle a aussi l'inconvénient de fragmenter fortement cette forêt résiduelle. La fragmentation des forêts résiduelles n'offre pas un habitat adéquat pour les espèces nécessitant un plus grand territoire ou recherchant des forêts fermées limitant l'effet de lisière. Il est donc devenu nécessaire de revenir à des coupes agglomérées afin de préserver de plus grandes forêts non perturbées.

L'écart entre les attributs spatiaux de la forêt naturelle et ceux créés par les CMO-CPRS est désormais contrôlé afin de répondre aux enjeux d'organisation spatiale des forêts (MFFP 2018a). L'objectif d'aménagement poursuivi en lien avec cet enjeu dans la sapinière est de maintenir une dominance d'habitats forestiers à couvert fermé et d'en favoriser la concentration (MFFP 2018a). Le mode de répartition qui remplace la coupe en mosaïque, appelé coupe par agglomération, vise donc à maintenir, en plus d'une proportion minimale, une certaine agglomération de forêts à couvert fermé, à l'échelle des

compartiments d'organisation spatiale (COS) et des unités territoriales d'analyse (UTA) afin d'assurer un habitat convenable aux espèces qui s'y trouvent.

Dans la région de la Capitale-Nationale, la coupe par agglomération remplace la coupe en mosaïque par dérogations. La coupe par agglomération tend à favoriser la rétention de forêts résiduelles sous différentes formes, bien réparties dans le paysage et favorisant la forêt d'intérieur (Figure 1) (MFFP 2019). D'ici la deuxième rotation, les forêts résiduelles doivent permettre d'établir des refuges et des foyers de recolonisation pour la faune et la flore, de conserver l'habitat de certaines espèces fauniques d'intérêt et de favoriser la libre circulation des espèces associées à la forêt d'intérieur (MFFP 2019).

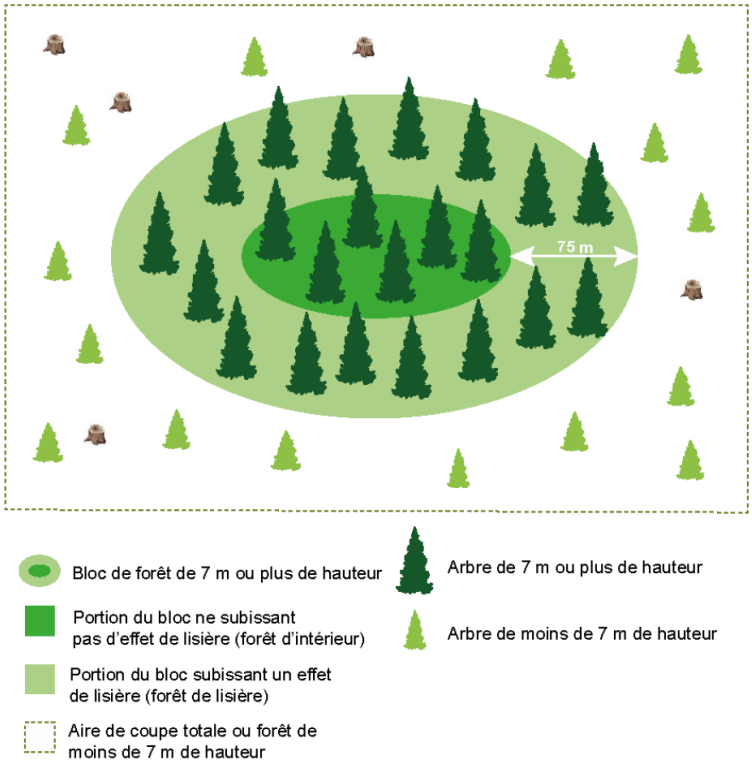


Figure 1 - Bloc de forêt de 7 m ou plus de hauteur comprenant des conditions de forêt d'intérieur (source : MFFP 2019)

1.2. La martre d'Amérique - Espèce focale

La martre d'Amérique (*Martes americana*) est une espèce focale d'intérêt pour guider l'aménagement forestier en sapinière, car il s'agit d'une espèce sensible à l'aménagement forestier dont les besoins en habitat sont liés aux caractéristiques des vieux peuplements

(Bujold 2013, Cheveau 2015) et une des espèces les plus recherchées par les piégeurs en raison de la rentabilité de sa fourrure (ÉcoRessources 2014). L'important historique de coupes ainsi que certaines pratiques forestières réalisées ces 30 dernières années ont conduit à des carences en certains attributs de forêt (ex. : gros débris ligneux, vieille forêt) qui affectent la qualité de l'habitat pour la martre d'Amérique (MFFP 2018a, b et c). Afin de maintenir l'état des populations viables en forêt aménagée et d'assurer une exploitation durable des ressources forestières, il est nécessaire de documenter la réponse de cette espèce aux stratégies d'aménagement appliquées et de documenter le prélèvement par le piégeage. Le virage « aménagement écosystémique » pourrait prendre quelque temps avant que ses effets sur la faune puissent être constatés, et ce, même si les stratégies sont mises en œuvre aujourd'hui. Le suivi des populations des espèces focales d'un territoire constitue un des éléments les plus importants dans l'évaluation de l'efficacité des stratégies d'aménagement en permettant de documenter et de valider l'évolution de certains enjeux écologiques. Par exemple, la stratégie de restauration des vieilles forêts, les objectifs d'organisation spatiale et de structure interne ainsi que la rétention de chicots ou de bois mort permettront progressivement de favoriser le retour d'un meilleur habitat pour la martre dans la sapinière à bouleau blanc (MFFP 2018b). Cependant, le suivi de cette espèce nécessite un effort répété dans le temps en termes d'abondance, de structure d'âge et d'état de santé.

1.3. Suivi des populations de martre d'Amérique et du succès de capture

1.3.1. Indices de structure de population (ratio des sexes et des âges)

L'âge et le sexe des martres capturées par les piégeurs sont des indices indirects fréquemment utilisés pour surveiller l'état des populations. Les ratios juvéniles (0,5 an)/adultes (≥ 1,5 an) (J/A), mâles/femelles (M/F) et juvéniles/femelles adultes (J/FA) ont l'avantage d'être des informations peu coûteuses et faciles à utiliser à la suite d'une récolte (Strickland and Douglas 1987, Fortin et Cantin 2005). Selon Strickland (1994), le suivi de ces paramètres constitue une meilleure évaluation de la viabilité d'une population que le simple dénombrement des captures.

Afin de mieux comprendre les effets du piégeage sur l'abondance et les tendances de la population de martres, Fortin et Cantin (1994) avaient entrepris la collecte de données sur l'effort de piégeage et la dynamique de la population dans la réserve faunique des Laurentides. Les travaux ont été poursuivis par Fortin et Cantin (2005) qui ont analysé 8 801 carcasses récoltées de 1984 à 1994, soit du moment de l'ouverture du piégeage sur ce territoire jusqu'à 10 ans après. Les objectifs de cette étude étaient d'évaluer la durabilité de la récolte en utilisant les indices de ratio des sexes et des âges parmi les individus capturés. Dans cette étude, le pourcentage de mâles dans la récolte était linéairement lié au succès du piégeage. Cependant, les ratios juvéniles/femelles adultes et juvéniles/femelles ovulantes n'étaient pas significativement liés au succès de la récolte ou du piégeage. Bien que le rapport des sexes semblait être un indice fiable de l'intensité de la récolte dans cette étude, d'autres indices de récolte couramment utilisés (ex. juvéniles/femelles adultes; juvéniles/femelles ovulantes) n'étaient pas liés de façon significative au succès du piégeage. L'utilisation des indices de récolte traditionnels pour la gestion des populations de martres n'avait ainsi pas été soutenue par leurs résultats.

1.3.2. Succès de récolte (captures selon effort)

Le nombre d'individus capturés et la structure des populations ne sont pas suffisants pour évaluer la durabilité d'une récolte. En effet, de nombreux autres facteurs sont à considérer lorsqu'on veut suivre une population sur le long terme dont l'effort déployé par les piégeurs chaque année, mais aussi la qualité et la disponibilité de l'habitat, la disponibilité de nourriture, l'abondance de prédateurs et de compétiteurs, et même les conditions climatiques qui influencent la reproduction et la survie des individus. Ces données sont toutefois rarement disponibles sur le long terme, pour un même territoire, en raison des coûts rattachés à leur suivi.

Depuis 1989, le gouvernement du Québec a mis en place l'utilisation d'un carnet de trappeur pour recueillir des informations sur l'abondance et les tendances des populations d'animaux à fourrure et de leurs proies et sur l'effort de piégeage déployé pour capturer certaines espèces, dont la martre. Les données sont collectées à l'échelle des terrains de piégeage et peuvent être regroupées par unités de gestion des animaux à fourrure (UGAF).

Dans le bilan de l'exploitation de la martre d'Amérique de 2014-2015, l'évolution des captures (nombre de martres/100 km²) présente de fortes variations interannuelles. En effet, lorsque les fourrures présentent de bons prix (comme en 2005 et 2012), les piégeurs déploient un effort supplémentaire l'année suivante. Une tendance à la baisse a été observée pour la récolte (nombre de peaux vendues/an) entre 2004 et 2014 où les pics de récolte étaient de moindre envergure que lors des décennies précédentes. Ceci est particulièrement notable en sapinière. Cependant, le marché de la fourrure a lui aussi chuté dans les dernières années, pouvant en partie expliquer ce phénomène. Le succès (nombre de martres récoltées / 100 nuits-pièges) est donc un indicateur de l'état des populations à privilégier puisqu'il tient compte de l'effort déployé par les piégeurs. On observe une légère tendance à la baisse dans les différentes zones forestières (pessières, sapinières, érablières), mais le plus remarquable concerne les fortes fluctuations interannuelles (jusqu'à 4 fois plus de captures d'une année à l'autre). Ces fluctuations ne semblent pas suivre un patron précis comme des cycles ni être synchrones entre les zones forestières, mais suivent les fluctuations de proies. Les populations de martre au Québec semblent avoir légèrement diminué au cours des 10 dernières années. Cependant, comme la récolte présente de fortes fluctuations interannuelles, il faudra encore quelques années afin de vérifier si cette tendance se poursuit. La martre est aussi connue pour être sensible aux modifications de son habitat, et ses populations peuvent être directement affectées par la qualité de celui-ci.

1.3.3. Qualité de l'habitat, stress environnemental et condition physique

L'utilisation de biomarqueurs afin d'évaluer le niveau de stress chez un individu est également utile pour obtenir un aperçu de la santé d'une population et comprendre l'effet des changements naturels et anthropiques de l'environnement sur une espèce (Kordosky 2019, Lavergne et al. 2020). En effet, les variations dans le niveau de stress chronique chez un animal peuvent influencer sa valeur sélective (ou fitness) et, indirectement, la démographie de l'espèce (Lavergne et al., 2020). La libération de cortisol peut en effet inhiber la croissance, engendrer une perte musculaire et affecter les systèmes immunitaire et reproducteur (Charbonnel et al., 2007; Sheriff et al., 2011).

Chez les vertébrés, la réponse au stress est régie par l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien (HHS) (Lavergne et al., 2020; Heimbürge et al., 2019; Burstahler et al. 2019). L'activation de l'axe HHS consiste en une cascade hormonale impliquant des sécrétions de l'hormone adrénocorticotrophine (ACTH) provenant de la glande pituitaire. Cette dernière permettra à son tour la stimulation du cortex surrénalien afin de produire des glucocorticoïdes (GCs) dans la circulation sanguine (Lavergne et al., 2020). Ces glucocorticoïdes jouent un rôle crucial dans la réponse au stress afin de fournir l'énergie nécessaire pour combattre ou fuir un danger. La quantification des GCs a longtemps été analysée par l'échantillonnage de plasma, de salive, d'urine et de fèces afin d'obtenir un portrait de l'activité physiologique sur une courte période de temps allant de quelques minutes à quelques jours (Dantzer et al, 2014; Sheriff et al., 2011). Cependant, l'utilisation de ces techniques nécessite de recapturer à répétition des individus afin d'avoir un portrait précis de l'activité de l'axe HHS. De plus, la capture peut en soi être un facteur important de stress chez un animal, et par le fait même, engendrer un biais dans l'analyse (Li et al., 2019; Bosson et al., 2012). L'analyse des glucocorticoïdes dans le poil permet de mesurer l'activité de l'axe HHS sur un plus long terme (plusieurs mois) que dans les fluides précédemment cités (Lavergne et al., 2020). Son caractère peu invasif et son utilisation facile font de cette technique une approche plus éthique offrant des avantages logistiques pour quantifier le stress sur une plus longue période (Koren et al., 2002; Cook, 2012, Kalliokoski et al., 2019). Le cortisol dans les poils peut en effet indiquer une accumulation de réponses physiologiques pendant des mois en fonction des cycles de croissance et de mue (Tallo-Parra et al. 2016), ce qui suggère qu'il pourrait être utilisé comme mesure du stress chronique.

Les travaux utilisant le cortisol chez la faune sauvage sont relativement récents, du moins pour les mustélidés. À notre connaissance, aucune donnée n'est actuellement disponible pour la martre d'Amérique. Les travaux de Kordoski et al. (2021) nous donnent une indication des taux de cortisol contenus dans les poils des pékans en milieu naturel, mais perturbé par la sécheresse et les feux. D'après leur échantillon de 32 mâles et 68 femelles, le taux de cortisol moyen était de 0,182 ± 0,103 (SD) pg/mg (équivalent ng/g) (minimum-maximum : 0,0609-0,7922 pg/mg) pour les femelles et 0,163 ± 0,066 pg/mg (minimum-maximum : 0,0878-0,2863 pg/mg) pour les mâles.

2. Objectifs

Nous souhaitons évaluer la pertinence de l'utilisation du stress chronique (taux de cortisol dans le poil) comme indice révélateur de la qualité de l'habitat sur le long terme, dans un territoire affecté par l'aménagement forestier. Cette étude permettra d'évaluer la pertinence de mettre en place un tel suivi, sur le long terme, dans différentes régions du Québec. Finalement, l'acquisition de connaissance sur le stress chez la martre d'Amérique permettra d'établir des états de référence qui serviront à évaluer l'impact des stratégies d'aménagements écosystémiques mises en place par le gouvernement et, au besoin, de les ajuster pour les rendre plus efficaces.

3. Méthodologie

3.1. Site d'étude

L'étude a été réalisée dans la région de la Capitale-Nationale, plus précisément dans les secteurs de la Côte-de-Beaupré et Charlevoix (UA 02371, 03153 et 03351). Dans cette région, les principaux critères relatifs à la quantité de forêts de 7 mètres et plus de hauteur, leur configuration et leur répartition ont un portrait très variable d'une unité d'aménagement (UA) à l'autre. Il en est de même d'une unité territoriale d'analyse (UTA) à l'autre au sein d'une même UA (MFFP 2018a, MFFP 2018b).

Des terrains de piégeage (TP) ont été sélectionnés selon 3 contextes d'aménagement forestier majoritairement présents sur ceux-ci : des TP coupés majoritairement par coupe mosaïque (TP Mosaïque), des TP coupés majoritairement par coupe en agglomération (TP Agglomération) ainsi que des TP moindrement affectés par l'aménagement forestier dans les 15 dernières années et qui serviront de témoins représentatifs de la forêt naturelle (TP Témoins). Ce sont au total 25 terrains de piégeage qui étaient visés par l'étude (8 TP Mosaïque, 10 TP Agglomération, 7 TP Témoins; Figure 2).

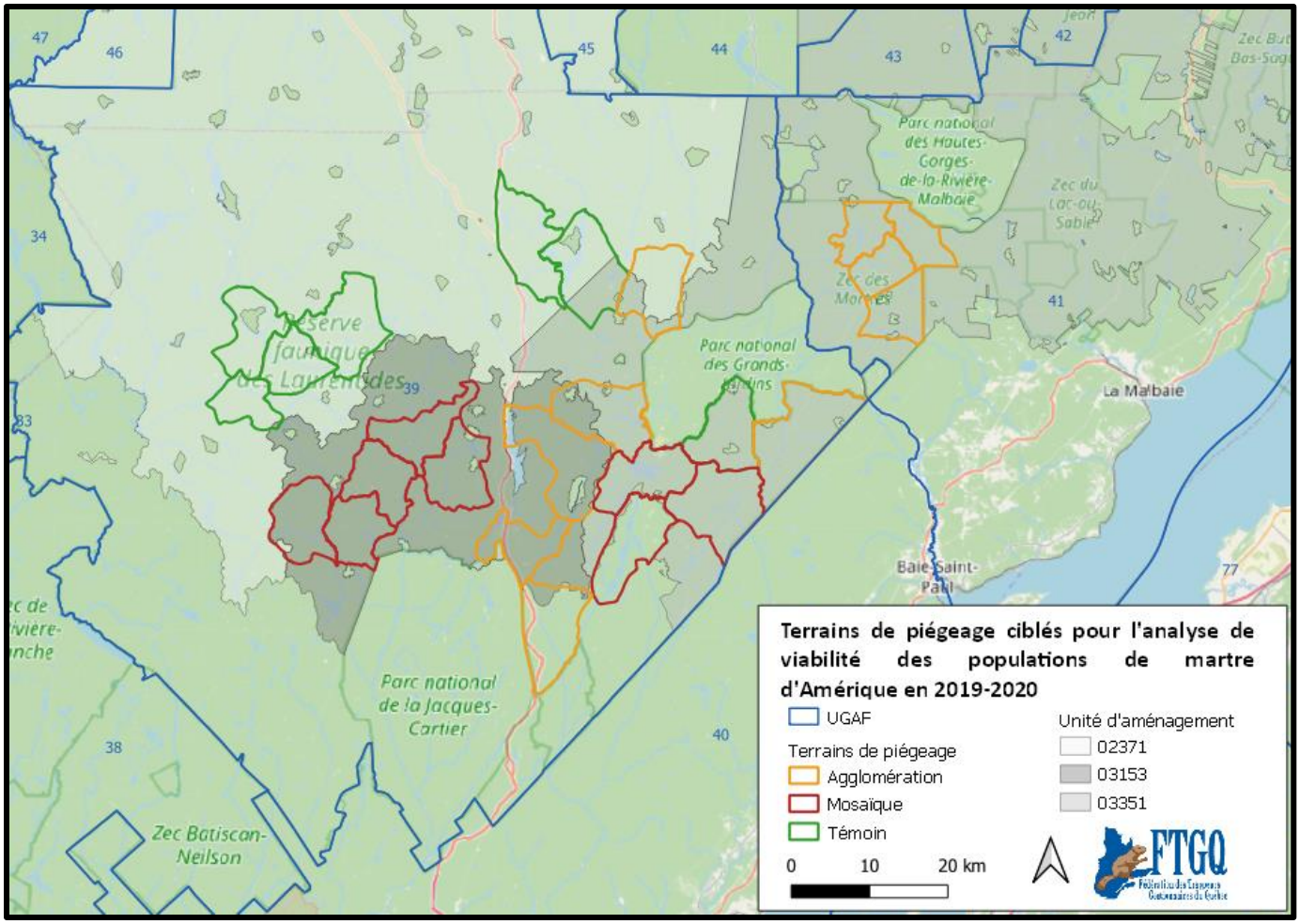


Figure 2 - Localisation des terrains de piégeage ciblés pour l'analyse de viabilité des populations de martre d'Amérique en 2019-2020. Les terrains de piégeage (TP) ont été sélectionnés selon 3 contextes d'aménagement forestier majoritairement présents sur ceux-ci : des TP coupés majoritairement par coupe mosaïque (TP Mosaïque), des TP coupés majoritairement par coupe en agglomération (TP Agglomération), ainsi que des TP moindrement affectés par l'aménagement forestier dans les 15 dernières années et qui serviront de témoins représentatifs de la forêt naturelle (TP Témoin)

3.2. Récolte des carcasses

Les détenteurs des baux des terrains de piégeage ciblés par l'étude ont été contactés à l'été 2019 afin de leur expliquer le projet par téléphone et de les inviter à identifier et à conserver les carcasses des martres capturées sur leur terrain. Comme nous souhaitions reproduire le suivi sur plusieurs années, il était très important que leur effort de piégeage soit constant et cohérent avec celui qu'ils avaient eu les années précédentes. Afin de caractériser l'habitat dans lequel ils avaient capturé les martres, il leur était demandé de : 1) Localiser tous les pièges à martre actifs (par GPS ou sur une carte papier qui leur était fournie); 2) Identifier les carcasses de chaque martre capturée et les remettre à la FTGQ. La FTGQ s'est engagée à ne pas conserver / diffuser les données personnelles fournies (dont la localisation des pièges) une fois le projet terminé. Aucune donnée nominative ou information concernant leurs activités et leurs résultats de piégeage personnels ne sera présentée dans les résultats de l'étude.

Pour chaque carcasse rapportée, une contribution de 10 $ était remise au participant. Lors de la saison de piégeage, chaque participant devait ne remettre que les individus ayant été piégés sur son terrain de piégeage. Chaque participant a reçu au début du projet 2 cartes de son terrain de piégeage (une carte topographique et une photo aérienne permettant de visualiser les coupes récentes), des flèches autocollantes pour indiquer les lieux de capture sur les cartes, des étiquettes d'identification des captures, des sacs de congélation et des attaches pour fermer les sacs. Pour chaque martre capturée, le participant devait remplir une étiquette en indiquant la date de capture, les coordonnées GPS du lieu de capture (ou le nom du point qu'il avait identifié sur la carte en papier) et son nom. L'étiquette complétée devait être attachée à l'animal qui était ensuite placé dans un sac de congélation fermé avec une attache. Une fois dans le sac, l'animal devait être rapidement entreposé au congélateur. Lors du prélèvement de la fourrure, il était demandé aux piégeurs de ne pas laisser dégeler la carcasse trop longtemps (pas plus de 10 h) afin d'assurer la qualité des analyses en laboratoire. Une fois la fourrure prélevée, les carcasses devaient être apportées à l'un des 6 points de dépôt prévus. Au total, 95 carcasses ont été apportées sur un objectif de 120 carcasses pour le projet.

3.3. Analyse des carcasses

L'analyse des carcasses a été effectuée au laboratoire du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP). Pour chaque carcasse, les analyses ont consisté à déterminer le sexe, le statut reproducteur chez les femelles (nombre de cicatrices placentaires), la condition physique (poids, longueur, présence de gras rénal) et les contenus stomacaux. L'analyse des carcasses a été réalisée selon un protocole standardisé ayant été développé et utilisé par le MFFP pour d'autres espèces telles que le lynx roux et le pékan. De plus, des prélèvements ont été faits pour des analyses ultérieures (griffes, poils, dents).

3.3.1. Âge des individus

Les canines inférieures et les quatrièmes prémolaires inférieures ont été prélevées sur les crânes qui avaient été préalablement bouillis. Les canines inférieures ont été radiographiées à la clinique vétérinaire des Appalaches. Le ratio de la largeur de la cavité pulpaire sur la largeur des canines inférieures a été évalué à partir de mesures de longueur réalisées sur QGIS (version 3.6.1) (Figure 3). La valeur retenue correspond à la moyenne des mesures réalisées indépendamment par 2 observateurs. Cette étape a permis de faire un premier tri pour distinguer les adultes des juvéniles. La séparation juvénile/adulte a été identifiée en suivant les estimations rapportées par Fortin et al. (1988). Dans leur étude, les martres mâles ayant une cavité pulpaire occupant un pourcentage supérieur à 35,4 % de la largeur de la dent étaient des juvéniles, tandis que chez les femelles, les individus ayant des cavités pulpaires occupant plus de 34 % de la largeur de la dent étaient des juvéniles (Fortin et al. 1988) (Figure 4).

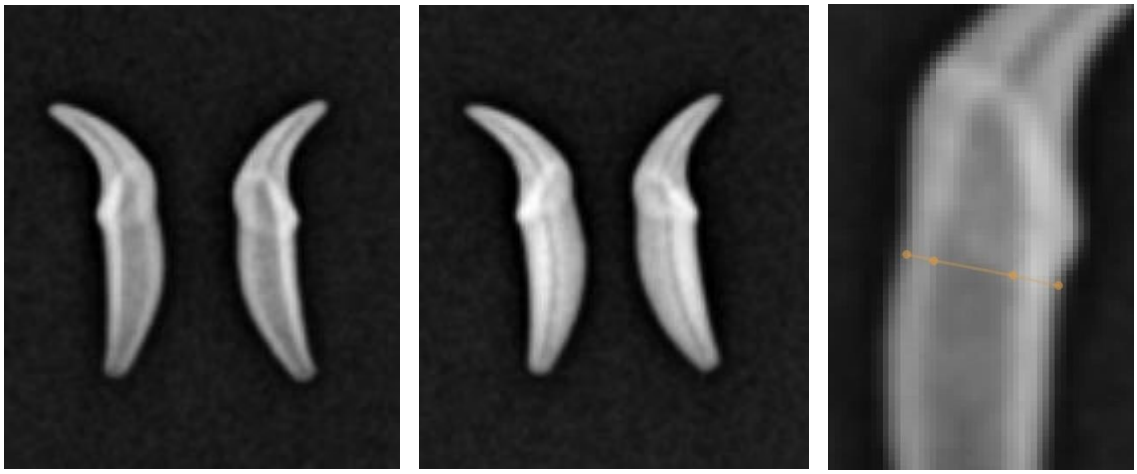


Figure 3 - Radiographies de dents de martre montrant un juvénile (gauche), un adulte (milieu) et la prise de mesure de la largeur de la cavité pulpaire (droite)

Les quatrièmes prémolaires inférieures des individus ayant été identifiés comme adultes ont été envoyées au laboratoire Matson (Colorado, É.-U.) afin de déterminer l'âge exact des individus. À titre de précaution, tous les individus ayant un ratio inférieur à 40 % ont été catégorisés potentiellement adultes et envoyés au laboratoire Matson. La technique utilisée par Matson repose sur le vieillissement du cément des dents qui est de nature cyclique et se traduit par un modèle « d'anneaux » dans la dent, comme celui formé dans le bois des arbres (Figure 4). Un anneau sombre, ou « annulus », se forme en hiver. Un cément abondant et légèrement coloré se forme pendant les saisons de croissance du printemps et de l'été.

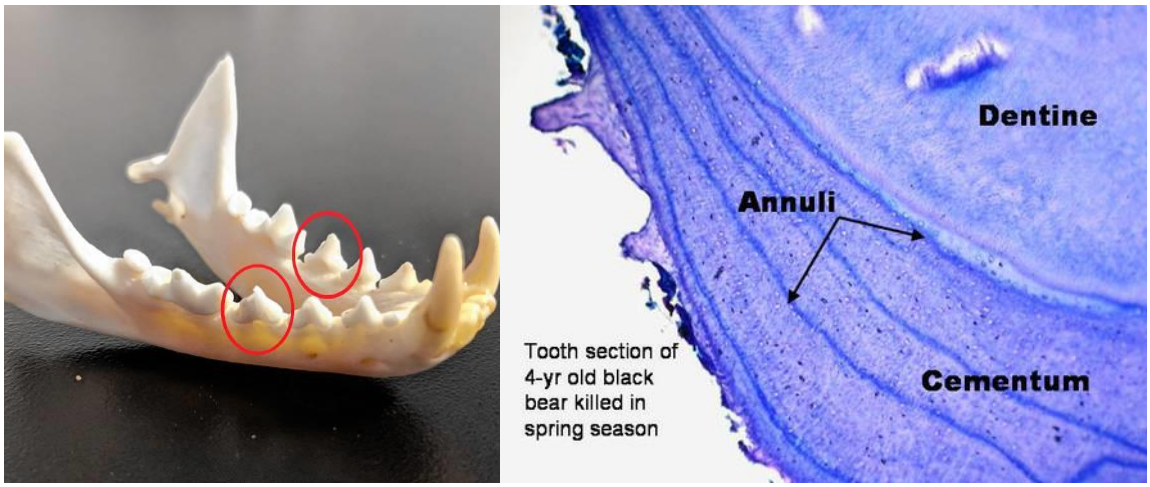


Figure 4 - Illustration de la quatrième prémolaire qui doit être prélevée sur les martres d'Amérique (à gauche) et exemple de l'analyse réalisée par le laboratoire Matson sur une dent d'ours (source : Matson's lab)

3.3.2. Dosage du cortisol

Des échantillons de poils et de griffes ont été prélevés afin de compléter les analyses. L'échantillonnage de poils a été réalisé en coupant une zone de 3 cm par 3 cm avec des ciseaux (non arrachés) sur le dessus des pattes des individus (Figure 5). Le prélèvement des griffes a été effectué à l'aide d'un coupe-ongles régulier. Au total, entre 4 et 6 griffes ont été prélevées par individu en prenant soin de ne pas couper la veine située dans la griffe afin ne pas contaminer l'échantillon avec du sang. Les prélèvements de poils et de griffes ont par la suite été envoyés au laboratoire du Zoo de Toronto afin de quantifier l'accumulation de cortisol (hormone de stress).

Figure 5 - Prélèvement de poils sur le dessus des pattes avant d'une martre d'Amérique

Au laboratoire du Zoo de Toronto, les méthodes d'extraction et d'analyse du cortisol capillaire suivent celles de Dulude-de Broin et al. (2019). Les poils sont coupés en morceaux de 5 mm et placés dans des flacons à scintillation tarés de 7 ml pour obtenir une

masse d'échantillon. Les échantillons de poils sont lavés avec du méthanol à 100 %, soumis à un vortex pendant 10 s, puis le méthanol à 100 % est retiré. Ce lavage est effectué pour éliminer toute contamination possible par des fluides biologiques. Après le lavage, du méthanol à 100 % est ajouté selon un ratio de 0,01 g de poils/ml de méthanol. Les flacons sont agités au vortex pendant 5 s et placés sur un agitateur à plaques pendant 24 h. Les flacons sont ensuite centrifugés à 2 400 g pendant 10 min et le surnageant est pipetté dans de nouveaux flacons. Les extraits sont séchés à l'air et stockés à -20 °C jusqu'à l'analyse.

Avant l'analyse par dosage immunoenzymatique, les extraits séchés sont reconstitués dans un tampon de dosage à une concentration 10 fois supérieure. L'antisérum de cortisol R4866 est dilué au 1:10 200 dans un tampon d'enrobage. Les plaques de microtitration sont recouvertes d'antisérum dilué pendant une nuit à 4 °C. Les échantillons, les étalons de cortisol et les contrôles sont chargés sur la plaque avec le conjugué peroxydase de raifort (dilué au 1:34 000 dans le tampon d'essai) et incubés pendant 2 h à température ambiante. La solution de substrat est ajoutée et l'absorbance est mesurée à 405 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. Le cortisol capillaire est calculé en ng de cortisol par g de poils. La sensibilité du dosage du cortisol est de 34,5 pg/ml.

La méthode d'extraction utilisée pour les griffes était la même que pour les poils, mais la concentration de l'échantillon était différente. Les échantillons de poils ont été concentrés 10 fois, c'est-à-dire : 1 500 µl d'extrait ont été évaporés et reconstitués dans 150 µl de tampon. Les échantillons de griffes ont été concentrés 15 fois, c'est-à-dire que 2 100 µl d'extrait ont été évaporés et reconstitués dans 140 µl de tampon.

En règle générale, le laboratoire évite d'utiliser des valeurs qui se situent aux limites ou en dehors de la courbe standard. Bien que des chiffres puissent être obtenus, ils ne sont pas précis puisqu'ils ne proviennent pas de la section linéaire de la courbe standard sigmoïde.

3.4. Données d’habitat

La variabilité de la composition végétale d’un territoire est liée à la présence de caractéristiques physiques (ex. : sol) et des types de perturbations (naturelles ou humaines) combinées aux effets du climat. L’historique des perturbations sur le territoire est présenté

par unité d'aménagement (UA) dans les plans d'aménagement forestier intégré tactique (UA 023-71 : MFFP 2018a; UA 031-53 : MFFP 2018b; UA 033-51 : MFFP 2018c).

La caractérisation de l'habitat a été réalisée à partir des cartes écoforestières à l'intérieur de 2 zones tampons autour des sites de capture de chaque martre collectée (point GPS pris par le participant lors de la capture). Ces zones tampons correspondent à la taille communément acceptée des domaines vitaux des martres femelles (rayon de 1,262 km correspondant à une superficie de 5 km^2) et mâles (rayon de 1,784 km correspondant à une superficie de 10 km^2) (Potvin et Courtois 1998, Powell et al. 2003, Godbout et Ouellet 2008). Comme nous n'avions pas de mesure précise de la taille des domaines vitaux dans notre secteur d'étude, les 2 zones tampons ont été appliquées à tous les individus, indépendamment du sexe. À l'intérieur de chacune de ces zones tampons, les proportions des catégories suivantes ont été évaluées : milieu forestier de 7 m et plus de hauteur, milieu forestier de 12 m et plus de hauteur, milieu forestier de 10 ans et moins, milieu forestier de 30 ans et moins. La quantité d'habitats propices à la martre a également été estimée à partir du modèle de qualité d'habitat (Faune-MQH martre 2.0, MFFP 2020) qui classe les peuplements en qualité excellente, bonne, milieu en devenir, milieu de passage et peu utilisable (résolution 100 m, fenêtre de 5 km^2) (Annexe 1).

3.5. Analyses statistiques

Les données recueillies à la suite des nécropsies ont été effectuées avec le logiciel R (version 4.0.3) et ont été traitées en fonction des conditions d'habitats entourant le point de capture de chaque individu pour comparer l'état de santé des martres selon diverses conditions d'habitat pour une même année. Afin de normaliser la distribution des données de cortisol, les valeurs extrêmes (concentration > 7,5 ng/g) ont été retirées et la variable a subi une transformation logarithmique (log). La taille de l'échantillon pour les analyses statistiques représentait alors 60 individus. La corrélation entre les variables a été vérifiée par un test de Pearson. Des modèles linéaires généralisés mixtes (Annexe 2) ont ensuite été élaborés en incluant une variable aléatoire combinant le sexe et l'âge des individus ainsi qu'une ou plusieurs variables (Tableau 1) non corrélées entre elles. Les modèles ont été comparés par sélection de modèles selon le critère d'Akaike pour petits échantillons (AICc)

(package AICcmodavg). L'inférence multimodèle (modavg) n'était pas pertinente d'après les résultats de la sélection de modèles.

Tableau 1 - Variables utilisées dans les modèles mixtes pour expliquer la concentration de cortisol dans le poil des martres récoltées par les piégeurs dans la région de la Capitale-Nationale en 2019 au Québec (n=60).

Variable	Description	Minimum-Maximum
K5_Hab_Exc	Proportion d'habitats « Excellent » selon le MQH (5 km^2)	0 – 0,16
K10_Hab_Exc	Proportion d'habitats « Excellent » selon le MQH (10 km^2)	0 – 0,16
K5_Hab_Bon	Proportion d'habitats « Bon » selon le MQH (5 km^2)	0,22 – 0,84
K10_Hab_Bon	Proportion d'habitats « Bon » selon le MQH (10 km^2)	0,24 – 0,82
K5_Hab_Dev	Proportion d'habitats « En devenir » selon le MQH (5 km^2)	0 – 0,49
K10_Hab_Dev	Proportion d'habitats « En devenir » selon le MQH (10 km^2)	0 – 0,55
K5_MP	Proportion d'habitats « Milieu de passage » selon le MQH (5 km^2)	0 – 0,55
K10_MP	Proportion d'habitats « Milieu de passage » selon le MQH (10 km^2)	0 – 0,40
K5_MPU	Proportion d'habitats « Milieu peu utilisable » selon le MQH (5 km^2)	0 – 0,60
K10_MPU	Proportion d'habitats « Milieu peu utilisable » selon le MQH (10 km^2)	0,01 – 0,56
K5_Hab_EB	Proportion d'habitats adéquats (« Excellent » et « Bon ») selon le MQH (5 km^2)	0,26 – 0,89
K10_Hab_EB	Proportion d'habitats adéquats (« Excellent » et « Bon ») selon le MQH (10 km^2)	0,26 – 0,87
K5_7mPlus	Proportion de peuplements de 7 m et plus de hauteur (5 km^2)	0,26 – 0,90
K10_7mPlus	Proportion de peuplements de 7 m et plus de hauteur (10 km^2)	0,26 – 0,88
K5_12mPlus	Proportion de peuplements de 12 m et plus de hauteur (5 km^2)	0,06 – 0,73
K10_12mPlus	Proportion de peuplements de 12 m et plus de hauteur (10 km^2)	0,06 – 0,67
K5_10ansMoins	Proportion de peuplements de 10 ans et moins (5 km^2)	0 – 0,58
K10_10ansMoins	Proportion de peuplements de 10 ans et moins (10 km^2)	0 – 0,53
K5_30ansMoins	Proportion de peuplements de 30 ans et moins (5 km^2)	0 – 0,80
K10_30ansMoins	Proportion de peuplements de 30 ans et moins (10 km^2)	0 – 0,80

4. Résultats

4.1. Récolte des carcasses

Avec la collaboration des piégeurs et du MFFP, nous avons récolté 95 carcasses de martres d'Amérique qui ont été capturées durant la saison de piégeage 2019-2020. Les carcasses proviennent de 15 terrains de piégeage différents (7 TP aménagés en coupe par agglomération, 6 TP aménagés en coupe mosaïque, 2 TP témoins) et ont été récoltées entre le 19 octobre 2019 et le 9 janvier 2020. Les piégeurs ont apporté de 1 à 21 carcasses chacun.

Ceux qui n'en ont pas apporté sont des piégeurs qui n'ont pas répondu à notre appel (n=2), qui n'ont pas capturé de martre malgré un effort déployé (n=3) ou qui ont décidé de ne pas mettre d'effort de piégeage pour la martre d'Amérique (n=5) considérant le faible succès des dernières années et le prix de vente de la fourrure. Il a été difficile de réunir l'information concernant l'effort des piégeurs (localisation de tous les pièges actifs et période d'activité) pour chaque terrain de piégeage participant; ces informations n'ont donc pas pu être considérées pour les analyses.

4.2. Analyse des carcasses

Au total, 95 carcasses de martres ont été nécropsiées. Parmi les 34 femelles, 13 étaient des juvéniles (moins d'un an) alors que 21 étaient des adultes (Tableau 2). Parmi les 61 mâles, 22 étaient des juvéniles alors que 39 étaient des adultes. Le ratio J:A (juvéniles/adultes) était donc de 0,59. Le ratio M:F (mâles-femelles) était 1,79. Le ratio J:FA (juvéniles/femelles adultes) était 1,75.

Tableau 2 - Nombre d'individus par sexe et âge mesuré

		Âge (ans)							
	n	**0,5**	**1,5**	**2,5**	**3,5**	**4,5**	**6,5**	**7,5**	**NA**
F	34	13	13	4	2			1	1
M	61	22	29	3	2	4	1		
Total	**95**	**35**	**42**	**7**	**4**	**4**	**1**	**1**	**1**

Parmi les 21 femelles adultes, seulement 3 présentaient des cicatrices placentaires, dont une avait 2 cicatrices, l'autre 3. Le décompte pour la troisième femelle était plutôt incertain en raison d'un mauvais entreposage de la carcasse qui était asséchée au moment de l'analyse.

Plusieurs carcasses présentaient des parties manquantes (27 avec au moins une patte manquante, 1 sans queue) ou un mauvais état de conservation (les sacs non refermés ont engendré une déshydratation de 6 carcasses). Le poids a donc été mesuré pour 61 carcasses complètes non déshydratées (Tableau 3). La longueur du corps des individus est présentée dans le Tableau 4 par sexe et catégorie d'âge. La quantité de gras sur les reins (n=92) variait

de 0 à 1,8 g avec une moyenne de 0,67 g et un écart-type de 0,43. Les réserves de gras sur les reins sont présentées par catégorie d'âge et de sexe dans la Figure 6.

Tableau 3 - Poids des 61 carcasses de martres (sans peau) en grammes. Les carcasses ayant des parties manquantes sont exclues de ce tableau. (N = nombre d'individus; Moy = moyenne; SD = écart-type; Min = minimum; Max = maximum)

Sexe	Âge	n	Moy	SD	Min	Max
F		**24**	**490**	**55**	**389**	**681**
	A	15	494	30	440	539
	J	8	485	90	389	681
	NA	1	464	-	464	464
M		**37**	**740**	**83**	**568**	**892**
	A	23	779	56	677	892
	J	14	676	83	568	880
Total		**61**	**641**	**143**	**389**	**892**

Tableau 4 - Longueur totale, du corps et de la queue (en centimètres) pour 90 carcasses de martres, par sexe et catégorie d'âge. (N = nombre d'individus; Moy = moyenne; SD = écart-type; Min = minimum; Max = maximum)

			Longueur totale (cm)				Longueur du corps (cm)				Longueur de la queue (cm)			
Sexe	**Âge**	**n**	**Moy**	**SD**	**Min**	**Max**	**Moy**	**SD**	**Min**	**Max**	**Moy**	**SD**	**Min**	**Max**
F		**32**	**52,0**	**2,0**	**48,1**	**56,2**	**36,8**	**1,9**	**34**	**43,5**	**15,3**	**1,3**	**10,5**	**16,9**
	A	20	52,6	1,4	49,1	54,5	37,2	1,9	34,2	43,5	15,5	1,4	10,5	16,8
	J	12	51,1	2,5	48,1	56,2	36,1	1,6	34	39,8	15,0	1,1	13,4	16,9
M		**58**	**58,0**	**1,8**	**54,4**	**62,4**	**40,7**	**1,3**	**37,8**	**43,5**	**17,3**	**0,9**	**15,4**	**19,4**
	A	37	58,2	1,5	54,6	60,8	40,8	1,1	38,3	43,5	17,4	0,8	15,4	19,4
	J	21	57,7	2,2	54,4	62,4	40,5	1,4	37,8	43,3	17,2	1,0	15,7	19,2
Total		**90**	**55,9**	**3,4**	**48,1**	**62,4**	**39,3**	**2,4**	**34**	**43,5**	**16,6**	**1,5**	**10,5**	**19,4**

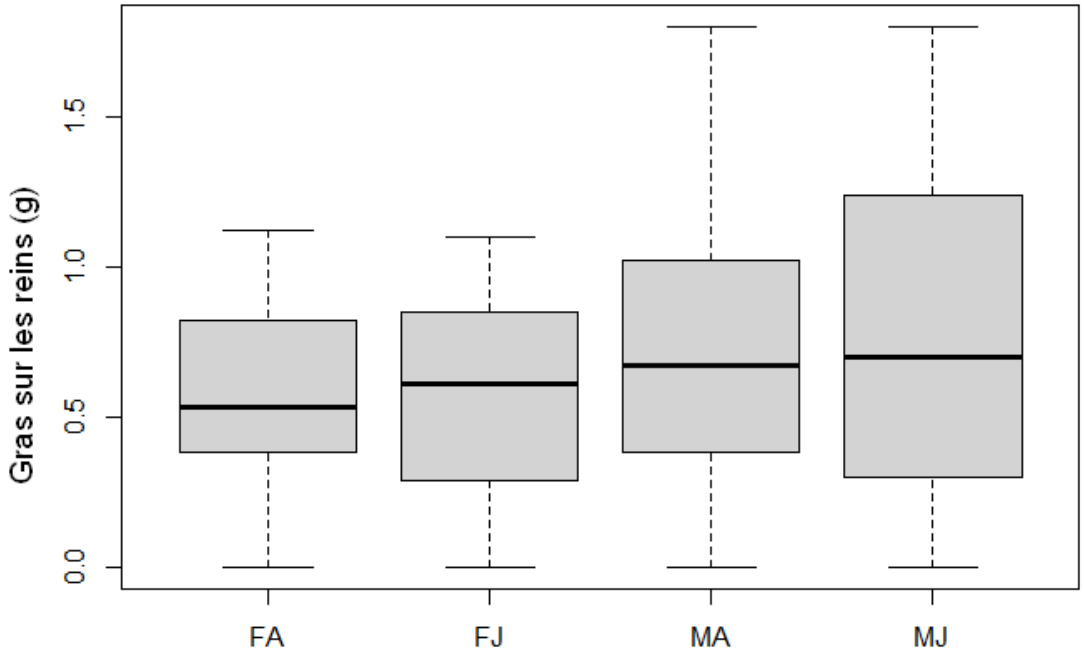
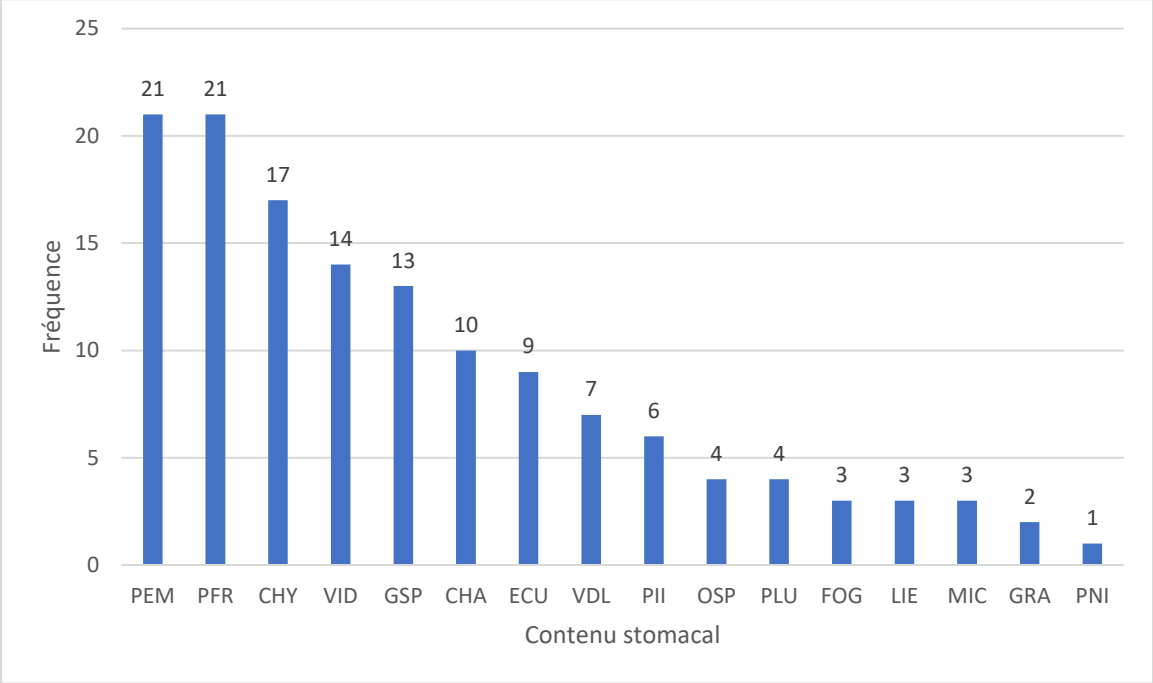


Figure 6 - Poids du gras sur les reins (en grammes) en fonction du sexe et de la classe d'âge des martres (n=92): femelles adultes (FA), femelles juvéniles (FJ), mâles adultes (MA) et mâles juvéniles (MJ)

Les contenus stomacaux ont pu être explorés pour les 95 carcasses, mais 14 avaient l'estomac vide (Tableau 5). Les restes de petits mammifères et les petits fruits (sorbier, gadelier, cornouiller, etc.) étaient les plus fréquemment retrouvés dans l'estomac des martres.

Tableau 5 - Contenu stomacal classé par ordre décroissant de fréquence retrouvé dans 95 martres d'Amérique dans la région de la Capitale-Nationale, Québec, Canada



PEM	*Petits mammifères impossibles à identifier*
PFR	*Petits fruits (sorbier, gadelier, cornouiller, etc.)*
CHY	*Chyme (résidus digérés non identifiés)*
VID	*Vide*
GSP	*Gras impossible à relier à une espèce*
CHA	*Chair impossible à relier à une espèce*
ECU	*Écureuils*
VDL	*Végétaux et débris ligneux (branches, feuilles, sphaigne, mousse, aiguilles de conifères, matière organique)*
PII	*Poils impossibles à identifier*
OSP	*Oiseau sp*
PLU	*Restes de plumes (plumes, fourreaux)*
FOG	*Fragments d'os (gros)*
LIE	*Lièvre (parties : oreilles, os, fragments, griffes, poils)*
MIC	*Micromammifères*
GRA	*Gras d'appât*
PNI	*Peau non identifiée*

4.3. Dosage du cortisol

Sur l'ensemble, 18 carcasses n'avaient pas assez de résidus de fourrure sur les pattes (pattes manquantes ou fourrure retirée jusqu'au bout des griffes). Les échantillons de poils et griffes ont été envoyés au laboratoire du Zoo de Toronto pour 77 individus, dont 29 femelles et 48 mâles. Les concentrations de cortisol dans le poil allaient de 0,96 à 63,85 ng/g avec une moyenne de 6.59 ± 9,17 (SD). La variation entre les individus de la concentration de cortisol dans le poil en fonction de la catégorie d'âge selon le sexe est présentée pour toutes les martres analysées (n=77) à la Figure 7. La Figure 8 présente quant à elle la variation des valeurs pour les 60 martres retenues pour l'analyse statistique, après avoir retiré les valeurs extrêmes.

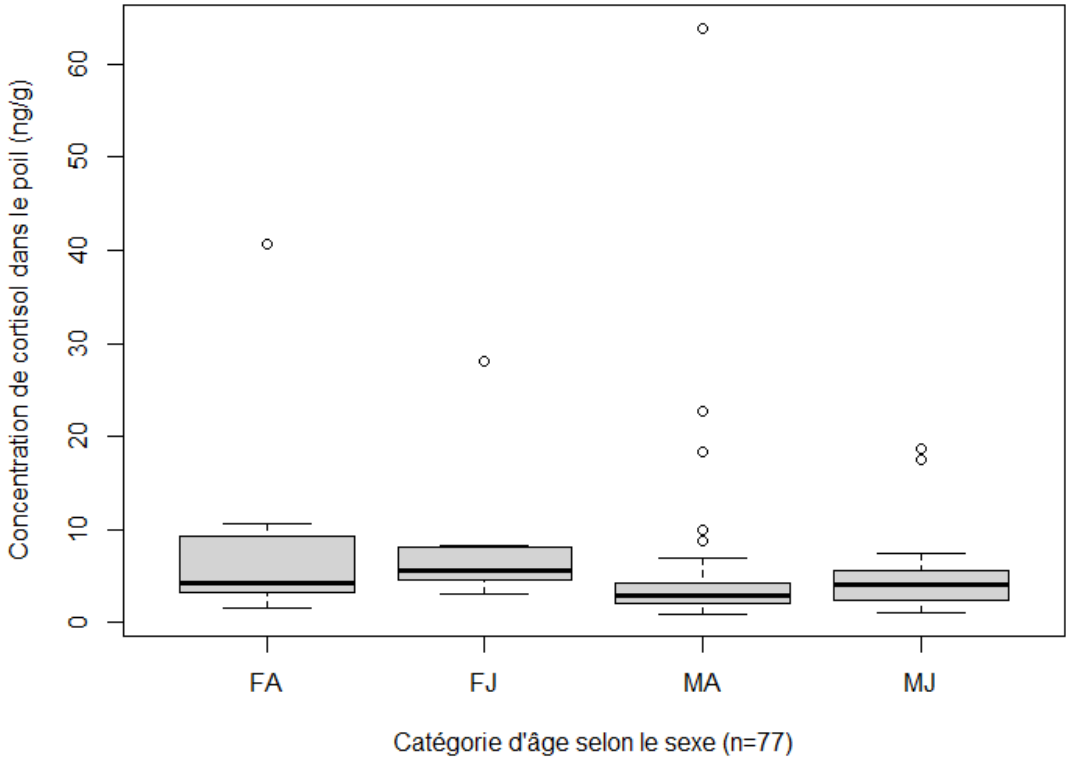


Figure 7 - Variation entre les individus (n=77) de la concentration de cortisol dans le poil en fonction de la catégorie d'âge selon le sexe (FA= femelles adultes; FJ = femelles juvéniles; MA = mâles adultes; MJ = mâles juvéniles)

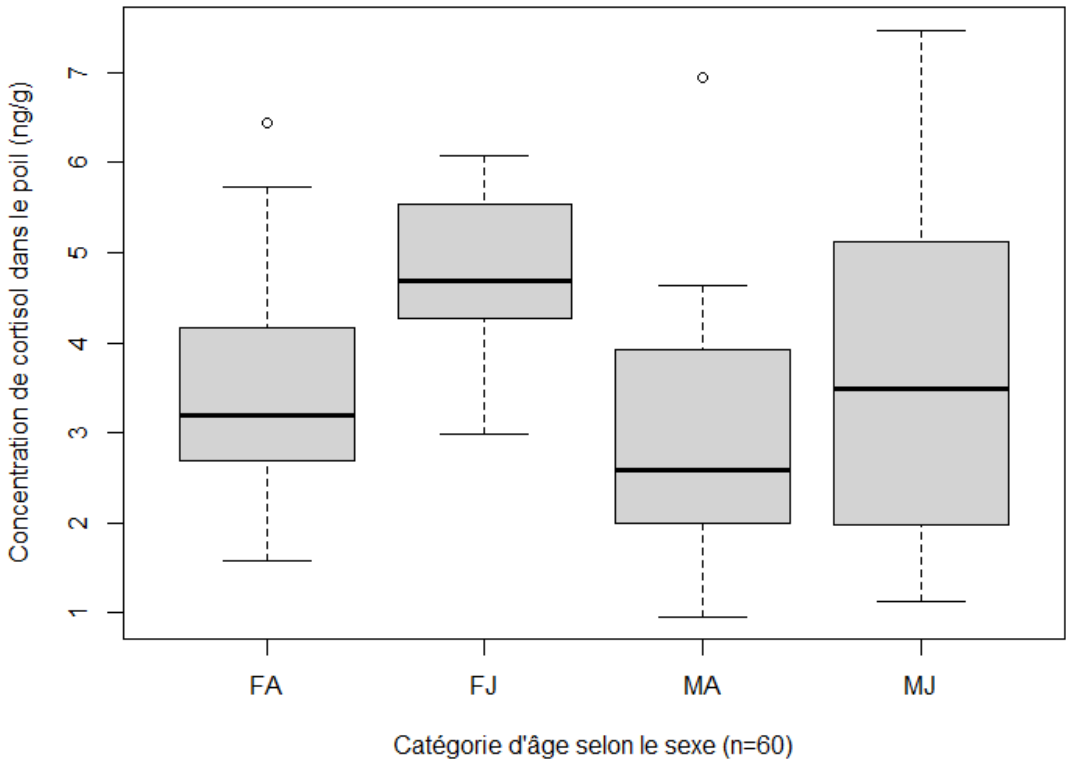


Figure 8 - Variation entre les individus (n=60) de la concentration de cortisol dans le poil en fonction de la catégorie d'âge selon le sexe (FA= femelles adultes; FJ = femelles juvéniles; MA = mâles adultes; MJ = mâles juvéniles)

Les concentrations de cortisol dans les griffes allaient de 0,02 à 11,76 ng/g avec une moyenne de 0,75 ± 1,44 (SD). Toutefois, la majorité des valeurs de concentrations de cortisol dans les griffes ont dû être extrapolées par manque de matériel. Ces données ne sont donc pas présentées dans le présent rapport.

4.4. Données d'habitat

La Figure 9 présente les variations entre les sites de capture des proportions d'habitats forestiers selon la Clé d'évaluation du potentiel d'habitat de la martre d'Amérique (FAPAQ, 2000), la hauteur des peuplements et l'âge des peuplements.

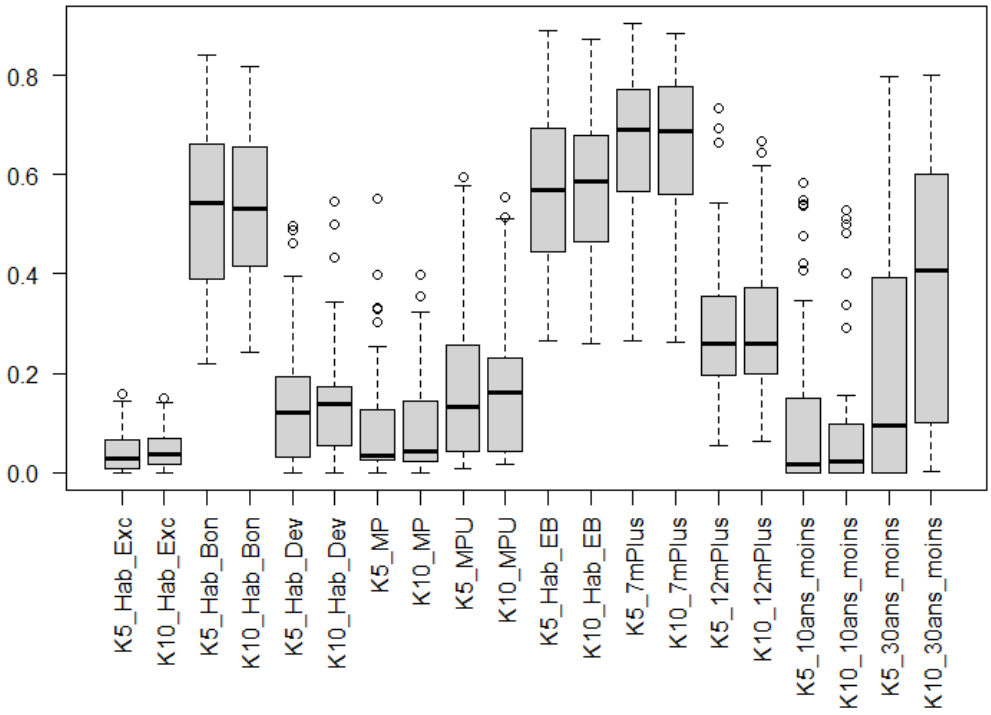


Figure 9 - Variation entre les sites de capture des proportions d'habitats forestiers par type d'habitat pour la martre d'Amérique selon la Clé FAPAQ 2000 (Exc = Excellent, Bon, Dev = En devenir, MP = Milieu de passage, MPU = Milieu peu utilisable, EB = Excellent et bon (= milieu adéquat)), des proportions de peuplements de 7 m et plus de hauteur, de 12 m et plus de hauteur, de 10 ans et moins et de 30 ans et moins. Les valeurs représentent les proportions de chaque type d'habitat à chaque échelle spatiale : K5 correspondant à une zone tampon de 5 km² autour du point de capture et K10 correspondant à une zone tampon de 10 km² autour du point de capture. Les cases représentent les 1er et 3e quartiles (distance interquartile), tandis que la ligne horizontale à l'intérieur de la case représente la médiane. Les extrémités des moustaches sont calculées en utilisant 1,5 fois l'espace interquartile (la distance entre le 1er et le 3e quartile). Les cercles ouverts sont des valeurs extrêmes situées au-delà de 1,5 fois la distance interquartile.

4.5. Sélection de modèles

La sélection de modèles est présentée au Tableau 6. Les modèles contenant seulement les peuplements de 7 m et plus de hauteur, ou la proportion combinée d'habitats « Excellent » et « Bon », dans les deux zones tampons de 5 km^2 et 10 km^2, se partagent la moitié du poids, et ce, presque à parts égales. Les différences du critère d'Akaike à petit échantillon entre le meilleur modèle (ΔAICc = 0) et les autres modèles candidats sont faibles. De plus, le modèle nul, qui ne contient aucune variable liée à l'habitat, arrive en 4e position avec un poids relativement semblable aux meilleurs modèles. Ces résultats indiquent que les variables d'habitats mesurées ne permettent pas d'expliquer la variation du taux de cortisol dans le poil des martres capturées dans le secteur d'étude en 2019.

Tableau 6 – Sélection de modèles mixtes linéaires basée sur le critère d'information d'Akaike, corrigé pour la petite taille de l'échantillon (AICc), qui explique la concentration de cortisol dans le poil des martres dans la région de la Capitale-Nationale en 2019. Tous les modèles comprenaient un effet aléatoire du sexe et de la catégorie d'âge des individus

Variables comprises dans le modèle	K	AICc	ΔAICc	AICc Wt	Res.LL	Cum. Wt
K10_7mPlus	4	90,92	0,00	0,15	-41,09	0,148
K5_7mPlus	4	91,09	0,17	0,14	-41,18	0,283
K10_EB	4	91,23	0,32	0,13	-41,25	0,409
K5_EB	4	91,40	0,49	0,12	-41,34	0,525
(Nul)	3	91,80	0,89	0,09	-42,69	0,620
K5_MPU	4	92,17	1,25	0,08	-41,72	0,699
K10_Hab_Bon	4	92,17	1,26	0,08	-41,72	0,778
K5_Hab_Bon	4	92,68	1,76	0,06	-41,98	0,839
K10_MPU	4	92,70	1,78	0,06	-41,98	0,900
K10_10ans_moins	4	94,58	3,66	0,02	-42,92	0,924
K5_30ans_moins	4	95,71	4,80	0,01	-43,49	0,937
K5_Hab_Dev	4	97,05	6,13	0,01	-44,16	0,944
K5_MP	4	97,07	6,16	0,01	-44,17	0,951
K5_12mPlus	4	97,11	6,19	0,01	-44,19	0,958
K10_12mPlus	4	97,12	6,21	0,01	-44,20	0,964
K10_Hab_Dev	4	97,21	6,29	0,01	-44,24	0,971
K5_10ans_moins	4	97,34	6,43	0,01	-44,31	0,976
K10_30ans_moins	4	97,41	6,49	0,01	-44,34	0,982
K5_Hab_Exc	4	97,41	6,50	0,01	-44,34	0,988
K10_MP	4	97,47	6,55	0,01	-44,37	0,994
K10_Hab_Exc	4	97,72	6,80	0,00	-44,49	0,998
K5_7mPlus + K5_10ans_moins + K5_30ans_moins	6	100,89	9,97	0,00	-43,65	0,999
K10_7mPlus + K10_10ans_moins + K10_30ans_moins	6	102,64	11,73	0,00	-44,53	1,000
K5_Hab_EB + K5_12mPlus + K5_10ans_moins + K5_30ans_moins	7	107,00	16,08	0,00	-45,42	1,000
K10_Hab_EB + K10_12mPlus + K10_10ans_moins + K10_30ans_moins	7	107,27	16,36	0,00	-45,56	1,000
K10_MP + K10_MPU + K10_12mPlus + K10_10ans_moins + K10_30ans_moins	8	111,71	20,80	0,00	-46,44	1,000
K5_MP + K5_MPU + K5_12mPlus + K5_10ans_moins + K5_30ans_moins	8	112,97	22,05	0,00	-47,07	1,000
K10_Hab_Exc + K10_Hab_Bon + K10_Hab_Dev + K10_12mPlus + K10_10ans_moins + K10_30ans_moins	9	118,96	28,04	0,00	-48,68	1,000
K5_Hab_Exc + K5_Hab_Bon + K5_Hab_Dev + K5_12mPlus + K5_10ans_moins + K5_30ans_moins	9	119,03	28,11	0,00	-48,71	1,000

Note : K, le nombre de paramètres du modèle ; ΔAICc, différence du critère d'Akaike à petit échantillon entre le meilleur modèle (ΔAICc = 0) et les autres modèles candidats ; AICc, poids d'Akaike ; LL, log-vraisemblance. Les variables sont décrites dans le tableau 1.

5. Discussion

5.1. Nécessité d'un suivi à long terme

L'interprétation des données démographiques (sexe, âge) nécessite des données de comparaison sur plusieurs années dans les mêmes conditions que la présente étude. De plus, la variabilité naturelle du taux de cortisol chez la martre n'est actuellement pas documentée. Les données les plus comparables que nous ayons correspondent à celles de Kordosky et al. (2021), qui a mesuré des taux de cortisol chez des pékans californiens, mais qui étaient beaucoup plus faibles (minimum-maximum : 0,06-0,79 ng/g) que ceux qui ont été observés chez la martre d'Amérique dans cette étude (0,96 à 63,85 ng/g). Les poils des pékans californiens étaient prélevés lors du rasage dans le cou des spécimens vivants en préparation d'une prise de sang dans la veine jugulaire. Dans le cas de notre étude, les poils étaient prélevés sur des pattes de martres d'Amérique congelées et enfermées dans un sac en plastique. Par contre, dans les 2 études, les échantillons de poils étaient conservés individuellement à température ambiante dans des enveloppes en papier scellées jusqu'à l'analyse. Des études sur le caribou (Ashley et al., 2011) et le grizzly (Macbeth et al., 2010) ont identifié que la concentration de cortisol peut varier selon le type et l'emplacement du poil échantillonné. Il est possible que le protocole d'échantillonnage pour l'étude du cortisol chez la martre d'Amérique nécessite d'être révisé. Cependant, considérant que nous encourageons la collaboration avec les trappeurs pour réunir le plus grand nombre d'échantillons possible sur plusieurs années, l'emplacement du prélèvement des poils semble difficile à envisager ailleurs que sur les pattes puisque le reste de la fourrure est vendu par les piégeurs pour la mise en valeur.

La mesure du cortisol dans les griffes est une mesure exploratoire qui nécessiterait d'être perfectionnée. Les résultats nous indiquent qu'il serait nécessaire de fournir une plus grande quantité de matériel au laboratoire (nombre de griffes) pour affiner la méthode de quantification de cortisol dans ce tissu (selon les recommandations du laboratoire). Comme 4 à 6 griffes par individu ne suffisent pas, un nouvel essai pourrait impliquer l'ensemble des griffes de chaque individu.

5.2. Influence de l'habitat sur le stress chronique chez la martre d'Amérique

Cette étude constitue, à notre connaissance, la première utilisation du stress chronique en fonction de la qualité de l'habitat pour la martre d'Amérique. Il s'agissait donc d'une étude exploratoire pour laquelle nous n'avions pas de références nous permettant par exemple d'interpréter les valeurs extrêmes observées et notre légitimité à les exclure des analyses.

L'échantillon exploitable pour les analyses statistiques n'a pas permis de révéler de liens entre les concentrations en cortisol et la qualité de l'habitat entourant les points de capture des martres. Il serait nécessaire d'explorer d'autres facteurs pouvant expliquer la variabilité des concentrations de cortisol entre les individus. Les conditions météorologiques, l'abondance de proies, de prédateurs et de compétiteurs ainsi que le dérangement humain sont des facteurs potentiels qui pourraient aussi expliquer les taux de cortisol chez la martre.

La clé d'évaluation du potentiel d'habitat de la martre d'Amérique considère principalement des caractéristiques forestières qui permettent d'offrir un couvert de protection à la martre contre les prédateurs. Ce critère ne semble pas suffisant pour refléter l'effet de la qualité de l'habitat sur la santé individuelle des martres d'Amérique. Par exemple, la disponibilité de nourriture, qui varie d'une année à l'autre, n'est pas représentée dans le modèle de qualité d'habitat qui ne décrit que le potentiel de l'habitat. Pourtant, les piégeurs se fient souvent sur des indices d'abondance des proies (petits mammifères, écureuils, lièvres) observées sur leur territoire pour évaluer le potentiel de capture des martres.

Obtenir des données sur l'abondance des proies exige un effort d'inventaire récurrent. Le carnet du piégeur distribué par le MFFP est justement un outil de type « science citoyenne », qui est particulièrement propice à cette acquisition de connaissance. Les sections « indicateur d'abondance » et « indicateur de tendance » ont ainsi été intégrées au carnet pour recueillir les observations des piégeurs responsables de la gestion des terrains de piégeage. Afin de dresser un portrait représentatif d'une région étudiée, il est toutefois nécessaire que la majorité des piégeurs remplissent et transmettent leur carnet au Ministère. Les analyses nécessaires pour évaluer les dynamiques des populations exigent en effet des

bases de données les plus complètes possibles à chaque année sur un maximum de terrains de piégeage. Il est en effet nécessaire de pouvoir considérer les observations et données de capture pour un ensemble d'espèces qui interagissent sur des territoires dont la taille dépasse celle des terrains de piégeage individuels. Ces données permettraient notamment d'explorer davantage les facteurs environnementaux qui peuvent affecter l'abondance et la santé des martres, comme les effets des conditions climatiques sur les relations prédateurs-proies en général.

5.3. Implication des trappeurs en recherche

La participation des piégeurs à cette étude a été mitigée pour plusieurs raisons. La raison principale est le contexte du marché de la fourrure, qui était particulièrement bas en 2019. Les faibles prix de vente des dernières années ont poussé plusieurs trappeurs à limiter leur effort de capture sur la martre à la saison 2019-2020. Comme nous souhaitions que les piégeurs respectent une bonne gestion des populations, nous aurions dû cibler un échantillonnage de terrains de piégeage plus grand pour contrer cette limite.

De plus, différents trappeurs ciblés par l'étude n'étaient pas joignables avec les coordonnées enregistrées sur leur bail de terrain de piégeage, et ce, malgré plusieurs tentatives effectuées à différents moments. Cette réalité nous invite à rappeler aux piégeurs l'importance d'être joignables pour collaborer avec les différents acteurs utilisant le territoire dont ils sont gestionnaires en termes d'animaux à fourrure.

Les localisations des captures de martres ont toutes été bien rapportées, mais la localisation de tous les pièges et l'effort déployé sur le territoire en général ont été laborieux à recueillir. La localisation de tous les pièges actifs est trop exigeante pour les participants et ne devrait pas nécessairement être retenue pour la suite du suivi. Par contre, l'effort déployé quotidiennement par les piégeurs sur leur terrain est une information importante pour suivre le succès de capture à travers le temps. L'utilisation du carnet du piégeur faciliterait la tâche aux participants tout en contribuant au suivi global des animaux à fourrure du Québec.

De plus, les carcasses rapportées étaient parfois inexploitables en raison de parties manquantes ou d'une mauvaise conservation au congélateur (sac non refermé); il sera donc

important d'insister sur la qualité des échantillons nécessaires pour mener à bien cette étude sur le long terme. L'explication du projet de recherche par téléphone et par écrit ne suffit pas à assurer une bonne compréhension des mesures nécessaires pour la récolte de carcasses pouvant être analysées. Des efforts supplémentaires d'encadrement des participants devront être déployés en prévoyant une formation plus formelle en personne ou par vidéo. La formation devra expliquer en détail les objectifs de recherche, faire une démonstration du protocole d'identification des carcasses, cibler les parties importantes pour l'étude (baculum pour le sexe, crâne pour l'âge et dessus des pattes avec fourrure pour les analyses de cortisol) et illustrer les conditions optimales d'entreposage des carcasses.

6. Conclusion

La Fédération des Trappeurs Gestionnaires du Québec est fière d'avoir collaboré avec le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs dans ce projet pour explorer l'état de santé des martres en territoire forestier aménagé. Comme il n'y avait pas de relation entre le stress chronique et les variables d'habitats explorées, les résultats ne nous permettent pas de faire de recommandation en termes d'aménagement forestier. Toutefois, cette étude permet de souligner la mobilisation de différents acteurs autour d'un enjeu commun qui mérite d'être poursuivi. L'acquisition de connaissances fait partie des étapes incontournables pour contribuer au développement de meilleures pratiques de gestion des ressources naturelles, qu'elles soient fauniques ou forestières. Elle permet aussi de soutenir une cohabitation sur le territoire québécois.

7. Références

Ashley, N. T., Barboza, P. S., Macbeth, B. J., Janz, D. M., Cattet, M. R., Booth, R. K. et Wasser, S. K. 2011. Glucocorticosteroid concentrations in feces and hair of captive caribou and reindeer following adrenocorticotropic hormone challenge. Gen Comp Endocrinol, 172(3), 382-391. doi: 10.1016/j.ygcen.2011.03.029

Bosson, C. O., Islam, Z., et Boonstra, R. 2012. The impact of live trapping and trap model on the stress profiles of North American red squirrels. *Journal of Zoology*, *288*(3), 159–169. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2012.00941.x

Bujold, F. 2013. Guide d'intégration des besoins associés aux espèces fauniques dans la planification forestière, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune est des Parcs, 66 p

Burstahler, C. M., Terwissen, C. V, et Roth, J. D. 2019. Latitudinal gradient in cortisol concentrations in Canada lynx (Lynx canadensis) is not explained by diet. *Canadian Journal of Zoology*, *97*(8), 748–753. https://doi.org/10.1139/cjz-2018-0204

Charbonnel, N., Chaval, Y., Berthier, K., Deter, J., Morand, S., Palme, R. et Cosson, J.-F. 2007. Stress and demographic decline: a potential effect mediated by impairment of reproduction and immune function in cyclic vole populations. Physiological and Biochemical Zoology, 81(1), 63-73.

Cheveau, M. 2015. Démarche ayant mené à la sélection de espèces sensibles à l'aménagement forestier d'intérêt provincial, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Gouvernement du Québec, 16 p.

Cook, N. J. 2012. Review: Minimally invasive sampling media and the measurement of corticosteroids as biomarkers of stress in animals. *Canadian Journal of Animal Science*, *92*(3), 227–259. https://doi.org/10.4141/cjas2012-045

Dantzer, B., Newman, A. E. M., Boonstra, R., Palme, R., Boutin, S., Humphries, M. M., et McAdam, A. G. 2013. Density Triggers Maternal Hormones That Increase Adaptive Offspring Growth in a Wild Mammal. *Science*, *340*(6137), 1215 LP – 1217. https://doi.org/10.1126/science.1235765

Comité d'experts sur l'aménagement écosystémique des forêts et les changements climatiques 2017. L'aménagement écosystémique des forêts dans le contexte des changements climatiques – Rapport du comité d'experts, Québec, 29 p

Dulude-de Broin, F., Cote, S.D., Whiteside, D.P. et Mastromonaco, G.F. 2019. Faecal metabolites and hair cortisol as biological markers of HPA-axis activity in the Rocky mountain goat. Gen. Comp. Endocrinol. 280, 147-157. https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2019.04.022.

ÉcoRessources. (2014). L'industrie faunique comme moteur économique régional. Une étude ventilant par espèce et par région les retombées économiques engendrées par les chasseurs, les pêcheurs et les piégeurs québécois en 2012. Rapport technique présenté au Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec.

FAPAQ. 2000. Clé d'évaluation du potentiel d'habitat de la martre d'Amérique (Martes americana). Gouvernement du Québec, Société de la Faune et des Parcs du Québec.

Fortin C., Cantin, M. et Fortin, M. 1988 Expérimentation d'une méthode radiographique pour la détermination du sexe et l'estimation de l'âge chez la martre d'Amérique. Gouvernement du Québec, Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Direction régionale de Québec.

Fortin, C., et Cantin, M..1994. The effects of trapping on a newly exploited American marten population. Pages 179–191, dans S.W. Buskirk, A. G. Harestad, M. G. Raphael, and R. A. Powell, editors. Martens, sables, and fishers: biology and conservation. Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.

Fortin, C., et Cantin, M. 2005. *Harvest Status, Reproduction and Mortality in a Population of American Martens in Québec, Canada - Martens and Fishers (Martes) in Human-Altered Environments: An International Perspective* (D. J. Harrison, A. K. Fuller, & G. Proulx (eds.); pp. 221–234). Springer US. https://doi.org/10.1007/0-387-22691-5_11

Godbout, G., et Ouellet, J. 2008. Habitat selection of American marten in a logged landscape at the southern fringe of the boreal forest. Écoscience, 15(3), 332-342. http://www.jstor.org/stable/42902003

Heimbürge, S., Kanitz, E., et Otten, W. 2019. The use of hair cortisol for the assessment of stress in animals. *General and Comparative Endocrinology*, *270*, 10–17. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2018.09.016

Jetté, J.-P., Leblanc, M., Bouchard, M., Déry, S., et Villeneuve, N. 2012. Intégration des enjeux écologiques dans les plans d'aménagement forestier intégré. Partie I - Analyse des enjeux, version 1.1. Gouvernement du Québec, Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers. 159 p.

Kalliokoski, O., Jellestad, F. K. et Murison, R. 2019. A systematic review of studies utilizing hair glucocorticoids as a measure of stress suggests the marker is more appropriate for quantifying short-term stressors. *Scientific Reports*, *9*(1), 11997. https://doi.org/10.1038/s41598-019-48517-2

Kordosky, J. R. 2019. Landscape of stress: does drought prevail over anthropogenic activity in influencing cortisol levels and fitness in the pacific fisher? M.Sc. Thesis. Utah State University.

Kordosky, J.R, Gese, E. M, Thompson, C. M., Terletzky, P. A., Neuman-Lee, L. A., Schneiderman, J. D., Purcell, K. L.et French, S. S. 2021. Landscape of stress: Tree mortality influences physiological stress and survival in a native mesocarnivore. PLoS One. 16(7):e0253604. doi: 10.1371/journal.pone.0253604. PMID: 34197517; PMCID: PMC8248622.

Koren, L., Mokady, O., Karaskov, T., Klein, J., Koren, G. et Geffen, E. 2002. A novel method using hair for determining hormonal levels in wildlife. *Animal Behaviour*, *63*(2), 403–406. https://doi.org/https://doi.org/10.1006/anbe.2001.1907

Lavergne, S. G., Peers, M. J. L., Mastromonaco, G., Majchrzak, Y. N., Nair, A., Boutin, S. et Boonstra, R. 2020. Hair cortisol as a reliable indicator of stress physiology in the snowshoe hare: Influence of body region, sex, season, and predator–prey population dynamics. *General and Comparative Endocrinology*, *294*, 113471. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2020.113471

Li, M., Zhu, W., Wang, Y., Sun, Y., Li, J., Liu, X., Wu, Y., Gao, X. et Li, D. 2019. Effects of capture and captivity on plasma corticosterone and metabolite levels in breeding Eurasian Tree Sparrows. *Avian Research*, *10*(1), 16. https://doi.org/10.1186/s40657-019-0155-8

Macbeth, B. J., Cattet, M. R. L., Stenhouse, G. B., Gibeau, M. L. et Janz, D. M. 2010. Hair cortisol concentration as a noninvasive measure of long-term stress in free-ranging grizzly bears (Ursus arctos): considerations with implications for other wildlife. *Canadian Journal of Zoology*, *88*(10), 935-949. doi: 10.1139/z10-057

Ministère des forêts, de la faune et des parcs (MFFP). 2018a. Plan d'aménagement forestier intégré tactique. Période 2018-2023. Région du Saguenay –Lac-St-Jean. Unité d'aménagement 023-71. Gouvernement du Québec, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale du secteur central, Direction de la gestion des forêts de la Capitale-Nationale et de la Chaudière-Appalaches. 368 p. https://mffp.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/Unite-amenagement-023-71.pdf

Ministère des forêts, de la faune et des parcs (MFFP). 2018b. Plan d'aménagement forestier intégré tactique. Période 2018-2023. Unité d'aménagement 031-53. Gouvernement du Québec, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale du secteur central, Direction de la gestion des forêts de la Capitale-Nationale et de la Chaudière-Appalaches. 152 p. https://mffp.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/PAFIT_2018-2023_03153.pdf

Ministère des forêts, de la faune et des parcs (MFFP). 2018c. Plan d'aménagement forestier intégré tactique. Période 2018-2023. Unité d'aménagement 033-51. Gouvernement du Québec, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale du secteur central, Direction de la gestion des forêts de la Capitale-Nationale et de la Chaudière-Appalaches. 175 p. https://mffp.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/PAFIT_2018-2023_03351.pdf

Ministère des forêts, de la faune et des parcs (MFFP). 2019. Dérogation à la coupe en mosaïque et à la coupe avec protection de la régénération et des sols dans la sapinière pour la période 2019-2023, Unité d'aménagement 031-71. Gouvernement du Québec, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la gestion des forêts Capitale-Nationale–Chaudière-Appalaches, Direction générale du secteur central. 34 p.

Ministère des forêts, de la faune et des parcs (MFFP). 2020. Cartographie du 5 e inventaire écoforestier du Québec méridional — Méthodes et données associées, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Secteur des forêts, Direction des inventaires forestiers, 128 p.

Potvin, F. et Courtois, R. 1998. Effets à court terme de l'exploitation forestière sur la faune terrestre : synthèse d'une étude de cinq ans en Abitibi-Témiscamingue et implications pour l'aménagement forestier. Québec, Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats. 91 p.

Powell, R. A., Buskirk, S. W. et Zielinski, W. J. 2003. Fisher and marten. Wild Mammals of North America: Biology, Management, and Conservation, p. 635-649

Sheriff, M. J., Dantzer, B., Delehanty, B., Palme, R., et Boonstra, R. 2011. Measuring stress in wildlife: techniques for quantifying glucocorticoids. *Oecologia*, *166*(4), 869–887. https://doi.org/10.1007/s00442-011-1943-y

Strickland, M. A. 1994. Harvest management of fishers and America martens. pages 137-145. In S. W. Buskirk, A. S. Harestad, M. G. Raphael and R. A. Powell, eds. Martens, Sables and Fisher. Biology and Conservation. Cornell University Press

Strickland, M. A. et C. W. Douglas. 1987. Marten. Pages 599–612 in M. Novak, J. A. Baker, M. E. Obbard and B. Malloch, editors. Wild furbearer management and conservation in North America. Ontario Trappers Association, North Bay, Ontario, Canada.

Tallo-Parra, O., M. Lopez-Bejar, A. Carbajal, L. Monclús, X. Manteca, and M. Devant. 2016. Acute ACTH-induced elevations of circulating cortisol do not affect hair cortisol concentrations in calves. General and Comparative Endocrinology 240:138-142.

Annexe 1 - Clé d'évaluation du potentiel d'habitat de la martre d'Amérique (*Martes americana*).

Type d'habitat pour la martre d'Amérique	**Groupement végétal**	**Densité**	**Hauteur**	**Autres milieux**
Milieu peu utilisable	*Plantations ;* *Ct, CPR sans type de couvert.* *Friche;*		*Sans hauteur et hauteur 6*	*Étendues d'eau;* *Dénudés secs;* *Semi dénudés secs* *Dénudés humides;* *Semi-dénudés-humides;* *Terrains à vocation non-forestière,*
Milieu de passage	*Feuillus intolérants*;* *Bétulaies blanches*;* *Peupleraies*;* *Mélèzaies;* *Feuillus non-commerciaux;* *Bétulaies jaunes;* *Érablières rouges*;* *Érablières à sucre;* *Feuillus tolérants;* *Feuillus sur station humide;* *Brûlis total;* *Chablis total;* *Épidémie grave;* *Dépérissement total;* *Verglas grave;* *Plantations de résineux;* *Aulnaies;* *R, M, F sans hauteur identifiée;*	*toute densité*	*toute hauteur*	
Habitat en devenir	*Type de couvert résineux, mélangés;*	*toute densité*	*5, 6*	
Bon habitat	*Sapinières,* *Pessières,* *Pinèdes,* *Prucheraies,* *Cédrières,* *Autres résineux;* *Peuplements mélangés*	*Pour tous les peuplements A,B,C identifiés à la deuxième colonne :*	*Pour tous les peuplements 1,2,3,4 identifiés à la deuxième colonne :*	
Excellent habitat	*Sapinières,* *Pessières,* *Pinèdes,* *Prucheraies,* *Cédrières,* *Autres résineux;* *Peuplements mélangés*	*Pour tous les peuplements A,B,C identifiés à la deuxième colonne :*	*Pour tous les peuplements 1,2,3,4 identifiés à la deuxième colonne :*	*avec épidémie légère ou chablis partiel*

**Ces peuplements pourraient constituer de bons habitats dans la mesure où ils présentent un sous-étage dominé par les essences résineuses lequel peut être potentiellement inféré à partir du type écologique, d'un inventaire de régénération ou d'une bonne connaissance de l'écologie du territoire.*

Annexe 2 – Liste des modèles mixtes utilisés pour expliquer la concentration de cortisol dans le poil des martres récoltées par les piégeurs dans la région de la Capitale-Nationale en 2019 Québec (n=60).

Les variables sont décrites dans le tableau 1. La variable réponse (log_cortisol) correspond aux données de cortisol ayant subi une transformation logarithmique (log).

Nom du modèle	**Composition**
Null	log_cortisol ~ (1|SexeAge)
K5_Hab_Exc	log_cortisol ~ K5_Hab_Exc +(1|SexeAge)
K5_Hab_Bon	log_cortisol ~ K5_Hab_Bon +(1|SexeAge)
K5_Hab_Dev	log_cortisol ~ K5_Hab_Dev +(1|SexeAge)
K5_MPU	log_cortisol ~ K5_MPU +(1|SexeAge)
K5_MP	log_cortisol ~ K5_MP +(1|SexeAge)
K5_12mPlus	log_cortisol ~ K5_12mPlus +(1|SexeAge)
K5_7mPlus	log_cortisol ~ K5_7mPlus +(1|SexeAge)
K5_10ans_moins	log_cortisol ~ K5_10ans_moins +(1|SexeAge)
K5_30ans_moins	log_cortisol ~ K5_30ans_moins +(1|SexeAge)
K5_MQHbon_12m_jeune	log_cortisol ~ K5_Hab_Exc +K5_Hab_Bon + K5_Hab_Dev + K5_12mPlus + K5_10ans_moins + K5_30ans_moins +(1|SexeAge)
K5_MQHmauvais_12m_jeune	log_cortisol ~ K5_MPU + K5_MP + K5_12mPlus + K5_10ans_moins + K5_30ans_moins + (1|SexeAge)
K5_7mPlus_jeune	log_cortisol ~ K5_7mPlus+ K5_10ans_moins + K5_30ans_moins + (1|SexeAge)
K5_EB	log_cortisol ~ K5_Hab_EB + (1|SexeAge)
K5_EB_12m_jeune	log_cortisol ~ K5_Hab_EB + K5_12mPlus + K5_10ans_moins + K5_30ans_moins+(1|SexeAge)
K10_Hab_Exc	log_cortisol ~ K10_Hab_Exc +(1|SexeAge)
K10_Hab_Bon	log_cortisol ~ K10_Hab_Bon +(1|SexeAge)
K10_Hab_Dev	log_cortisol ~ K10_Hab_Dev +(1|SexeAge)
K10_MPU	log_cortisol ~ K10_MPU +(1|SexeAge)
K10_MP	log_cortisol ~ K10_MP +(1|SexeAge)
K10_12mPlus	log_cortisol ~ K10_12mPlus +(1|SexeAge)
K10_7mPlus	log_cortisol ~ K10_7mPlus +(1|SexeAge)
K10_10ans_moins	log_cortisol ~ K10_10ans_moins +(1|SexeAge)
K10_30ans_moins	log_cortisol ~ K10_30ans_moins +(1|SexeAge)
K10_MQHbon_12m_jeune	log_cortisol ~ K10_Hab_Exc +K10_Hab_Bon + K10_Hab_Dev + K10_12mPlus + K10_10ans_moins + K10_30ans_moins+(1|SexeAge)
K10_MQHmauvais_12m_jeune	log_cortisol ~ K10_MPU + K10_MP + K10_12mPlus+ K10_10ans_moins + K10_30ans_moins + (1|SexeAge)
K10_7mPlus_jeune	log_cortisol ~ K10_7mPlus+ K10_10ans_moins + K10_30ans_moins + (1|SexeAge)
K10_EB	log_cortisol ~ K10_Hab_EB + (1|SexeAge)
K10_EB_12m_jeune	log_cortisol ~ K10_Hab_EB + K10_12mPlus + K10_10ans_moins + K10_30ans_moins+(1|SexeAge)