

Analyse du système de suivi de l'orignal au Québec

2024

Coordination et rédaction

Cette publication a été réalisée par la Direction de l'expertise sur la faune terrestre, l'herpétofaune et l'avifaune du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). Elle a été produite par la Direction des communications du MELCCFP.

Équipe de réalisation

Auteurs : Maxime Lavoie, biologiste, Ph. D., Service de la gestion des espèces et des habitats terrestres, MELCCFP

Collaborateurs : Christian Dussault, biologiste, Ph. D., Service de la gestion des espèces et des habitats terrestres, MELCCFP
Catherine Ayotte, biologiste, M. Sc., Direction de la gestion de la faune de la Côte-Nord, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP), 2020
Yannick Bilodeau, biologiste, Direction de la gestion de la faune de Lanaudière–Laurentides, MELCCFP
Vincent Brodeur, biologiste, M. Sc., Direction de la gestion de la faune du Nord-du-Québec, MELCCFP
Édith Cadieux, biologiste, Ph. D., Direction de la gestion de la faune de la Mauricie et du Centre-du-Québec, MFFP, 2020
Martin Dorais, biologiste, Direction de la gestion de la faune de la Gaspésie – Îles-de-la-Madeleine, MFFP, 2020
André Dumont, biologiste, Ph. D., Direction de la gestion de la faune de l'Outaouais, MELCCFP
Jean-François Dumont, biologiste, Direction de la gestion de la faune de la Capitale-Nationale et de la Chaudière-Appalaches, MFFP, 2020
Claude Dussault, biologiste, Ph. D., Direction de la gestion de la faune du Saguenay–Lac-Saint-Jean, MFFP, 2020
Éric Jaccard, biologiste, Direction de la gestion de la faune de l'Estrie, de Montréal, de la Montérégie et de Laval, MELCCFP
Sébastien Lefort, biologiste, M. Sc., Direction de l'expertise sur la faune terrestre, l'herpétofaune et l'avifaune, MFFP, 2020
Élise Roussel-Garneau, biologiste, Direction de la gestion de la faune du Bas-Saint-Laurent, MELCCFP
Caroline Trudeau, biologiste, M. Sc., Direction de la gestion de la faune de l'Abitibi-Témiscamingue, MELCCFP

Renseignements

Téléphone : 418 521-3830
1 800 561-1616 (sans frais)

Internet : www.environnement.gouv.qc.ca

Référence à citer

LAVOIE, M. et C. DUSSAULT (2024). Analyse du système de suivi de l'original au Québec, Direction de l'expertise sur la faune terrestre, l'herpétofaune et l'avifaune, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs, Québec, 125 p.

Dépôt légal – 2024
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
ISBN : 978-2-550-96798-9 (PDF)

Tous droits réservés pour tous les pays.
© Gouvernement du Québec – 2024

Résumé

Au Québec, la chasse à l'orignal compte le plus grand nombre d'adeptes parmi tous les types de chasse. Cet intérêt marqué des chasseurs est en partie le résultat de la croissance des populations d'orignaux depuis près de 20 ans dans plusieurs régions. Toutefois, la situation de l'orignal n'a pas toujours été aussi enviable. En effet, vers la fin des années 1890, l'espèce était jugée en voie de disparition dans l'est de l'Amérique du Nord, à cause d'une surexploitation qui perdurait depuis plusieurs décennies. Pour faire face à cette problématique, les biologistes ont ajusté la réglementation, allant jusqu'à interdire la récolte de veaux et de femelles à la grandeur du Québec. Afin de suivre les populations, l'enregistrement des orignaux récoltés est devenu obligatoire à partir de 1958 et des sondages ont été envoyés annuellement aux chasseurs. Par contre, ce n'est qu'à partir de 1970 que le Québec s'est doté d'outils statistiques, méthodologiques et d'inventaires pour effectuer le suivi des populations d'orignaux et s'assurer de la pérennité de l'orignal et des activités qui y sont rattachées. Ces modifications, de même que l'application de modalités de gestion visant à protéger les femelles depuis la mise en œuvre du premier plan de gestion en 1994, ont permis aux populations de se rétablir et d'atteindre les densités observées aujourd'hui dans un habitat favorable, soit des forêts relativement jeunes avec la présence de peuplements en régénération.

Le système de suivi québécois des populations d'orignaux utilise actuellement des données provenant de trois principales sources : les données issues du programme d'inventaire aérien, les statistiques de chasse colligées par le biais de l'enregistrement obligatoire des orignaux récoltés, et les estimations de la qualité de l'habitat lorsque nécessaire. Ce document vise à faire une révision du système de suivi des populations d'orignaux au Québec. La dernière révision du système de suivi de l'orignal remontait à 1991 et il s'avérait donc important de vérifier si les constats effectués à cette époque étaient toujours valables. La révision a également pour objectif d'adapter les outils aux nouvelles réalités des populations animales, évoluant dans un contexte de changements climatiques et socio-économiques, ainsi que de mettre à profit les développements technologiques.

La première étape du processus de révision a été de contacter les provinces et États voisins du Québec pour connaître les indicateurs des populations d'orignaux suivis par les biologistes responsables de la gestion de l'orignal et d'évaluer leur influence dans la prise de décision. Les grandes familles d'indicateurs utilisés sont 1) la tendance de la population, 2) l'abondance, 3) la productivité, 4) le taux d'exploitation, 5) la santé, 6) le taux de mortalité naturelle, 7) la capacité de support du milieu et 8) la distribution dans le paysage. Cette synthèse a permis de mieux comprendre l'importance des outils utilisés ailleurs et d'évaluer la pertinence d'en intégrer certains dans la démarche québécoise.

La seconde étape visait à explorer les relations entre les diverses statistiques de chasse sportive utilisées pour faire le suivi des populations d'orignaux au Québec. Nos analyses ont permis de démontrer que la densité de récolte des mâles adultes est le meilleur indicateur de l'abondance, que le pourcentage de femelles en lactation dans la récolte est le meilleur indicateur de productivité et que le pourcentage de mâles adultes dans la récolte de même que l'âge moyen des orignaux récoltés sont des indicateurs performants du taux d'exploitation.

La troisième étape évaluait la possibilité d'incorporer la science collaborative dans la gestion de l'orignal. Pour ce faire, nous avons évalué la relation entre les observations d'orignaux par les chasseurs par unité d'effort (OPUE) et divers paramètres de densité des populations d'orignaux. Nos résultats ont montré que la relation entre les OPUE et la densité d'orignaux mesurée par inventaire aérien est meilleure que celle entre la densité de récolte et la densité d'orignaux, ce qui en fait un indicateur intéressant à intégrer au système de suivi.

Finalement, la quatrième étape consistait en une réflexion sur les inventaires aériens, permettant de déterminer les indicateurs de suivi auxquels les biologistes accordent le plus de confiance. Les inventaires demeurent toutefois l'une des méthodes les plus dispendieuses. Par contre, bien que la réalisation d'inventaires périodiques dans toutes les zones de chasse ne soit plus justifiée, ceux-ci doivent être maintenus, car ils constituent le meilleur de nos outils de gestion. Il faut cependant les utiliser dans des

contextes précis et établir une grille de critères pour déterminer un ordre de priorité, en fonction de besoins ou de problématiques spécifiques identifiés, pour leur réalisation.

Face aux constats dégagés lors de cette évaluation, il est donc suggéré de conserver les mêmes outils de base, qui ont assuré la gestion de cette espèce depuis 1990, soit les statistiques de chasse, les résultats provenant des inventaires aériens et l'évaluation de l'habitat. Les inventaires aériens doivent prioritairement servir à documenter une situation problématique et favoriser la prise de décisions pour la gestion, afin de mieux s'adapter au contexte actuel dans lequel les populations d'orignaux évoluent. De plus, certains indicateurs, tels que les OPUE ou ceux liés à la santé des populations comme le décompte des tiques d'hiver, doivent être intégrés au système de suivi québécois des populations d'orignaux afin d'assurer la pérennité de l'espèce et de l'activité de chasse.

Table des matières

Résumé	i
Table des matières	iii
Liste des tableaux	iv
Liste des figures	v
Remerciements	vii
Introduction.....	1
Gestion des populations d'originaux en Amérique du Nord	3
État des populations d'originaux dans le nord-est de l'Amérique du Nord	3
Tendances.....	3
Facteurs de mortalité naturelle gagnant en importance	4
Principales activités anthropiques affectant la dynamique des populations	7
Suivi des populations d'originaux en Amérique du Nord	8
Outils utilisés au Québec	8
Outils utilisés dans les États ou provinces ayant une population d'originaux établie	8
Études récentes permettant de développer de nouveaux outils et de bonifier le suivi des populations	16
Indicateur de suivi et gestion des populations : utilisation, influence et perception	18
Démarche.....	18
Au Québec	20
États ou provinces voisins.....	25
Principaux constats	31
Analyse des indicateurs de suivi au Québec en lien avec les inventaires aériens	32
Démarche.....	32
Données utilisées	32
Analyses statistiques.....	33
Résultats	38
Modèles prédictifs	42
Principaux constats	48
Les OPUE comme indicateur de suivi : une valeur ajoutée?.....	49
Démarche.....	49
Relations entre la densité de récolte, le succès et l'effort de chasse	49
Relations des statistiques de chasse avec la densité observée lors des inventaires aériens.....	55
Principaux constats (à partir des données des réserves fauniques)	62
Réflexion sur les inventaires aériens	63
Nouveau cadre pour les inventaires aériens.....	64
Nouvelle approche d'acquisition de données par inventaire aérien pour des besoins spécifiques.....	64
Principaux constats	72
Discussion	73
Analyse du système de suivi et améliorations	73
Références.....	76
Annexe 1. Sondage envoyé aux biologistes régionaux responsables de la gestion de l'original	85
Annexe 2. Sondage envoyé aux États et provinces voisins du Québec	87

Liste des tableaux

Tableau 1 Outils utilisés par les provinces ou États ayant des populations d'originaux inférieures à 30 000 individus selon la tendance de la population	10
Tableau 2 Pourcentage d'utilisation des indicateurs employés pour suivre les populations d'originaux au Québec par les 11 biologistes responsables de la gestion de l'original	24
Tableau 3. Indicateurs utilisés dans les analyses liées aux statistiques de chasse	32
Tableau 4. Répartition des données utilisées lors des analyses selon les zones de chasse	34
Tableau 5 Caractéristiques des variables utilisées dans les analyses en composantes principales et dans les modèles de régression	37
Tableau 6 Valeur propre et variance expliquée par chacun des axes principaux générés pour synthétiser les 15 indicateurs de suivi des populations d'originaux calculés à partir des statistiques de chasse.	38
Tableau 7 Corrélation entre les trois axes principaux et les 15 indicateurs de suivi des populations d'originaux utilisés pour les créer.	39
Tableau 8 Corrélation entre les trois axes principaux permettant de synthétiser les 15 indicateurs de suivi des populations d'originaux et les caractéristiques de ces populations mesurées par inventaire aérien, les coordonnées de la zone de chasse ou les modalités de chasse.	40
Tableau 9 Valeur propre et variance expliquée par chacun des axes principaux (ou facteurs) générés pour synthétiser 10 indicateurs de suivi des populations d'originaux calculés à partir des statistiques de chasse.....	40
Tableau 10 Corrélation entre les trois axes principaux et les 10 indicateurs de suivi des populations d'originaux utilisés pour les créer.	41
Tableau 11 Corrélation entre les trois axes principaux permettant de synthétiser les 10 indicateurs de suivi des populations d'originaux et les caractéristiques de ces populations mesurées par inventaire aérien ou les modalités de chasse.....	41
Tableau 12 Résultats des modèles mettant en relation la densité d'originaux mesurée par inventaire aérien et les indicateurs d'abondance dans la récolte sportive	43
Tableau 13 Résultats des modèles mettant en relation le nombre de faons par 100 femelles mesuré par inventaire aérien et les indicateurs de productivité dans la récolte sportive	44
Tableau 14 Résultats des modèles mettant en relation la densité d'originaux mesurée par inventaire aérien et les indicateurs d'exploitation dans la récolte sportive.....	45
Tableau 15 Résultats des modèles mettant en relation certaines caractéristiques de la population d'originaux mesurées par inventaire aérien de même que le succès de chasse et les statistiques de chasse dans la récolte sportive	47
Tableau 16 Nombre minimal d'originaux devant être classés pour évaluer le rapport des sexes et la productivité avec une précision de $\pm 10\%$ ($\alpha = 0,10$) pour différentes densités de population d'original	69
Tableau 17 Nombre minimal d'originaux devant être classés pour évaluer la productivité selon la densité de la population et le type de groupe	71
Tableau 18 Coûts réels et théoriques d'un inventaire visant à évaluer le rapport des sexes et la productivité selon le nombre minimal de ravages devant être survolés en fonction de la densité de la population d'originaux	71
Tableau 19 Indicateurs à prioriser selon le paramètre de la population à estimer	74

Liste des figures

Figure 1 Tendance des populations d'orignaux entre 2001 et 2014 dans le nord-est de l'Amérique du Nord.	4
Figure 2 Provinces et États pour lesquels les outils utilisés dans la gestion de l'original ont été déterminés par l'entremise de la littérature et des sites Internet des ministères concernés.	9
Figure 3 Relation entre le nombre d'outils utilisés pour le suivi de l'original et la taille de la population d'orignaux pour les 30 États ou provinces ayant des populations d'orignaux établies en Amérique du Nord.	10
Figure 4 Proportion des 30 États ou provinces ayant des populations d'orignaux établies utilisant les outils pour assurer le suivi et la gestion de cette espèce en Amérique du Nord.	11
Figure 5 Prévalence de la tique d'hiver chez l'original au Québec entre 2012 et 2018 selon le dénombrement effectué lors de l'enregistrement des orignaux par le ministère.	14
Figure 6 Provinces et États sondés pour évaluer l'influence des indicateurs utilisés dans la gestion de l'original.	19
Figure 7 Influence des indicateurs utilisés par les 11 biologistes responsables de la gestion de l'original dans les différentes régions du Québec dans la prise de décision pour le suivi des populations.	23
Figure 8 Influence des indicateurs utilisés par les 10 États et provinces voisins du Québec dans la prise de décisions pour le suivi des populations d'orignaux.	30
Figure 9 Relation entre A) la densité de récolte et l'effort de chasse, B) la densité de récolte et le succès de chasse et C) le succès et l'effort de chasse, dans les réserves fauniques du Québec entre 1980 et 2015.	50
Figure 10 Relation entre les observations d'orignaux par unité d'effort (OPUE) et A) l'effort de chasse ainsi que B) le succès de chasse, dans les réserves fauniques du Québec entre 1994 et 2015.	52
Figure 11 Relation entre la densité de récolte et les observations d'orignaux par unité d'effort (OPUE) dans les réserves fauniques du Québec entre 1980 et 2015.	53
Figure 12 Relation entre la densité de récolte et les observations d'orignaux par unité d'effort (OPUE) dans les réserves fauniques du Québec entre 1980 et 2015.	54
Figure 13 Relation entre la densité d'orignaux estimée par inventaire aérien et A) l'effort de chasse ainsi que B) le succès de chasse dans les réserves fauniques du Québec entre 1993 et 2014.	56
Figure 14 Relation entre la densité de récolte de mâles adultes et la densité d'orignaux à l'automne estimée par inventaire aérien dans les réserves fauniques et le territoire libre non organisé (TNO) du Québec entre 1993 et 2014.	57
Figure 15 Relation entre les observations d'orignaux par unité d'effort (OPUE) et la densité d'orignaux estimée par inventaire aérien dans les réserves fauniques du Québec entre 1993 et 2014.	58
Figure 16 Évolution des densités d'orignaux déterminées par inventaire aérien (triangles) et des indicateurs de suivi (cercles : nombre d'orignaux observés, nombre d'orignaux récoltés et observations d'orignaux par unité d'effort ou OPUE) dans les réserves fauniques de Matane et de Dunière entre 1993 et 2014.	60
Figure 17 Relation entre la densité d'observations d'orignaux et la densité d'orignaux estimée par inventaire aérien dans les réserves fauniques du Québec entre 1993 et 2014.	61
Figure 18 Détermination du rapport des sexes (mâles par 100 femelles) selon le nombre d'orignaux sexés dans une zone de A) faible densité d'orignaux (zone de chasse 15 en 2009), de B) densité moyenne d'orignaux (zone de chasse 27 en 2013) et de C) forte densité d'orignaux (zone de chasse 2 en 2014).	66

Figure 19 Détermination de la productivité (faons par 100 femelles) selon le nombre d'orignaux classés dans une zone de A) faible densité d'orignaux (zone de chasse 15 en 2009), de B) densité moyenne d'orignaux (zone de chasse 27 en 2013) et de C) forte densité d'orignaux (zone de chasse 2 en 2014).....	68
Figure 20 Productivité (faons par 100 femelles) selon le type de groupe observé lors de l'inventaire aérien dans A) faible densité d'orignaux (zone de chasse 15 en 2009), de B) densité moyenne d'orignaux (zone de chasse 27 en 2013) et de C) forte densité d'orignaux (zone de chasse 2 en 2014).....	70

Remerciements

Nous remercions les biologistes responsables de la gestion de l'original au Québec (C. Ayotte, Y. Bilodeau, V. Brodeur, É. Cadieux, C. Dussault, M. Dorais, A. Dumont, J.-F. Dumont, E. Jaccard, É. Roussel-Garneau, C. Trudeau). Nous remercions également Émilie Bilodeau pour son aide dans la revue de littérature et pour la création du sondage, Hélène Crépeau du Service de consultation statistique de l'Université Laval pour son aide dans les analyses statistiques, François Lebel pour les échanges et les idées, Isabelle Laurion pour la révision, ainsi que les biologistes consultés dans les provinces et États voisins (D. Beyer, G. D. DelGiudice, B. J. Dhuey, V. Harriman, P. Hubert, J. Hurst, R. Jacobson, L. Kantar, A. Labonte, K. Rines, D. Sabine, D. Stainbrook) pour avoir accepté de répondre à notre questionnaire. Finalement, nous remercions Annie Cauchon pour la révision finale du document.

Introduction

La gestion de la faune vise à assurer un équilibre entre les besoins de la faune et ceux de l'humain et à permettre, entre autres, une récolte récréative durable de la faune sauvage. Pour y arriver, la mise en place d'un système de suivi fiable est essentielle. Cela permet d'évaluer la réponse des populations fauniques aux stratégies de gestion adoptées et de déterminer si, et comment, les modalités de gestion doivent être modifiées (Gibbs et coll., 1999). L'estimation précise de l'abondance d'une population demande un investissement important en ressources financières et humaines, et c'est pourquoi les biologistes se tournent souvent vers des indicateurs d'abondance et de tendance des populations (Witmer, 2005). Ces indicateurs sont plus faciles et moins coûteux à obtenir, mais leur relation avec l'abondance réelle de l'espèce est parfois inconnue (Pollock et coll., 2002), limitant leur utilisation au suivi des tendances annuelles. Afin de réduire les coûts liés au suivi des populations et d'assurer des décisions de gestion basées sur des estimations réalistes, il est donc important d'évaluer périodiquement l'efficacité des indicateurs d'abondance sélectionnés.

Au Québec, la chasse à l'orignal (*Alces americanus*) compte le plus grand nombre d'adeptes parmi tous les types de chasse avec environ 175 000 permis vendus annuellement. La gestion de l'orignal se fait à l'échelle des zones de chasse et toutes les statistiques nécessaires au suivi de l'espèce sont calculées par zone (permis vendus, structure de la récolte, etc.). Au début des années 2000, l'augmentation de la récolte d'orignaux a suivi celle de la densité de ses populations, pour se stabiliser autour de 27 000 individus lors des années où la récolte des femelles adultes est permise (années permissives) et 21 000 lors des années où elle ne l'est pas (années restrictives). L'augmentation de l'abondance de l'orignal et du succès de chasse entre la fin des années 1990 et le milieu des années 2000 puis leur stabilisation par la suite sont dues aux modalités de gestion mises en place depuis 1994, lors du premier plan de gestion. Avant cette date, les biologistes avaient remarqué une diminution du cheptel d'orignaux causée par une surexploitation. En effet, le taux d'exploitation dépassait la capacité de la population d'orignaux dans la plupart des zones de chasse et dépassait même 50 % dans deux zones (zones 3 et 4; Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, 1993).

L'objectif du premier plan de gestion, s'étalant de 1994 à 1998, était d'accroître les populations d'orignaux pour améliorer la qualité de la chasse (Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, 1993). L'approche préconisée a été l'imposition de la chasse sélective des femelles adultes, en l'interdisant ou en délivrant un nombre limité de permis, afin d'augmenter la productivité. De plus, le principe de l'alternance, qui consiste à interdire la récolte des femelles adultes une année sur deux, a été instauré expérimentalement dans certaines zones. Ce premier plan de gestion a eu des effets positifs sur les densités d'orignaux dans la plupart des zones (augmentation du succès de chasse dans 92 % des zones). Par conséquent, le second plan de gestion, pour la période de 1999 à 2003, a conservé les mêmes objectifs et l'alternance a été appliquée dans la majorité des zones de chasse (Lamontagne et Jean, 1999). Lors de l'élaboration du troisième plan de gestion, visant la période de 2004 à 2010, les populations d'orignaux avaient continué d'augmenter dans la plupart des zones (augmentation du succès de chasse dans 84 % des zones). Bien que cette situation ait été bien perçue par les chasseurs, les biologistes responsables de la gestion de l'orignal ont commencé une réflexion sur les impacts futurs de cette abondance d'orignaux tels que la dégradation de l'habitat et l'augmentation des accidents routiers, principalement dans le Bas-Saint-Laurent et la Gaspésie. Par conséquent, le principal objectif de ce plan de gestion était de maintenir ou contrôler la croissance des populations d'orignaux (Lamontagne et Lefort, 2004). Pour favoriser l'atteinte de cet objectif, une plus grande récolte des femelles a été effectuée pour ralentir ou arrêter la croissance dans certaines réserves fauniques, mais également une grande partie de la zone de chasse 1. Les modalités de gestion ainsi que les conditions environnementales (p. ex. des changements dans l'habitat) survenues lors de ce plan de gestion ont fait augmenter le succès de chasse dans 52 % des zones et l'ont fait diminuer dans 44 % des zones. Finalement, le quatrième plan de gestion, s'étalant de 2012 à 2019, avait pour objectif d'atteindre et maintenir les densités des populations d'orignaux optimales définies pour chaque zone de chasse (Lefort et Massé, 2015).

Actuellement, le système de suivi québécois des populations d'originaux utilise des données provenant de trois sources principales. La première source d'information provient des données issues du programme d'inventaire aérien qui donnent les résultats les plus fiables et permettent d'estimer la composition ainsi que la densité des populations d'originaux. Par contre, il s'agit de la méthode la plus dispendieuse. Une seconde source d'information provient des statistiques de chasse colligées par le biais de l'enregistrement obligatoire des originaux récoltés. On regroupe les statistiques calculées à partir de la récolte en trois grandes catégories, soit les indicateurs :

- d'abondance,
- de productivité,
- du taux d'exploitation.

La troisième source d'information provient des estimations de la qualité de l'habitat. Cette variable permet de déterminer la capacité de support du milieu, d'évaluer la densité par superficie d'habitat et ainsi d'aider à établir des cibles de gestion.

Lors de l'atelier sur la grande faune de 2012, une recommandation a été formulée afin de réviser les outils utilisés pour le suivi de l'original au Québec, de déterminer ceux qui sont essentiels à la gestion de l'espèce et, au besoin, d'en proposer de nouveaux. La dernière révision du système de suivi de l'original remonte à 1991 et il s'avère donc important de vérifier si les constats effectués à cette époque sont toujours valables. De plus, cette révision s'insère dans un processus d'amélioration continue du système de suivi qui doit considérer l'évolution des plans de gestion et l'utilisation d'outils de suivi différents dans les États nord-américains et les provinces de l'est du Canada.

Afin d'effectuer cette révision, les biologistes des provinces et États voisins du Québec ont donc été contactés afin de colliger les différents indicateurs utilisés et de mesurer l'importance qui leur est accordée dans la prise de décision pour le suivi des populations d'originaux en Amérique du Nord. Ce sondage a permis d'évaluer la pertinence d'intégrer certains de ces outils dans la démarche québécoise. Par la suite, les statistiques de chasse ont été analysées afin d'évaluer si elles permettent de prédire la densité et la structure des populations d'originaux telles que déterminées par inventaire aérien. De plus, plusieurs études ont récemment démontré l'intérêt d'utiliser la participation citoyenne (science collaborative) comme outil additionnel dans la gestion de la faune (p. ex. Ericsson et Wallin, 1999; Solberg et Saether, 1999; Irwin, 2001). Ce rapport inclut donc également une évaluation de l'efficacité des observations effectuées par les chasseurs pour estimer la tendance des populations d'originaux. Finalement, une réflexion sur les inventaires conclut le document.

Gestion des populations d'orignaux en Amérique du Nord

La gestion de l'orignal en Amérique du Nord s'effectue depuis plusieurs décennies. En effet, le Maine a été l'un des premiers à instaurer une période de chasse, et ce, dès 1830 (Maine Historical Society 2017). Par contre, la gestion des populations s'est principalement développée après la Deuxième Guerre mondiale et les premiers plans de gestion sont apparus au début des années 1990. Au Québec, les populations d'orignaux sont suivies depuis 1955 par, entre autres, l'enregistrement de la récolte et l'utilisation de sondages annuels. Le premier plan de gestion de l'orignal a été instauré en 1994 et visait l'augmentation des populations d'orignaux, principalement par la protection des femelles reproductrices (Ministère du Loisir de la Chasse et de la Pêche, 1993).

État des populations d'orignaux dans le nord-est de l'Amérique du Nord

Dans le nord-est de l'Amérique du Nord, onze États ou provinces possèdent des populations d'orignaux bien établies (Connecticut, Maine, Massachusetts, New Hampshire, New York, Nouveau-Brunswick, Nouvelle-Écosse, Ontario, Terre-Neuve-et-Labrador, Vermont, Québec). L'état de ces populations varie grandement d'une juridiction à l'autre. Par exemple, les populations d'orignaux sont protégées dans l'État de New York (New York State Department of Environmental Conservation, 2017) tandis que Parcs Canada a récemment développé un plan de gestion pour les espèces surabondantes afin de guider la réduction des populations d'orignaux dans le parc national du Gros-Morne à Terre-Neuve ainsi que pour la population réintroduite dans le parc national des Hautes-Terres-du-Cap-Breton en Nouvelle-Écosse (Parks Canada, 2011, Smith et coll., 2015).

Tendances

De 2001 à 2014, à l'échelle de la province ou de l'État, les populations d'orignaux étaient en augmentation dans quatre États ou provinces (Maine, New York, Nouveau-Brunswick et Québec), stables dans trois États ou provinces (Connecticut, Massachusetts et Nouvelle-Écosse) et en diminution dans quatre États ou provinces (New Hampshire, Ontario, Terre-Neuve-et-Labrador et Vermont; Timmermann et Rodgers, 2017; Figure 1). Par contre, la diminution de la population d'orignaux dans la province de Terre-Neuve-et-Labrador, dans l'État du Vermont ainsi que dans certaines régions du Québec a été planifiée par les autorités gouvernementales afin de contrer la détérioration de l'habitat causée par des densités trop élevées (McLaren et Mercer, 2005; Andreozzi et coll., 2014).

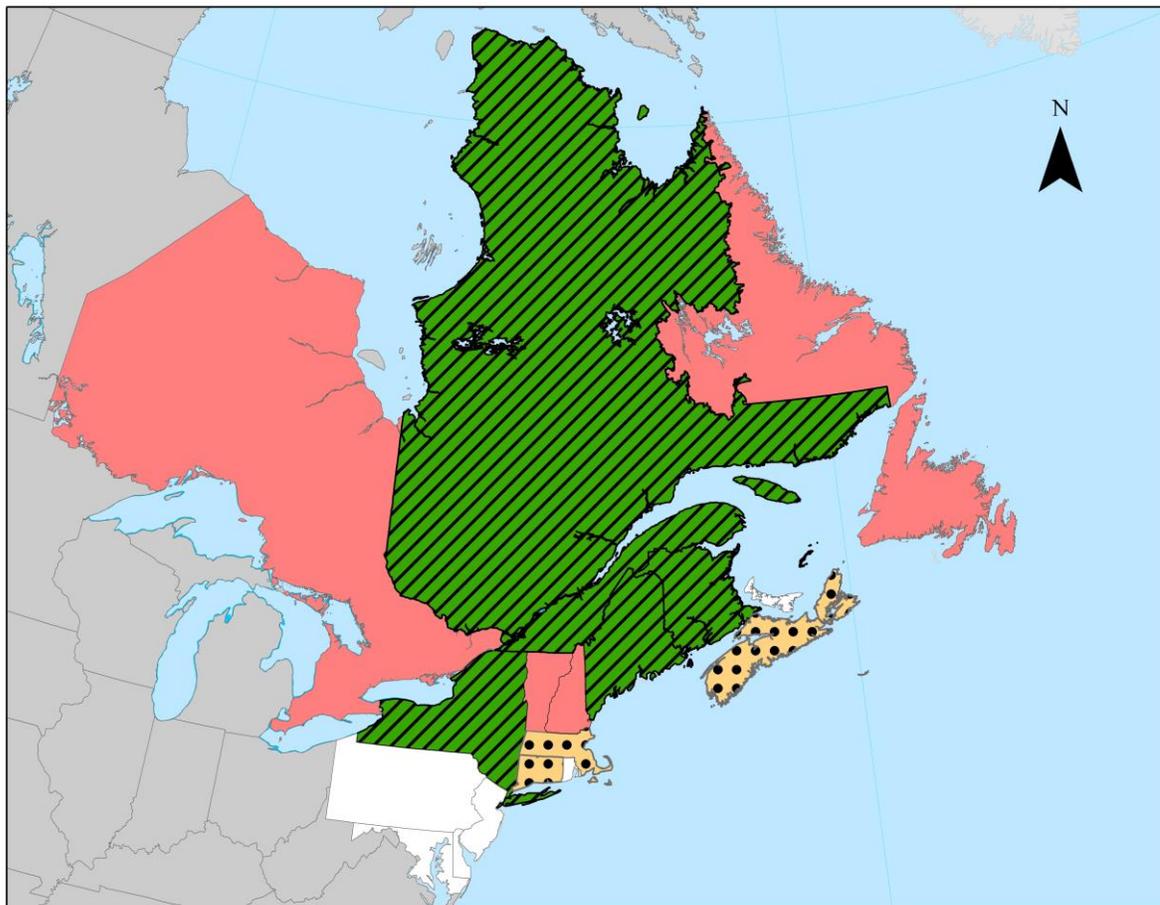


Figure 1 Tendence des populations d’orignaux entre 2001 et 2014 dans le nord-est de l’Amérique du Nord. La tendance est à l’augmentation (vert ligné) dans quatre États ou provinces, stable (jaune pointillé) dans trois États ou provinces, en diminution (rouge uni) dans quatre États ou provinces, et cinq États et une province ne possèdent pas de populations bien établies (blanc).

La densité d’orignaux n’est pas suffisamment élevée dans certaines régions pour permettre une récolte durable. En effet, la chasse à l’orignal n’est pas permise dans les États du Connecticut, du Massachusetts et de New York. De plus, la population se trouvant sur la partie continentale de la Nouvelle-Écosse est protégée, car celle-ci a grandement diminué au cours des dernières années (Nova Scotia Department of Natural Resources, 2017).

Facteurs de mortalité naturelle gagnant en importance

L’objectif d’un plan de gestion est essentiellement de déterminer le taux de prélèvement par la chasse sportive pouvant être autorisé dans les zones de chasse en fonction des objectifs poursuivis. La détermination d’un taux de prélèvement durable doit donc prendre en compte les autres sources de mortalité naturelle agissant sur la population. Bien que la dynamique des populations d’orignaux soit souvent régulée par des facteurs d’origine anthropique comme la récolte sportive, le braconnage, la chasse de subsistance autochtone, les accidents routiers ainsi que la perte et la dégradation de l’habitat (West, 2009), certains facteurs de mortalité naturelle gagnent en importance, principalement chez les populations localisées au sud de la distribution de l’espèce. Même si l’effet de ces facteurs sur la dynamique des populations d’orignaux est probablement moins important que celui de la récolte par la chasse et de la prédation des faons dans les populations où le loup et l’ours se retrouvent (Messier et Crête, 1985; Larsen

et coll., 1989; Crête et Courtois, 1997; Patterson et coll., 2013), leurs impacts réels demeurent peu connus et documentés. Comme mentionné plus haut, il est toutefois important de les considérer pour élaborer les modalités d'exploitation, d'autant plus que plusieurs études ont récemment été entreprises pour documenter leurs effets.

Ver des méninges

Le ver des méninges (*Parelaphostrongylus tenuis*) est un parasite de forme allongée qu'on trouve habituellement dans les sinus veineux crâniens du cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*). Il cause généralement peu ou pas d'effet notable chez le cerf de Virginie, mais peut être mortel pour l'orignal et le caribou (*Rangifer tarandus*; Anderson, 1972). Les orignaux peuvent être parasités par ce ver lorsqu'ils consomment accidentellement des gastéropodes infectés. Bien que cela ne soit pas accepté pas tous (Lenarz, 2009), les densités d'orignaux et de cerfs sont souvent inversement corrélées (Whitlaw et Lankester, 1994; Rata et Lankester, 2017). Certains ont affirmé que ce phénomène serait causé par la transmission de maladies du cerf vers l'orignal (Rata et Lankester, 2017). En effet, la croissance des populations de cerfs de Virginie ainsi que l'expansion de leur aire de répartition vers le nord (Lesage et coll., 2000; Dawe et Boutin, 2016) augmenteraient les interactions entre ceux-ci et les orignaux. Ainsi, le déclin de plusieurs populations d'orignaux a été attribué au ver des méninges dans divers États ou provinces (Lankester, 2010) et il existerait une relation inverse entre les densités d'orignaux et le taux d'infection des cerfs de Virginie (Saunders, 1973). Par contre, les fluctuations historiques d'orignaux et de cerfs en Ontario ne semblent pas être liées au ver des méninges (Whitlaw et Lankester, 1994) et certaines populations d'orignaux auraient augmenté malgré un taux d'infection élevé chez les cerfs sympatriques (Bogaczyk et coll., 1993). En somme, il semble que les densités de cerfs doivent être suffisamment élevées pour que ce parasite ait un effet notable sur les populations d'orignaux et il apparaît peu probable que le ver des méninges puisse directement réguler les populations se trouvant au Québec (Dumont et Crête, 1996; Rempel, 2011). De plus, lorsque le cerf de Virginie et l'orignal vivent en sympatrie, on assiste parfois à une ségrégation spatiale, étant donné leur sélection de l'habitat différente, qui permet de limiter les interactions entre ces deux espèces (Cobb et coll., 2004).

Tiques

La tique d'hiver (*Dermacentor albipictus*) est un acarien qui parasite plusieurs espèces d'ongulés, mais l'orignal y est plus vulnérable. En effet, les orignaux ne se toilettent qu'en réaction à des stimuli, alors que les tiques sont solidement fixées et difficiles à déloger, contrairement aux cerfs de Virginie qui se toilettent périodiquement (Mooring et Samuel, 1998). La charge parasitaire d'un orignal peut atteindre plusieurs milliers de tiques (Mooring et Samuel, 1998). Les tiques s'accrochent aux orignaux à l'automne au stade larvaire et se développent pendant l'hiver pour devenir des adultes. Elles s'accouplent à la fin de l'hiver, puis les femelles se laissent tomber au sol pour pondre leurs œufs qui éclosent durant l'été. Au cours de l'hiver, elles se nourrissent à trois reprises du sang des orignaux : une première fois vers septembre et octobre pour passer du stade larvaire au stade de nymphe, puis une deuxième fois entre janvier et février pour passer au stade adulte et finalement une troisième fois entre mars et avril avant de s'accoupler. Par conséquent, lorsqu'elles sont présentes en grand nombre, elles peuvent avoir un effet négatif important pour les orignaux infestés (Musante et coll., 2007). En effet, en plus de causer de l'anémie en raison du sang qu'il consomme, ce parasite est à l'origine de démangeaisons qui poussent l'animal à se toiletter excessivement. Ce toilettage intensif se traduit par une perte de poils pouvant s'étaler sur de grandes superficies du corps et la formation de plaies (Samuel, 1991). Le toilettage réduit également le temps que l'animal peut consacrer à l'alimentation. Par conséquent, les individus sévèrement infestés ont une dépense énergétique supplémentaire et une consommation de nourriture plus faible. Ils abordent donc la fin de l'hiver, la période la plus contraignante, en moins bonne condition physique et deviennent plus vulnérables aux températures froides ainsi qu'à l'épaisseur de neige au sol et à la prédation (Jones et coll., 2017). Un suivi intensif afin d'évaluer l'impact de la tique d'hiver sur la dynamique des populations d'orignaux est en cours dans le Maine depuis 2014. Cette étude a démontré que les faons étaient davantage touchés et perdaient en moyenne 20 à 30 % de leur masse corporelle au cours de l'hiver, ce qui engendrait un taux de mortalité pouvant atteindre 75 % des faons faisant l'objet de suivis (Jones et coll., 2017). De plus, la densité des orignaux aurait un impact direct sur le taux d'infestation par la tique et la forte densité d'orignaux parasités trouvés au Maine et au Vermont pourrait en partie expliquer les taux

constatés dans les populations d'orignaux des régions limitrophes, bien que les densités y soient moins élevées. La présence de la tique d'hiver n'est pas un nouveau phénomène, mais son effet sur les orignaux s'est récemment accru en raison des densités d'orignaux plus élevées et des changements climatiques qui favorisent la survie et la reproduction des tiques (DelGiudice et coll., 1997; Samuel, 2007). À l'automne, l'absence de neige et les températures clémentes prolongent la période durant laquelle les tiques montent sur les orignaux (Drew et Samuel, 1985), tandis qu'au printemps, les mêmes conditions favorisent la survie des femelles au moment où elles quittent leurs hôtes pour aller pondre leurs œufs (Drew et Samuel, 1986). Les projections du climat pour le prochain siècle montrent que la survie des tiques d'hiver devrait être favorisée par l'absence de températures trop froides ou de neige trop abondante (Rodenhouse et coll., 2009). Une étude est en cours pour comprendre les interactions entre la tique d'hiver, les orignaux et les changements climatiques (www.albipictus.com).

Douve du foie

La douve du foie est un ver plat qui crée des lésions dans le foie des cervidés. Elle peut être mortelle chez les orignaux, mais ceux-ci doivent être sévèrement infectés (Pybus et coll., 2015). Ainsi, ce parasite est peu susceptible de jouer un rôle majeur dans la persistance de populations d'orignaux (Lankester et Foreyt, 2011).

Maladie débilitante chronique des cervidés

La maladie débilitante chronique est causée par la présence d'une forme anormale d'une protéine qui engendre la dégénération du système nerveux central et entraîne la mort des individus infectés (Williams, 2005). Chez l'orignal, en raison de son comportement plutôt solitaire, la prévalence de cette maladie est beaucoup plus faible que chez le cerf de Virginie (Mysterud et Edmunds, 2019). Il est toutefois important d'intégrer l'orignal au programme de surveillance de cette maladie afin de détecter les cas le plus tôt possible.

Le ver des poumons

Le ver des poumons est un autre parasite trouvé chez l'orignal. Lorsqu'il est présent en grande quantité, la capacité pulmonaire des individus est diminuée. Seul, il n'a probablement qu'un effet limité sur la survie des orignaux, mais combiné à celui des tiques, il pourrait être une source de mortalité non négligeable, principalement chez les faons (Girardin, 2012).

Le ver artériel

Le ver artériel (*Elaeophora schneideri*) est un nématode affectant les cervidés qui cause l'obstruction de vaisseaux sanguins et peut entraîner la perte de la vue, la nécrose du cerveau, des oreilles et du museau de même qu'un développement limité des bois et, ultimement, la mort de l'animal infecté (Pessier et coll., 1998). La distribution de ce parasite était considérée comme limitée dans l'ouest de l'Amérique du Nord et dans quelques endroits circonscrits dans le sud-est des États-Unis. Toutefois, sa présence a récemment été confirmée au Minnesota et pourrait avoir contribué au déclin de l'orignal dans cet État (Grunenwald et coll., 2018).

Changements climatiques

En modifiant la température et les quantités de précipitations estivales et hivernales, les changements climatiques peuvent avoir un impact considérable sur la structure des écosystèmes (Nolan et coll., 2018) et ainsi affecter les populations d'orignaux. Ces changements se font sentir à des échelles différentes et ne seront pas homogènes pour toutes les zones de chasse. Globalement, les changements climatiques affecteront les populations d'orignaux de quatre manières. Premièrement, les changements climatiques pourraient engendrer des stress thermiques pour certaines populations d'orignaux. En effet, les orignaux sont bien adaptés à la neige et au froid. Ainsi, lorsque les températures dépassent 14 °C en été et -5 °C en hiver, les orignaux subissent un stress thermique (Renecker et Hudson, 1986). Ils passent alors plus de temps à se refroidir en s'immergeant dans l'eau ou en se cachant du soleil (Dussault et coll., 2004), et ils diminuent le temps passé à s'alimenter, ce qui affecte leurs réserves de gras pour l'hiver. Cette réduction

de réserves adipeuses diminuera directement leur probabilité de survie hivernale, mais affectera également la productivité de la population en réduisant la qualité et la quantité de lait pour les faons. Deuxièmement, les températures plus clémentes, particulièrement au milieu de l'automne et au début du printemps, favorisent la survie de certains parasites comme le ver des méninges, le ver des poumons ou la tique d'hiver (Dantas-Torres, 2015). Troisièmement, dans les régions où les hivers seront moins sévères, les populations de cerfs de Virginie devraient être favorisées. Cette augmentation de la densité des cerfs pourrait faire augmenter la densité des populations de loups (*Canis lupus*) qui s'alimentent de ces deux espèces (McCarty, 2002; Barber-Meyer et Mech, 2017) et, conjointement avec l'accroissement de la survie des gastéropodes, faciliter la transmission de parasites et de maladies (Schmitz et Nudds, 1994; Murray et coll., 2006; Lankester, 2010). Quatrièmement, les changements climatiques affecteront la qualité de l'habitat de l'orignal, modifiant ainsi la distribution géographique de cette espèce. L'augmentation de la quantité d'habitats d'alimentation devrait principalement s'effectuer par l'entremise de deux vecteurs, les feux de forêt et les insectes défoliateurs (Krawchuck et coll., 2020). Par contre, la modification probable de la composition de la forêt boréale par l'expansion des peuplements de feuillus au détriment des peuplements conifères (Searle et Chen 2017, Mekonnen et coll. 2019, Dusenge et coll. 2020) devrait restreindre la qualité de l'habitat de couvert pour l'orignal, principalement dans le sud de son aire de distribution. D'une manière générale, la capacité de support de l'habitat de l'orignal devrait diminuer dans le sud de son aire de distribution et s'accroître vers le nord, favorisant des changements dans l'abondance et l'expansion des populations vers le nord et un retrait vers le sud (Rempel, 2012).

Principales activités anthropiques affectant la dynamique des populations

Perturbations de l'habitat

L'orignal est une espèce qui recherche les peuplements forestiers matures entremêlés de zones de régénération (Dussault et coll., 2006; Jung et coll., 2018; Francis et coll., 2021). Les peuplements matures lui apportent un couvert de protection contre les prédateurs et contre les intempéries estivales et hivernales tandis que les zones de régénération procurent de la nourriture de bonne qualité. Ces zones de début de succession sont particulièrement importantes pour l'orignal, car elles lui fournissent une biomasse importante d'espèces arbustives sur un territoire restreint, diminuant ainsi son temps passé à la recherche de nourriture. Les zones de régénération sont souvent créées par des perturbations causées par des feux de forêt, des coupes forestières ou des épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (MacCracken et Viereck, 1990; Forbes et Theberge, 1993; Potvin et coll., 2005; Julianus et coll., 2020; Francis et coll., 2021). Les orignaux utiliseront ces nouvelles zones perturbées lors de la première année, mais les délaisseront ensuite pour une période d'environ quatre ans jusqu'à ce qu'elles produisent une strate arbustive assez vigoureuse pour leur être bénéfique (Potvin et coll., 2001, 2005; Courtois et coll., 2002). Plusieurs études ont ainsi observé des augmentations d'abondance d'orignaux suivant une perturbation (Forbes et Theberge, 1993; Edenius et coll., 2002; Potvin et coll., 2005; Mumma et coll., 2020). Toutefois, dans les zones où le prélèvement est autorisé, les effets positifs engendrés par l'augmentation de l'habitat d'alimentation à la suite de travaux sylvicoles sont souvent annulés par l'augmentation de l'accessibilité au territoire pour les chasseurs par la création de chemins forestiers (Rempel et coll., 1997) ou par l'accroissement de la prédation des faons (Francis, 2021).

Modalités de chasse

Les modalités d'exploitation ont souvent un effet beaucoup plus important sur les populations d'orignaux que la qualité de leur habitat (Rempel et coll., 1997; Potvin et coll., 2005). La protection de certains segments de la population comme les faons et les femelles a généralement un impact plus élevé que les modalités concernant la longueur de la période de chasse ou les engins permis (Courtois et Lamontagne, 1991; Michel et coll., 1994). L'efficacité des modalités de chasse pour contrôler l'exploitation de l'orignal a fait l'objet de nombreuses recherches (voir Courtois et Lamontagne, 1991) et ces modalités constituent le principal outil utilisé par la majorité des provinces et États en Amérique du Nord pour gérer adéquatement les populations d'orignaux.

Suivi des populations d'orignaux en Amérique du Nord

Au fil des ans, les biologistes responsables de la gestion des populations d'orignaux ont développé des indicateurs permettant de suivre ces populations afin d'assurer une gestion efficace et durable. Cette section n'évalue pas les méthodes de recensement ni leur validité ou leur pertinence, mais décrit simplement les outils et les indicateurs utilisés par quelques États ou provinces de l'Amérique du Nord pour suivre les populations d'orignaux. Bien que les facteurs régulant ces populations soient différents à travers l'Amérique du Nord (Timmermann et Rodgers, 2017), les mêmes techniques de recensement peuvent être utilisées à la grandeur du continent. Nous avons ainsi intégré les outils utilisés par l'ensemble des États et provinces afin de considérer les méthodes qui pourraient être applicables au Québec.

Outils utilisés au Québec

Le Québec utilise actuellement plusieurs outils pour suivre les populations d'orignaux, soit 1) la tendance de la population, 2) l'abondance de la population, 3) la productivité, 4) le taux d'exploitation, 5) les causes de mortalité autres que la chasse et 6) les maladies. Le principal outil pour l'évaluation de l'abondance et la caractérisation de la population est l'inventaire aérien. Celui-ci est effectué périodiquement dans la plupart des zones de chasse. Typiquement, la première étape d'un inventaire consiste à survoler des parcelles de 60 km² le long de lignes de vol équidistantes de 500 m afin de cartographier les réseaux de pistes. Lors d'une deuxième étape, une certaine proportion des réseaux de pistes détectés lors de la première phase est survolée afin de noter le sexe et la classe d'âge (adulte de 1,5 an et plus, faon) de tous les individus. Les inventaires aériens permettent de calculer plusieurs attributs des populations d'orignaux, notamment la densité, l'abondance, le rapport des sexes chez les adultes, le nombre de faons par 100 femelles adultes, le taux d'exploitation (lorsque la récolte de l'automne précédent est connue) et le taux d'accroissement apparent.

Au Québec, l'enregistrement des orignaux récoltés à la chasse sportive est obligatoire. Lors de l'enregistrement, plusieurs données sur l'animal récolté sont notées dans le formulaire d'enregistrement, notamment le sexe et la classe d'âge (faon ou adulte) de l'individu, la présence de lait chez les femelles adultes et la coordonnée géographique du site de récolte. De plus, lorsque requis, les incisives sont prélevées chez un sous-échantillon aléatoire d'individus afin de déterminer précisément leur âge. Par la suite, ces données permettent de calculer, pour chaque zone de chasse, une série d'indicateurs de suivi tels que l'âge moyen des mâles et des femelles, le pourcentage de mâles adultes et d'individus de 1,5 an, le nombre de faons mâles par 100 faons femelles et le nombre de faons par 100 femelles. Finalement, un décompte des tiques présentes sur l'animal peut également être effectué aux stations d'enregistrement.

Dans chaque zone de chasse, la densité est calculée sur l'ensemble de l'habitat considéré comme propice aux orignaux (l'ensemble de la zone excluant certaines zones agricoles et urbanisées, certaines zones périurbaines et agroforestières, les grands plans d'eau et les hauts sommets) afin d'obtenir une estimation plus juste de leur abondance. Finalement, les accidents routiers impliquant les orignaux sont également compilés et utilisés comme indicateur de tendance des populations par certaines régions.

Outils utilisés dans les États ou provinces ayant une population d'orignaux établie

Nous avons consulté les plans de gestion et l'information mise à disposition par les autorités responsables de la gestion de la faune afin de déterminer les outils utilisés par les 30 territoires ayant des populations d'orignaux établies en Amérique du Nord. Dix-huit de ces territoires sont des États américains, soit l'Alaska, le Colorado, le Connecticut, l'Idaho, le Maine, le Massachusetts, le Michigan, le Minnesota, le Montana, le New Hampshire, New York, le Dakota du Nord, l'Oregon, l'Utah, le Vermont, Washington, le Wisconsin et le Wyoming, et douze sont des provinces ou territoires canadiens, soit l'Alberta, la Colombie-Britannique, le Manitoba, le Nouveau-Brunswick, la Nouvelle-Écosse, le Nunavut, l'Ontario, le Québec, la Saskatchewan, Terre-Neuve-et-Labrador, les Territoires du Nord-Ouest et le Yukon (Figure 2).

Le nombre d'outils utilisés pour suivre les populations d'orignaux varie entre les États ou provinces (Figure 3). Pour les populations d'orignaux inférieures à 30 000 individus, les États ou provinces utilisent en

moyenne sept outils pour les populations en diminution, quatre outils pour les populations en croissance et trois outils pour les populations stables (Tableau 1). Les États ou provinces dont les populations d'orignaux sont faibles et en déclin investissent ainsi plus d'effort pour assurer leur suivi. Si on enlève ces populations en déclin, le nombre d'outils est corrélé avec la taille de la population d'orignaux (Figure 3).

En considérant l'ensemble des territoires, 16 outils différents sont utilisés par un ou plusieurs États ou provinces afin de suivre les populations d'orignaux (Figure 4). Les outils les plus répandus sont le suivi de la récolte, les inventaires aériens et les OPUE.

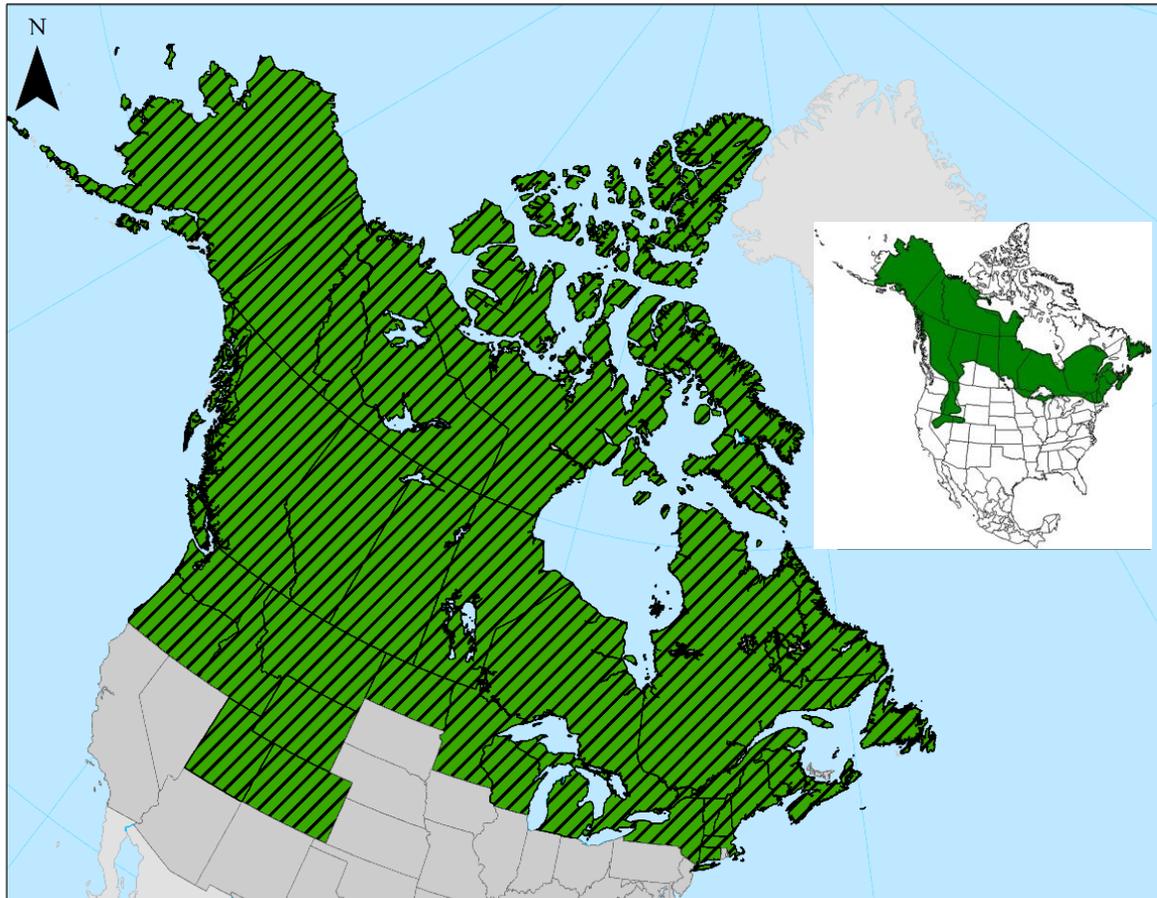


Figure 2 Provinces et États pour lesquels les outils utilisés dans la gestion de l'orignal ont été déterminés par l'entremise de la littérature et des sites Internet des ministères concernés. L'encadré représente la distribution de l'orignal en Amérique du Nord.

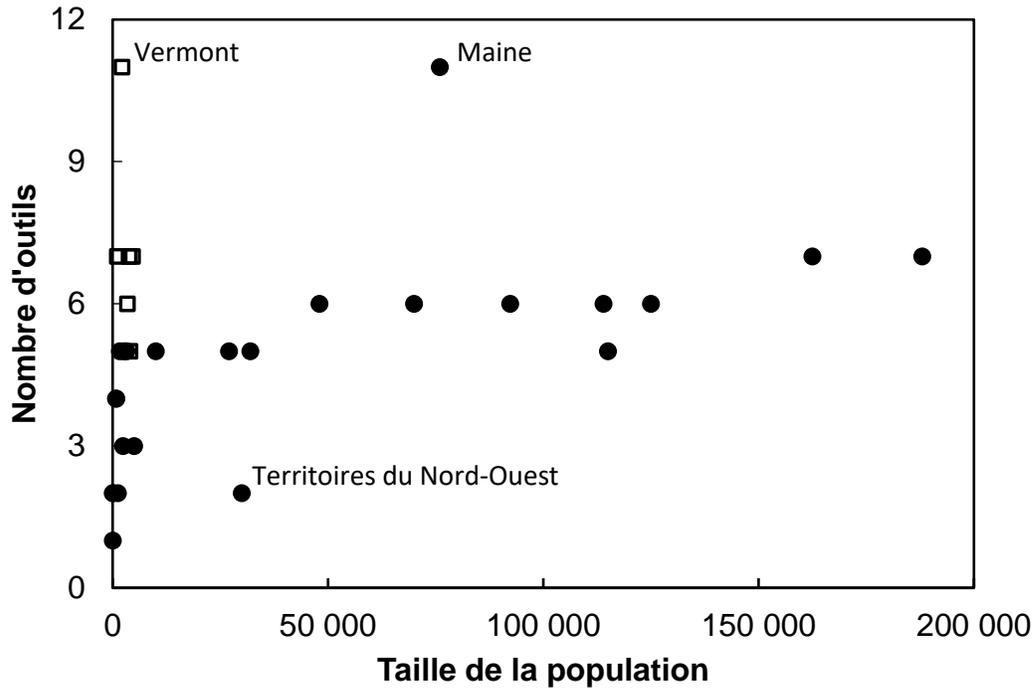


Figure 3 Relation entre le nombre d'outils utilisés pour le suivi de l'orignal et la taille de la population d'originaux pour les 30 États ou provinces ayant des populations d'originaux établies en Amérique du Nord. Les données pour les populations en déclin dont l'abondance est inférieure à 30 000 originaux sont indiquées par des carrés vides.

Tableau 1 Outils utilisés par les provinces ou États ayant des populations d'originaux inférieures à 30 000 individus selon la tendance de la population

Outil	Tendance des populations		
	Stable	En croissance	En diminution
Récolte	X	X	X
Inventaire aérien	X	X	X
OPUE	X	X	X
Maladies		X	X
Prélèvement de dents	X		X
Accidents routiers	X		X
Suivi télémétrique		X	X
Habitat			X
Modélisation		X	
Observations	X	X	X
Crottins			X

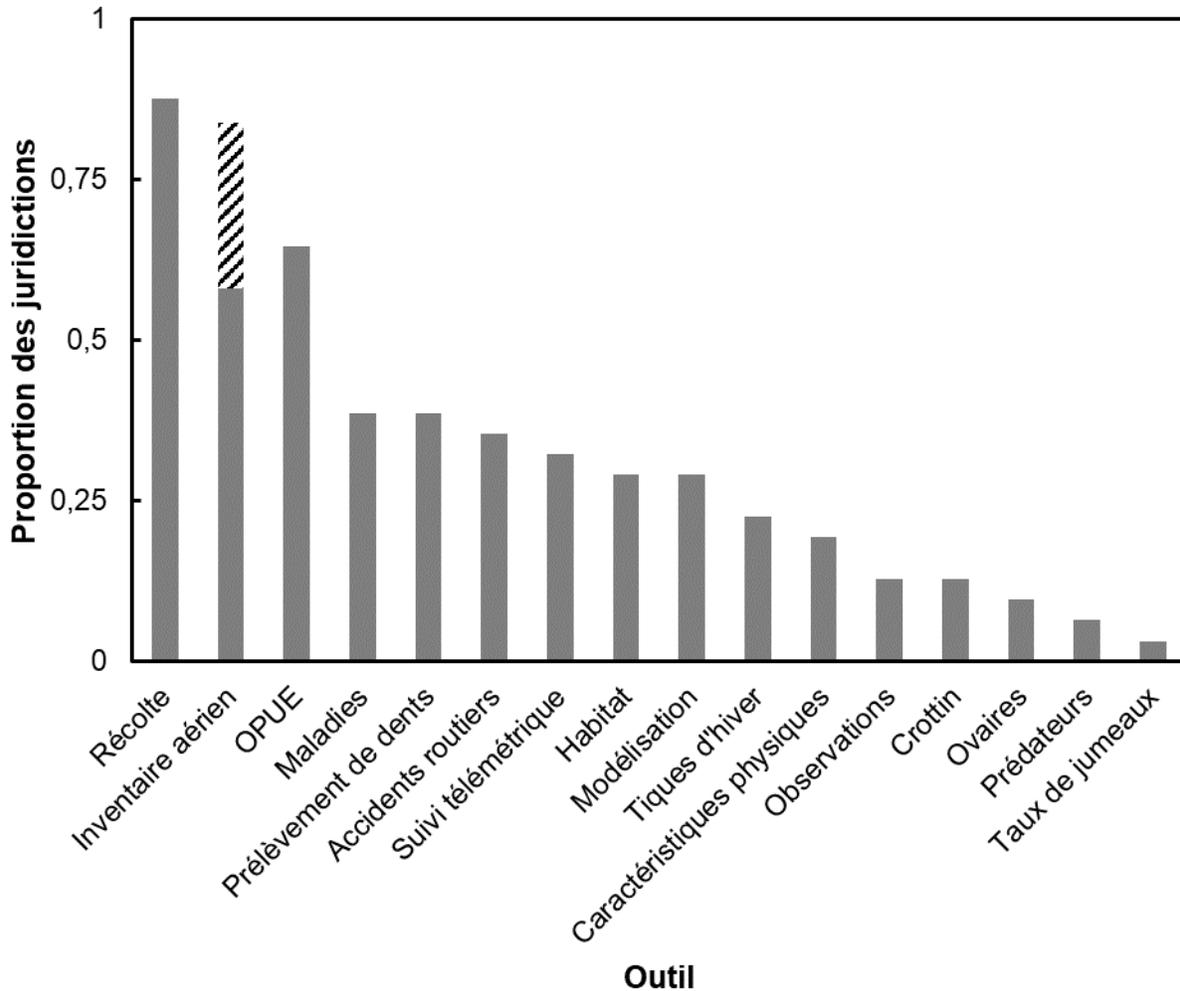


Figure 4 Proportion des 30 États ou provinces ayant des populations d'orignaux établies utilisant les outils pour assurer le suivi et la gestion de cette espèce en Amérique du Nord. La partie hachurée représente la proportion des États ou provinces qui effectuent un inventaire aérien complet de leur territoire.

Récolte

Le nombre d'orignaux récoltés annuellement est une donnée relativement facile à obtenir qui est utilisée par presque tous les États et provinces où la chasse est permise. Les données de récolte peuvent fournir différentes informations sur l'état de la population. Au Québec, la récolte d'orignaux est comptabilisée depuis 1955. Les indices les plus fréquemment utilisés sont :

- Le nombre de faons par 100 femelles dans la récolte, donnant un indice de la productivité de la population;
- La récolte totale, donnant un indice de la tendance de la population lorsque les modalités et le nombre de chasseurs ne varient pas;
- Le nombre d'orignaux récoltés par 10 km², décrivant le taux d'exploitation lorsque la densité totale est connue;
- Le pourcentage de mâles dans la récolte, permettant d'évaluer le taux d'exploitation;
- Le succès de récolte, donnant un indice de la tendance de la population.

Inventaire aérien

Les inventaires aériens permettent de documenter plusieurs caractéristiques de la population en plus d'évaluer la distribution des orignaux à une échelle plus fine. En effet, lors du survol, le nombre, le sexe et la classe d'âge (faon ou adulte) des individus observés sont notés. Cela permet d'estimer l'abondance de la population, le rapport des sexes, ainsi que le ratio de faons par rapport aux femelles adultes permettant d'évaluer la productivité de la population (Gasaway et coll., 1986; Heard et coll., 2008). Au Québec, des inventaires aériens ont été effectués dans la plupart des zones de chasse depuis la mise en place d'un plan quinquennal en 1987.

Observations par unité d'effort (OPUE)

Les OPUE permettent, en théorie, d'avoir une estimation plus précise de la tendance de la population que celle obtenue par la récolte ou le succès de chasse seuls (Schmidt, 2005). En effet, deux chasseurs ayant eu du succès auront probablement vu un nombre différent d'orignaux au cours de leur chasse. Dans ce cas, la récolte et le succès de chasse donneront la même information pour les deux chasseurs, mais les OPUE différeront. Les OPUE sont relativement faciles et peu dispendieuses à récolter. De plus, les chasseurs se sentent valorisés, ce qui favorise l'acceptabilité de cet indicateur. C'est pourquoi il est de plus en plus utilisé par les gestionnaires de la faune (Ericsson et Wallin, 1999; Solberg et Saether, 1999; Kindberg et coll., 2009). Le succès de cette approche repose par contre sur la participation et l'intérêt des chasseurs ainsi que sur la standardisation de la méthodologie utilisée pour comptabiliser l'effort et les observations des chasseurs. Au Québec, la majorité des territoires fauniques structurés comptabilisent annuellement les OPUE. Cette donnée est également périodiquement prélevée dans certaines zones de chasse par l'entremise de sondages envoyés aux chasseurs.

Maladies

Puisque les cerfs peuvent être porteurs du ver des méninges, bénin chez eux, mais causant souvent la mort des orignaux infectés (Anderson, 1972), certains États ou provinces suivent et limitent la densité des cerfs dans les régions de chevauchement entre les deux espèces. Par exemple, le Manitoba évalue l'occurrence du ver des méninges dans les populations de cerfs de Virginie afin de suivre le risque potentiel de transmission pour les populations d'orignaux. D'autres États ou provinces demandent aux chasseurs de leur envoyer la tête ou des tissus de leur orignal récolté afin de déterminer l'occurrence de ce parasite ou d'autres maladies comme la douve du foie ou la maladie débilitante chronique. Au Québec, il n'existe pas de protocole systématique pour déceler les maladies chez les orignaux, mais certains cas suspects sont annuellement validés. Un suivi plus intensif des maladies pourrait être pertinent dans certaines régions pour établir leur prévalence, mais son utilité pour la gestion des populations d'orignaux serait limitée si un plan d'action n'est pas élaboré.

Prélèvement de dents

Le prélèvement d'incisives des orignaux récoltés sert à évaluer leur âge par le comptage des anneaux de croissance dans les couches de cément (Sergeant et Pimlott, 1959; Ouellet, 1977; Gasaway et coll., 1978). Cela permet d'estimer plus exactement diverses variables tels le nombre de faons par 100 femelles adultes, le pourcentage d'individus âgés de 1,5 et de plus de 1,5 an, ainsi que l'âge moyen des mâles et des femelles. Ces analyses fournissent un indice du taux d'exploitation de la population. Au Québec, le prélèvement de dents n'est pas systématique, mais est effectué annuellement dans certaines zones de chasse.

Accidents routiers

Le nombre d'accidents routiers impliquant les orignaux est reconnu comme un indicateur secondaire de la tendance de la population (Seiler, 2004). Cet indicateur est peu dispendieux, mais il peut varier grandement d'une région à l'autre ou d'une année à l'autre, sans toutefois que cela soit lié à l'abondance de la population. Par exemple, la qualité de l'enregistrement systématique des accidents routiers, la création de nouvelles routes, la mise en place de mesures d'atténuation des accidents routiers ou l'augmentation du

trafic pourraient faire varier le nombre d'accidents routiers sans qu'il y ait un changement d'abondance d'orignaux. Au Québec, le nombre d'accidents routiers impliquant l'orignal est récolté par certaines régions.

Suivi télémétrique

L'utilisation de colliers émetteurs permet d'acquérir des informations sur la dynamique des populations d'orignaux (les causes de mortalité, la productivité des femelles, l'âge à la première reproduction, le taux de survie, la tendance des populations; Stenhouse et coll., 1995). Il est également possible d'utiliser le suivi télémétrique pour mesurer la fréquentation et l'utilisation de l'habitat (Osko et coll., 2004). Le suivi par télémétrie permet donc d'accroître significativement les connaissances sur la dynamique des populations et d'améliorer la gestion d'une espèce, mais demande beaucoup de temps et d'argent. Par conséquent, cet indicateur est principalement utilisé lorsque les autres indicateurs sont insuffisants pour comprendre les fluctuations dans une population. Au Québec, plusieurs suivis télémétriques visant à répondre à diverses problématiques ont été effectués (par exemple Laurian et coll., 2000; Dussault et coll., 2004; Leblond et coll., 2010).

Habitat

Lorsqu'il atteint de fortes densités, l'orignal peut avoir des effets importants et néfastes sur la régénération forestière dus au surbroutement et ainsi avoir un impact considérable sur son habitat (Bédard et coll., 1978; McInnes et coll., 1992; Persson et coll., 2005; Rae et coll., 2013). Le suivi de l'habitat de l'orignal permet de déterminer quand la population s'approche de la capacité de support du milieu et ainsi de réagir afin d'éviter la poursuite de la dégradation de l'habitat et la diminution subséquente, voire la disparition des populations. Le Québec possède quelques outils pour déterminer la qualité de l'habitat de l'orignal comme l'outil Faune-MQH. Cet indicateur de qualité de l'habitat utilise ArcGIS pour attribuer une valeur de qualité pour la nourriture, basée sur la densité des essences feuillues dans la strate arbustive, et pour l'entremêlement entre l'abri et la nourriture, basée sur la surface terrière des arbres résineux (Massé et coll., 2013). De plus, plusieurs études évaluant la sélection de l'habitat ou l'effet de traitements sylvicoles ont été effectuées au Québec (par exemple Crête, 1989; Dussault et coll., 2005; Jacqmain et coll., 2008; De Vriendt et coll., 2020) ou sont en cours, mais une approche provinciale intégrant la disponibilité de l'habitat dans la gestion de l'orignal n'a pas encore été développée. Il est toutefois important d'intégrer les besoins de l'orignal dans la planification forestière afin de restreindre les dommages aux peuplements forestiers et de minimiser les fluctuations dans les densités d'orignaux (Milner et coll., 2013; Schremp et coll., 2019).

Modélisation

Certains États ou provinces (Alberta : Boyce et coll., 2012; Colorado : Vieira, 2006; Maine : Lee Kantar, communication personnelle; Michigan : Drummer et Aho, 1998; Minnesota : Giudice et coll., 2011; Terre-Neuve-et-Labrador : Ferguson, 1993; Vermont : Koitzsch, 2002; Wyoming : Anderson et Lindzey, 1996) ont développé des modèles permettant de suivre l'évolution des populations d'orignaux en utilisant des données qui leur sont facilement accessibles comme les statistiques de récolte, les OPUE des chasseurs, les observations des citoyens ou la qualité de l'habitat. Cette méthode demande un investissement initial afin de créer le modèle et lors de la réévaluation du modèle après quelques années, mais elle demande moins d'énergie pour assurer le suivi des populations par la suite. Ces modèles ont souvent une précision variable et sont donc principalement utilisés pour suivre les tendances des populations. Au Québec, la modélisation s'effectue de façon ponctuelle pour répondre à des questions précises et locales.

Tiques d'hiver

La présence de tiques sur les orignaux est de plus en plus utilisée dans le suivi des populations d'orignaux. Cette information est généralement récoltée lors de l'enregistrement, lors de la capture pour l'installation de colliers émetteurs ou en demandant aux chasseurs de fournir un échantillon de peau, comme cela est entre autres fait au Québec depuis 2012. Jusqu'à maintenant, le suivi de la tique d'hiver a mis en lumière des variations importantes dans la prévalence du parasite dans les différentes zones de

chasse du Québec (Figure 5). Une analyse des données est en cours dans le cadre du projet de recherche sur les relations tique-original-climat.

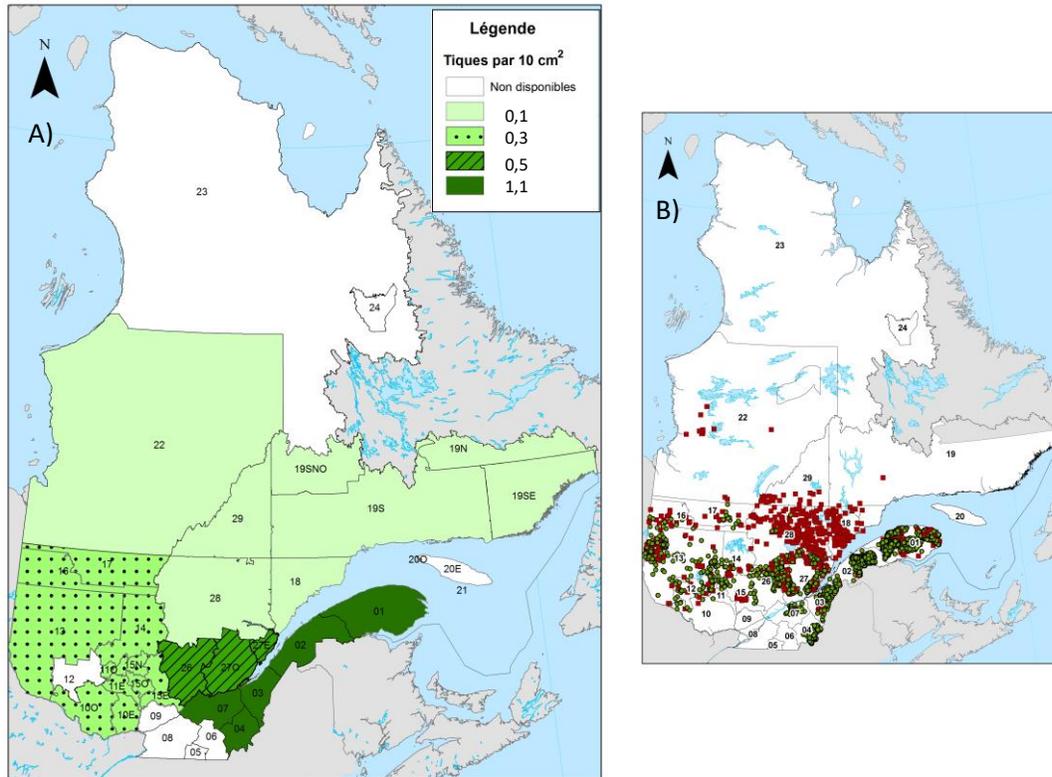


Figure 5 Prévalence de la tique d'hiver chez l'original au Québec entre 2012 et 2018 selon le dénombrement effectué lors de l'enregistrement des orignaux par le ministère. A) Les densités de tiques ont été déterminées dans quatre secteurs en utilisant les données log-transformées dans une analyse de modèle linéaire en considérant la date de mortalité de l'original comme variable indépendante et l'année comme variable aléatoire. B) Dans le sud du Québec, le ministère a dénombré des tiques (vert) chez la majorité des orignaux tandis que vers le nord, la majorité des orignaux étaient exempts de tiques (rouge).

Caractéristiques physiques

Plusieurs États ou provinces utilisent certaines caractéristiques physiques pour évaluer la condition d'un individu ou d'une population. Ces données sont généralement prises lors de l'enregistrement de l'animal. Le poids de la carcasse est utilisé pour évaluer la condition physique de l'individu tandis que le diamètre et la taille des bois permettent d'évaluer la qualité des mâles, fournissant ainsi une information sur la qualité de l'habitat sous certaines conditions. La présence de lait dans les mamelles peut également être déterminée lors de la récolte afin d'évaluer la productivité des femelles au sein de la population. Par contre, cette donnée sous-estime la productivité réelle, car une femelle ayant perdu son jeune peu de temps après la mise bas ne produira plus de lait lors de la période de chasse. Au Québec, la présence de lait est demandée aux chasseurs lors de l'enregistrement. La confiance des biologistes régionaux dans cette donnée est toutefois modérée, car il n'est pas facile d'évaluer la présence de lait sans formation. L'utilisation de cette donnée pourrait être améliorée en ajoutant l'option « ne sait pas » aux questions posées aux chasseurs lors de l'enregistrement.

Observations simples

Certains États et provinces comptabilisent les observations d'orignaux rapportées par le public sans que l'effort de recherche soit connu. Cet indicateur est utilisé principalement par les États où la densité des populations d'orignaux ne permet pas la récolte. Par contre, cet indicateur ne donne pas de bons résultats pour suivre la tendance de la population car, à mesure que l'excitation de voir un nouvel orignal se dissipe, l'effet d'entraînement diminue et les gens sont moins susceptibles de rapporter leurs observations (LaBonte 2011). Au Québec, considérant les densités d'orignaux dans la plupart des régions, cette donnée n'aiderait pas à prendre des décisions dans la gestion de l'espèce.

Crottins

Les crottins d'orignaux sont utilisés par certains États et provinces pour deux raisons. Premièrement, ils sont utilisés pour évaluer la présence de parasites (p. ex. le ver des méninges) ou de certaines maladies (p. ex. la maladie débilitante chronique). Deuxièmement, pour certaines populations à faible densité, le décompte de crottins permet d'évaluer la présence et l'abondance locale d'orignaux. Toutefois, selon les répondants, le taux de défécation journalier peut varier en fonction du régime alimentaire et la période de ravage doit être connue afin d'optimiser le temps de recherche. Au Québec, l'analyse de crottins a été utilisée lors de certaines études (par exemple Christopherson et coll., 2019), mais ne l'est pas dans la gestion provinciale de l'espèce.

Ovaires

Le décompte du nombre de corps jaunes et blancs dans les ovaires permet de déterminer le nombre d'ovules produits lors de la dernière reproduction (Simkin, 1965) et donne une idée du nombre de faons que la femelle a pu avoir au cours des dernières années bien que le taux de fécondation ne soit pas connu. Cet indicateur estime donc la productivité potentielle de la population, mais n'est pas utilisé dans la gestion de l'espèce au Québec.

Prédateurs

Certaines régions évaluent l'abondance des loups, soit par un inventaire aérien ou par des questionnaires envoyés aux chasseurs, pour estimer le risque de prédation sur les orignaux. Au Québec, cet indicateur est utilisé dans une région, principalement dans les réserves fauniques.

Taux de jumeaux

L'Alaska détermine le rapport entre le nombre de femelles ayant deux faons et le nombre de femelles avec un seul faon. Cela donne une indication sur la condition physique des femelles ainsi que sur la productivité de la population. Le suivi de cet indicateur permet d'évaluer la qualité de l'habitat ainsi que la condition nutritionnelle de la population. Cet indicateur n'est pas utilisé dans la gestion de l'espèce au Québec.

Études récentes permettant de développer de nouveaux outils et de bonifier le suivi des populations

L'original est une espèce emblématique qui contribue au développement économique dans plusieurs régions. Par conséquent, chaque année, plusieurs recherches s'effectuent sur cette espèce pour améliorer les connaissances et assurer une gestion durable des populations. Ces études peuvent permettre de développer de nouveaux outils pour le suivi des populations. Il s'avère donc pertinent de faire une revue de la littérature périodiquement pour demeurer à l'affût de nouvelles approches.

Application pour le téléphone intelligent

L'Université de l'Alberta a développé une application pour le téléphone intelligent afin de recueillir les observations des chasseurs (Boyce et Corrigan, 2017). Cette application simplifie l'acquisition des OPUE, permet de diminuer la fréquence des inventaires aériens et a le potentiel d'améliorer l'étendue spatiale et temporelle du suivi des populations d'originaux.

Caméra de surveillance

L'utilisation des caméras de surveillance dans la gestion de la faune peut contribuer à documenter la présence ou l'absence d'une espèce sur une superficie donnée. Lorsque l'information peut difficilement être obtenue par des moyens traditionnels comme la récolte, l'utilisation des caméras de surveillance s'avère avantageuse (Bubnicki et coll., 2016). Ces caméras offrent des possibilités de suivis complémentaires à certains suivis traditionnels tels que l'estimation de la productivité, du recrutement, des tendances démographiques ou de l'utilisation des ressources (Caravaggi et coll., 2018; McCarthy et coll., 2018). Toutefois, les analyses d'estimation d'abondance nécessitent actuellement un développement, des connaissances et des analyses supplémentaires. Lors d'un atelier sur l'utilisation de caméras de surveillance du ministère en 2019, certaines lacunes ont été soulevées telles que l'incertitude sur la validité des suppositions des modèles, les données biologiques non disponibles, les sources d'erreur multiples et le développement nécessaire des méthodes. Au Québec, plusieurs études ont utilisé des caméras de surveillance (par exemple Lesmerises et coll., 2017; Bissonnette et coll., 2018; Jaeger et coll., 2019).

Chiens de détection

Des chercheurs de l'Université de Cornell dans l'État de New York ont formé des chiens pour détecter les crottins d'originaux (Kretser et coll., 2016). Cet indicateur permet d'estimer la taille de la population, le mode d'utilisation de l'habitat ainsi que le régime alimentaire des originaux. Cette méthode peut être également employée dans les petites populations pour remplacer les inventaires aériens afin de diminuer les coûts ou lorsque les conditions météorologiques ne les permettent pas.

Combinaison d'indicateurs

Parfois, la combinaison de plusieurs indicateurs donne de meilleurs résultats que s'ils sont utilisés individuellement. Par exemple, en Suède, la combinaison des OPUE avec l'inventaire des groupes de crottins donnait un indicateur ayant une puissance comparable à celle des inventaires aériens (Månsson et coll., 2011). Cela peut conférer un avantage pour réduire le coût du suivi sans compromettre la qualité des données.

Conditions météorologiques

La productivité peut être fortement influencée par le moment de sortie des nouvelles pousses de la végétation ainsi que par la qualité de la nutrition estivale et par les conditions hivernales. Par conséquent, il peut être important d'intégrer les conditions météorologiques printanières et estivales dans le suivi des populations (Brown, 2011).

Faux négatifs et faux positifs

Lorsque l'on utilise les OPUE pour suivre les populations fauniques, il faut considérer les faux négatifs et les faux positifs. Les faux négatifs arrivent lorsque les individus d'une espèce ne sont pas détectés dans un endroit où ils sont présents tandis que les faux positifs se produisent lorsqu'une espèce n'est pas correctement identifiée, si bien qu'elle est détectée dans une région où elle est absente. Certaines études ont développé des modèles pour considérer ces types d'erreurs (Miller et coll., 2011).

Gestion adaptative

La gestion adaptative est un procédé d'essais et erreurs. Cette méthode définit notre compréhension des populations comme une hypothèse et les interventions de gestion comme des prédictions. Elle peut se subdiviser en cinq étapes : 1) développer des objectifs de gestion clairs; 2) fixer des cibles quantifiables lorsque l'objectif est atteint; 3) suivre la population; 4) analyser les indicateurs du suivi des populations; 5) effectuer une rétroaction et modifier les objectifs de gestion. Le processus de rétroaction est plus robuste lorsque la population est suivie par des indices indépendants comme une caractéristique individuelle (masse, taille des bois, longueur de la mâchoire, etc.) ainsi qu'un indice de la qualité de l'habitat (indice de broutement, composition de la végétation, etc.). Cela permet d'adapter les modalités de gestion en se basant sur des indices d'abondance de la population validés par des mesures de densité de population indépendantes (Apollonio et coll., 2017; Bottan et coll., 2002).

Perte de poils

Afin d'estimer l'abondance de la tique d'hiver dans une région, il est possible d'évaluer la quantité de poils perdus par les orignaux. Pour ce faire, des observateurs effectuent des inventaires le long de routes très fréquentées par les orignaux, généralement vers la fin de l'hiver et près des salines. Les orignaux observés peuvent être classés dans des catégories selon la sévérité de la perte de poils. Cet indice permet ainsi de suivre l'importance de l'effet des tiques sur les populations (Bergeron et Pekins, 2014).

Scénarios de changements climatiques

Les scénarios de changements climatiques développés par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) permettent de projeter la tendance des populations d'orignaux à moyen et à long termes. Ces projections peuvent ainsi être utilisées pour adapter les cibles de gestion actuelles en considérant les tendances futures probables (Rempel, 2012).

Indicateur de suivi et gestion des populations : utilisation, influence et perception

Démarche

Afin de mieux comprendre l'importance des outils utilisés pour suivre les populations d'orignaux, nous avons demandé l'opinion des biologistes responsables de la gestion de l'orignal qui utilisent directement les indicateurs de suivi présentés dans cette section pour planifier les modalités de gestion. Il est toutefois important de noter que, dans plusieurs zones de chasse, les membres des Premières Nations prélèvent des orignaux en vertu de leurs droits constitutionnels de chasse et de pêche (article 35 (1) de la Loi constitutionnelle de 1982). Comme le niveau du prélèvement de chasse de subsistance est méconnu dans la plupart des zones de chasse, il est probable que cela affecte la précision des analyses et la performance des indicateurs, notamment dans les zones où ce prélèvement est significatif.

Au Québec, plusieurs indicateurs sont disponibles pour effectuer le suivi des populations d'orignaux. Par contre, leur utilisation n'est pas uniforme entre les régions et certaines caractéristiques locales peuvent influencer l'intérêt et l'efficacité de ces indicateurs. Afin de connaître les indicateurs de suivi utilisés par chacune des régions ainsi que l'influence de ceux-ci lors de la prise de décisions, un sondage a été envoyé aux 11 biologistes responsables de la gestion de l'orignal dans les différentes régions du Québec.

Le sondage (annexe 1) a permis d'énumérer tous les indicateurs utilisés pour suivre les populations d'orignaux et de décrire huit caractéristiques : 1) la fréquence d'utilisation de l'indicateur; 2) le coût et 3) le temps liés à l'acquisition de l'indicateur; 4) la fiabilité perçue de l'indicateur; 5) l'influence de l'indicateur dans la prise de décision; 6) les variables prédites par l'indicateur; 7) l'impact de la chasse sélective des femelles (alternance) sur l'utilité et l'interprétation de l'indicateur; 8) les limites de l'indicateur.

Un sondage comparable à celui utilisé pour la province de Québec a également été envoyé aux États et provinces voisins (annexe 2, Figure 6). Celui-ci a permis de recueillir de l'information sur les indicateurs utilisés, les variables prédites par l'indicateur, la fiabilité perçue de l'indicateur ainsi que son influence dans la prise de décision. Cela a servi à dresser un bilan des méthodes employées pour le suivi des populations d'orignaux dans les régions voisines et à évaluer la possibilité d'utiliser de nouveaux indicateurs pour la gestion des populations au Québec.

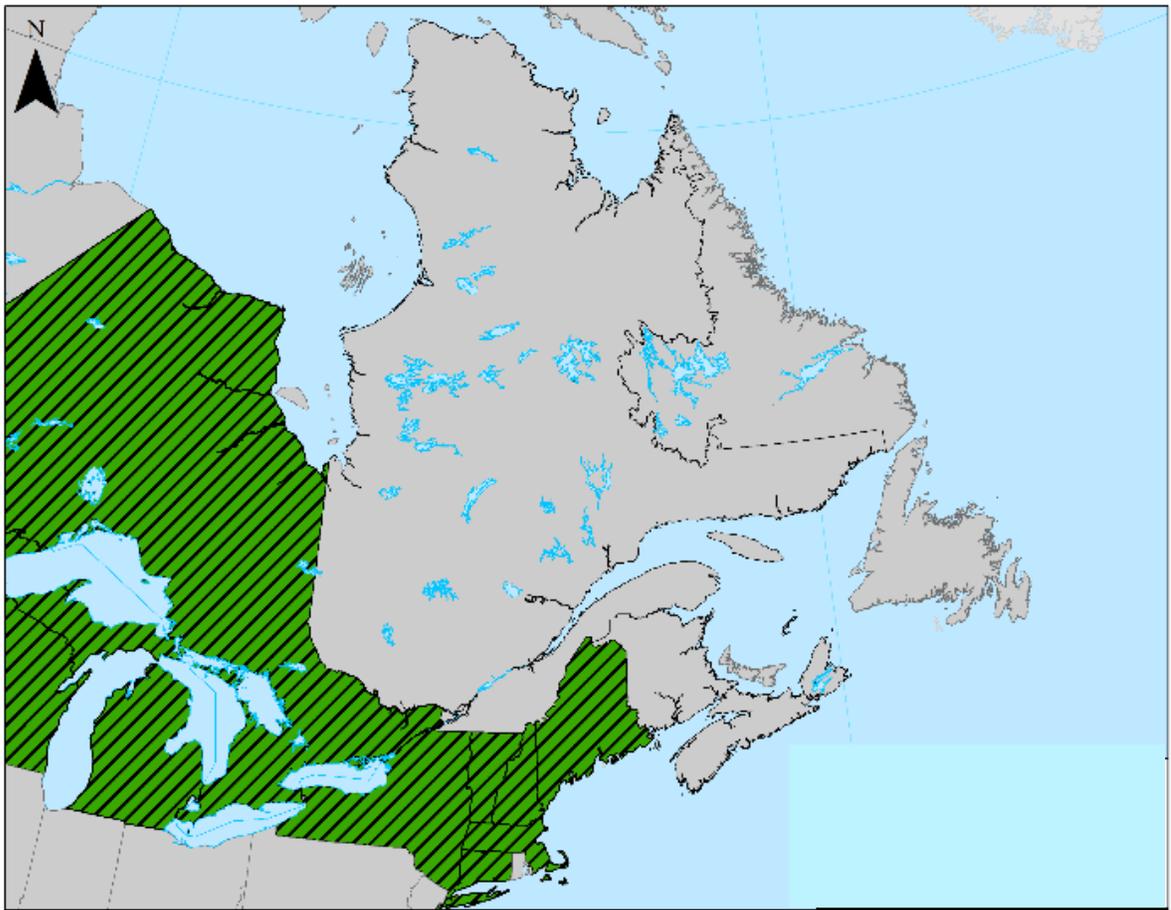


Figure 6 Provinces et États sondés pour évaluer l'influence des indicateurs utilisés dans la gestion de l'orignal

Au Québec

Les biologistes responsables de la gestion de l'orignal au Québec utilisent 23 indicateurs pour le suivi des populations. Par contre, seulement 17 indicateurs sont employés par plus d'une région. L'inventaire aérien est l'indicateur le plus important et fiable pour suivre les populations d'originaux, et il est également le plus fréquemment utilisé avec le succès total de chasse et la densité de récolte de mâles adultes (Figure 7). Lorsque l'on considère le poids (intégrant l'influence et la fiabilité) des indicateurs, ces trois indicateurs ainsi que la densité de récolte sont en haut de la liste. Certains indicateurs sont utilisés par presque tous les biologistes responsables de la gestion de l'orignal comme la densité de récolte, le succès de chasse aux mâles adultes et le succès total de chasse (Tableau 2) tandis que certains indicateurs ont une fréquence d'utilisation très faible comme les données des zecs, la mesure des bois chez les originaux récoltés, les observations des loups dans les réserves fauniques, le nombre de permis vendus, la récolte totale, le taux de gestation, le taux d'exploitation par segment ainsi que la densité de récolte des faons (Tableau 2). Les indicateurs sont décrits plus bas (tiré de Crête et Dussault, 1986) et classés selon la caractéristique principale de la population qu'ils traduisent selon les biologistes régionaux.

Abondance et tendance

Densité de récolte

Nombre d'originaux récoltés durant la période de chasse/10 km²
($Nbre_{originaux\ récoltés} / Superficie_{habitat} \times 10$).

Densité de récolte de mâles adultes

Nombre de mâles adultes récoltés durant la période de chasse/10 km²
($Nbre_{originaux\ mâles\ adultes\ récoltés} / Superficie_{habitat} \times 10$).

Données des zecs, des réserves fauniques et de certains territoires (jours-chasse, par orignal)

Effort ($Nbre_{jours\ chassés} / Nbre_{originaux\ récoltés}$) et succès de chasse
($Nbre_{originaux\ récoltés} / Nbre_{groupes\ de\ chasseurs}$) des chasseurs fréquentant ces territoires.

Inventaire aérien

Densité ou abondance d'originaux estimée par inventaire aérien selon la technique d'échantillonnage aléatoire stratifié, d'échantillonnage aléatoire double ou de couverture complète.

Modélisation des populations

Estimation de la densité des populations à l'aide de logiciels spécialisés déterministes comme Pop II et Simcon ou stochastiques comme Pop III et Riskman.

Mortalités par accident routier

Nombre d'accidents routiers avec dommages corporels ou matériels impliquant l'orignal. Ces données sont compilées par la Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ) ou le ministère des Transports (MTQ).

Observations par unité d'effort (OPUE)

Nombre d'originaux vus par chasseur par jour chassé ($Nbre_{originaux\ vus} / Nbre_{jours\ chassés}$).

Proportion de mâles dans la récolte des adultes

Proportion de mâles adultes ($\geq 1,5$ an) dans la récolte totale des adultes ($\geq 1,5$ an) récoltés durant la chasse ($Nbre_{\text{mâles adultes récoltés}}/Nbre_{\text{originaux adultes récoltés}}$). Cet indicateur peut être calculé en utilisant la classe d'âge déterminée lors de l'enregistrement.

Succès de chasse aux mâles adultes

Nombre d'originaux mâles adultes récoltés par permis vendu ($Nbre_{\text{mâles adultes récoltés}}/Nbre_{\text{permis vendus}}$).

Succès total de chasse

Nombre d'originaux récoltés par permis vendu ($Nbre_{\text{originaux récoltés}}/Nbre_{\text{permis vendus}}$).

Facteurs de mortalité naturelle

Observation des loups dans les réserves fauniques

Nombre de loups observés par unité d'effort dans les réserves fauniques ($Nbre_{\text{loups vus}}/Nbre_{\text{jours chassés}}$). Par contre, d'autres indicateurs semblent plus performants pour estimer la densité de loups sur un territoire comme le nombre de hurlements entendus, le nombre de traces ou de crottes observées par les chasseurs d'originaux (Crête et Messier, 1987).

Dénombrement des tiques d'hiver

Dénombrement des tiques d'hiver sur l'original aux stations d'enregistrement selon un protocole établi par le ministère responsable de la faune.

Productivité

Densité de récolte des faons

Nombre de faons récoltés durant la période de chasse/10 km² ($Nbre_{\text{faons récoltés}}/Superficie_{\text{habitat}} \times 10$).

Faons mâles par 100 faons femelles dans la récolte

Nombre de faons mâles par 100 faons femelles récoltés durant la période de chasse ($Nbre_{\text{faons mâles récoltés}}/Nbre_{\text{faons femelles récoltés}} \times 100$).

Faons par 100 femelles adultes dans la récolte

Nombre de faons récoltés par 100 femelles adultes ($\geq 2,5$ ans) durant la période de chasse ($Nbre_{\text{faons récoltés}}/Nbre_{\text{femelles récoltées}} \times 100$).

Pourcentage de 1,5 an chez les adultes ($\geq 1,5$ an)

Nombre d'originaux de 1,5 an dans la récolte totale des adultes ($\geq 1,5$ an) ($Nbre_{\text{1,5 an récoltés}}/Nbre_{\text{originaux adultes récoltés}} \times 100$).

Pourcentage de femelles en lactation

Proportion de femelles adultes ($\geq 2,5$ ans) avec présence de lait lors de l'éviscération, dans la récolte ($Nbre_{\text{femelles adultes lactantes récoltées}}/Nbre_{\text{femelles adultes récoltées}} \times 100$).

Taux de gestation

Proportion de femelles en gestation parmi les mortalités liées aux accidents routiers en hiver.

Taux d'exploitation

Âge moyen des femelles adultes

Âge moyen des femelles adultes ($\geq 1,5$ an) estimé à la suite de l'échantillonnage des dents aux stations d'enregistrement. L'âge moyen des orignaux sera plus faible dans une population fortement exploitée.

Âge moyen des mâles adultes

Âge moyen des mâles adultes ($\geq 1,5$ an) estimé à la suite de l'échantillonnage des dents aux stations d'enregistrement. L'âge moyen des orignaux sera plus faible dans une population fortement exploitée.

Permis

Nombre de permis vendus par zone de chasse. Cet indicateur donne une information sur la pression et l'intérêt de l'activité. Il permet également de calculer le succès de chasse.

Pourcentage de 2,5 ans chez les adultes ($\geq 2,5$ ans)

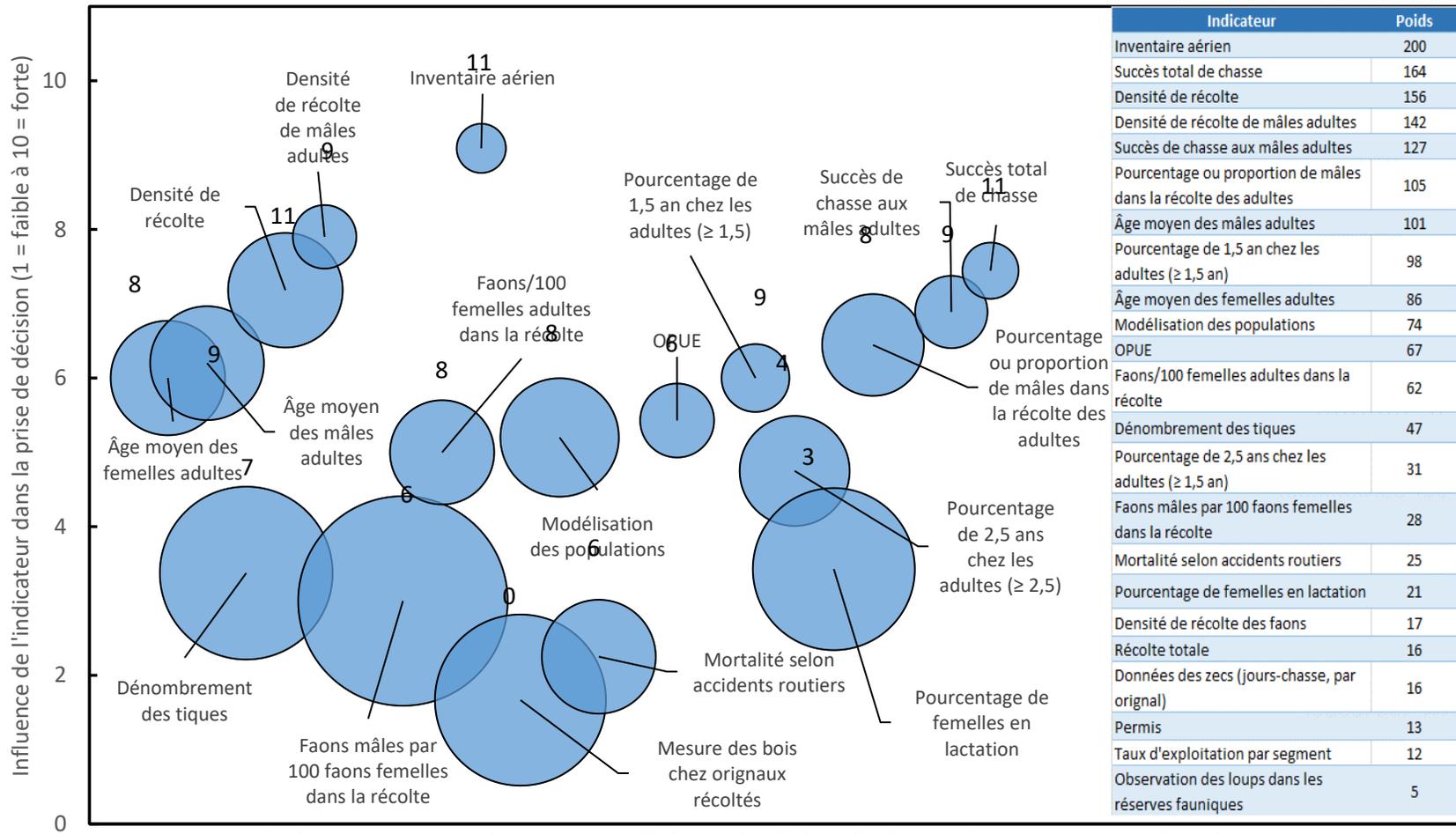
Nombre d'orignaux de 2,5 ans et plus dans la récolte totale des adultes ($\geq 2,5$ ans) ($Nbre_{2,5 \text{ ans et plus récoltés}} / Nbre_{\text{orignaux adultes récoltés}} \times 100$).

Récolte totale

Nombre d'orignaux récoltés par zone de chasse.

Taux d'exploitation par la chasse sportive par segment

Nombre d'orignaux récoltés par la chasse sportive selon le nombre disponible ($Nbre_{\text{orignaux récoltés}} / Nbre_{\text{orignaux estimé}}$). Cet indicateur est utilisé pour expliquer le déclin de l'original dans la zone de chasse. Il permet également d'évaluer les demandes de permis pour les femelles ou lors de l'établissement des quotas pour les pourvoiries.



Le diamètre du cercle représente la variabilité de la fiabilité de l'indicateur. Les cercles sont présentés par ordre alphabétique en abscisse.

Figure 7 Influence des indicateurs utilisés par les 11 biologistes responsables de la gestion de l'orignal dans les différentes régions du Québec dans la prise de décision pour le suivi des populations. Le diamètre du cercle représente la variabilité de la fiabilité de l'indicateur. Donc, les meilleurs indicateurs devraient être situés en haut de la figure et être illustrés par un petit cercle. Les indicateurs utilisés par un seul biologiste sont absents de la figure, mais se retrouvent dans le tableau. Le nombre de biologistes utilisant l'indicateur est inscrit dans le cercle. Le poids de l'indicateur dans les prises de décisions a été calculé avec la formule suivante : $(\text{nombre de biologistes utilisant l'indicateur}) \times [0,5 \times (\text{fiabilité} - \text{valeur de 1 à 10}) + 1,5 \times (\text{influence} - \text{valeur de 1 à 10})]$; un maximum de 220 était possible.

Tableau 2 Pourcentage d'utilisation des indicateurs employés pour suivre les populations d'orignaux au Québec par les 11 biologistes responsables de la gestion de l'original

Indicateur	Fréquence d'utilisation (nombre de biologistes)				
	Jamais	Annuelle	Plan de gestion	Irrégulière	Autre
Densité de récolte	0	91	9	0	0
Densité de récolte de mâles adultes	18	64	18	0	0
Données des zecs (jours-chasse, par original)	91	0	0	0	9
Inventaire aérien	0	0	27	64	9
Modélisation des populations	27	9	18	45	0
Mortalité selon accidents routiers	45	9	9	27	9
OPUE	45	27	0	18	9
Pourcentage ou proportion de mâles dans la récolte des adultes	27	45	18	9	0
Succès de chasse aux mâles adultes	18	82	0	0	0
Succès total de chasse	0	100	0	0	0
Observation des loups dans les réserves fauniques	91	0	0	0	9
Dénombrement des tiques	36	36	0	18	9
Densité de récolte des faons	91	9	0	0	0
Faons mâles par 100 faons femelles dans la récolte	45	18	18	9	9
Faons/100 femelles adultes dans la récolte	27	36	18	18	0
Pourcentage de 1,5 an chez les adultes ($\geq 1,5$ an)	18	55	9	9	9
Pourcentage de femelles en lactation	73	9	0	9	9
Taux de gestation	100	0	0	0	0
Âge moyen des femelles adultes	27	27	18	27	0
Âge moyen des mâles adultes	18	55	18	9	0
Pourcentage de 2,5 ans chez les adultes ($\geq 2,5$ ans)	64	18	9	0	9
Récolte totale	91	9	0	0	0
Taux d'exploitation par segment	91	0	0	0	9
Permis	91	9	0	0	0

États ou provinces voisins

Les États ou provinces voisins du Québec utilisent 16 indicateurs pour le suivi des populations d'orignaux qui permettent d'évaluer 33 caractéristiques des populations. Par contre, seulement 11 caractéristiques sont employées dans la gestion de l'orignal par plus d'un État ou d'une province. L'inventaire aérien est l'indicateur le plus important et fiable, mais les OPUE constituent celui le plus utilisé (Figure 8). Lorsque l'on considère le poids des indicateurs, la structure d'âge et le nombre de corps jaunes arrivent aux premiers rangs. Les inventaires aériens sont probablement trop dispendieux pour être utilisés sur une base régulière. Les indicateurs sont décrits plus bas et classés selon la caractéristique de la population qu'ils traduisent.

Abondance

Des indicateurs pour estimer l'abondance de la population sont utilisés par environ 90 % des provinces et États afin de suivre les populations.

Condition de l'habitat

Des inventaires de brouts sont effectués afin d'évaluer l'impact de l'orignal et du cerf sur leur habitat (Massachusetts).

Effort de chasse

Le nombre de jours chassés par orignal récolté est comptabilisé (Ontario).

Inventaire aérien

Des inventaires par avion et hélicoptère sont effectués pour dénombrer les orignaux sur un territoire (Maine, Michigan, Minnesota, New York, Ontario).

Modèle d'abondance

Des modèles linéaires généralisés ont été développés pour suivre les tendances des populations (Maine).

Modèle d'habitat

Un modèle utilisant un indice de la qualité de l'habitat pour l'orignal a été développé pour projeter l'abondance des orignaux dans certains secteurs (Connecticut, New York).

Nombre d'accidents routiers

Le nombre déclaré d'orignaux impliqués dans un accident routier par zone par année est comptabilisé (Maine, Massachusetts, Michigan, New Hampshire).

Nombre de crottins

Des analyses génétiques sont effectuées sur les crottins d'orignaux pour déterminer les densités (New York).

OPUE

Les observations d'orignaux par jour chassé sont récoltées auprès des chasseurs d'orignaux ou de cerfs (Maine, Massachusetts, New Hampshire, New York, Ontario).

Succès de chasse

Le nombre d'orignaux récoltés par permis vendu est comptabilisé (Ontario).

OPUE cerfs

Les observations de cerfs de Virginie par jour chassé sont récoltées auprès des chasseurs d'orignaux ou de cerfs afin d'estimer l'abondance future des orignaux (Ontario).

OPUE prédateur

Les observations de loups par jour chassé sont récoltées auprès des chasseurs d'orignaux, de cerfs ou de loups afin d'estimer l'abondance future des orignaux (Ontario).

Capacité de support du milieu

Des indicateurs pour estimer la capacité de support du milieu sont utilisés par environ 20 % des États ou provinces afin de suivre les populations d'orignaux.

Caractéristiques des bois

La largeur, perpendiculaire à la tête, entre les bois des orignaux de 1,5 an est utilisée comme indicateur des ressources disponibles afin d'évaluer la densité relative à la capacité de support de l'habitat (Maine).

Nombre de corps jaunes

Lorsque la récolte des femelles est permise, les ovaires sont récoltés pour déterminer le nombre de corps jaunes. Cet indice sert à évaluer les ressources disponibles et la densité relative à la capacité de support de l'habitat (Maine, New Hampshire).

Taux de jumeaux

Le taux de jumeaux observé dans la population est utilisé comme indicateur des ressources disponibles et sert à évaluer la densité relative à la capacité de support de l'habitat (New Hampshire).

Comportement

Un État utilise des indicateurs basés sur le comportement d'orignaux marqués pour suivre ses populations.

Effet du climat

Une étude évalue les mouvements des orignaux adultes munis d'émetteurs et leur utilisation de la végétation pour suivre l'effet des conditions climatiques sur la condition, la capacité nutritionnelle et l'utilisation de l'habitat (Minnesota).

Distribution

Des indicateurs servant à évaluer la distribution des orignaux sur le territoire sont utilisés par environ 30 % des États et provinces afin de suivre les populations d'orignaux.

Identification par photos

Un projet intégrant la science collaborative (SNAP SHOT Wisconsin) a été développé afin de compiler les photos prises par les caméras de chasse des citoyens pour localiser les orignaux observés (Wisconsin).

Nombre d'observations

Le nombre d'observations d'orignaux par les citoyens est comptabilisé via le site Internet du ministère responsable de la faune (Wisconsin).

OPUE

La localisation des orignaux observés par jour par les chasseurs de cerfs est utilisée pour déterminer la présence de l'espèce sur le territoire (New Hampshire).

Effet des tiques

Des indicateurs estimant l'effet des tiques sont utilisés par environ 45 % des États et provinces afin de suivre les populations d'orignaux.

Nombre de tiques

Les tiques sont dénombrées par la méthode des transects dans le pelage au cours du mois d'octobre (Maine, New Hampshire).

Proportion de poils perdus

Lors d'inventaires routiers ou à partir de photos prises par des citoyens, les orignaux sont classés selon des catégories de perte de poils pour évaluer l'effet des tiques (Minnesota, New Hampshire, Ontario).

Productivité

Des indicateurs évaluant la productivité des orignaux sont utilisés par environ 20 % des États et provinces afin de suivre les populations d'orignaux.

Taux de cadmium

Le taux de cadmium dans le foie des orignaux est mesuré tous les cinq ans afin d'évaluer l'impact sur la productivité et de surveiller le risque pour la consommation humaine (New Hampshire).

Taux de reproduction

Le taux de reproduction de la population d'orignaux est évalué à partir d'individus munis de colliers émetteurs (New York).

Qualité de l'habitat

Des indicateurs estimant la qualité de l'habitat sont utilisés par environ 80 % des États et provinces afin de suivre les populations d'orignaux.

Qualité de l'habitat

La quantité de nourriture disponible ainsi que l'accessibilité au territoire sont utilisées afin d'évaluer la qualité de l'habitat (Maine, Massachusetts, Ontario).

Effet du climat

Les projections des changements climatiques sont utilisées afin d'évaluer la qualité de l'habitat (Ontario).

Modèle d'abondance

Un modèle d'abondance des orignaux a été développé afin d'établir une population minimale et d'estimer le taux de croissance futur de la population (Connecticut).

Planification forestière

La planification des coupes forestières est analysée afin d'évaluer la qualité de l'habitat pour l'orignal (Ontario).

Poids de la carcasse

Le poids de la carcasse est pris chaque année et comparé dans le temps pour évaluer les fluctuations de la qualité de l'habitat (New Hampshire).

Sélection de l'habitat

L'utilisation de l'habitat par des orignaux munis de colliers émetteurs est évaluée pour déterminer la qualité de celui-ci (Minnesota, New York).

Santé

Des indicateurs de la santé des populations sont utilisés par environ 20 % des États et provinces afin de suivre les populations d'orignaux.

Maladies

Des échantillons de sang, d'organes ou de fèces sont récoltés afin de déterminer la présence de parasites comme le ver des méninges ou les tiques (Minnesota, New York).

Taux d'exploitation

Des indicateurs du taux d'exploitation sont utilisés par environ 30 % des États et provinces afin de suivre les populations d'orignaux.

Rapport des sexes

Le ratio du nombre de mâles par 100 femelles dans la récolte et selon les inventaires aériens est utilisé pour estimer le taux d'exploitation de la population (Maine, New Hampshire).

Récolte totale

Le nombre d'orignaux récoltés annuellement est utilisé pour estimer le taux d'exploitation de la population (Ontario).

Taux de mortalité

Des indicateurs du taux de mortalité sont utilisés par environ 65 % des États et provinces afin de suivre les populations d'orignaux.

Caractéristiques des bois

Le nombre de pointes, le diamètre des merrains et la plus grande distance entre deux pointes sont utilisés pour estimer la structure d'âge des orignaux et la disponibilité des mâles pour les chasseurs (New Hampshire).

Maladies

Des échantillons de sang, d'organes ou de fèces sont récoltés afin de déterminer le taux de mortalité par maladie (Minnesota, New York).

Rapport des sexes

Le ratio du nombre de mâles par 100 femelles dans la récolte et selon les inventaires aériens est utilisé pour estimer le taux de mortalité dans la population (Maine, Michigan, Minnesota, Ontario).

Structure d'âge

La structure d'âge de la population est déterminée à partir des individus récoltés, des lectures de dents, des inventaires aériens et des OPUE (Maine, Michigan, Minnesota, New Hampshire, New York, Ontario).

Survie

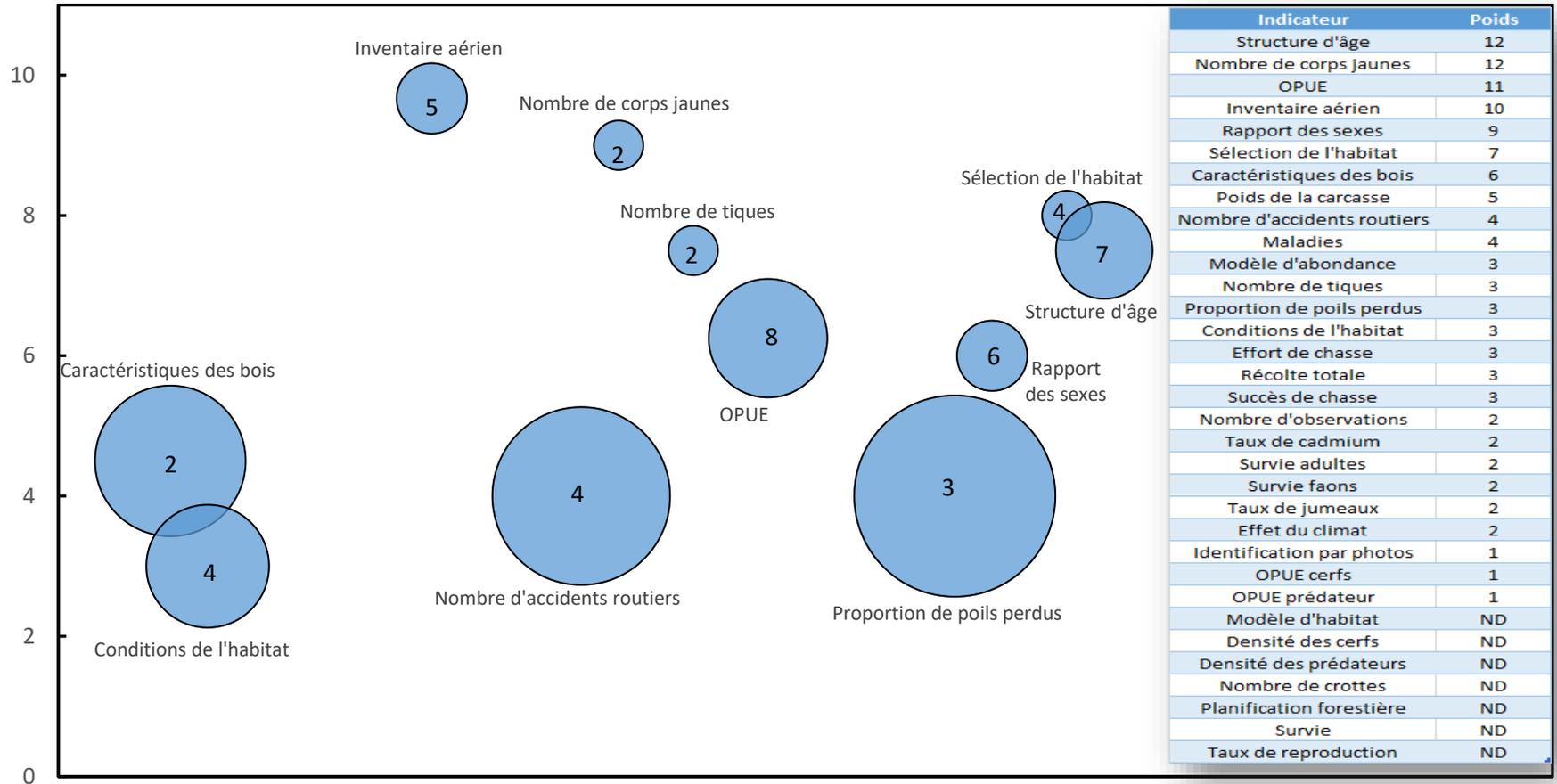
Le taux de survie global est estimé à partir des individus munis de colliers émetteurs (New York).

Survie adulte

Le taux de survie des adultes est estimé à partir des individus munis de colliers émetteurs (Minnesota, New York).

Survie faons

Le taux de survie des faons est estimé à partir des individus munis de colliers émetteurs (Minnesota).



Le diamètre du cercle représente la variabilité de la fiabilité de l'indicateur. Les cercles sont présentés par ordre alphabétique en abscisse.

Figure 8 Influence des indicateurs utilisés par les 10 États et provinces voisins du Québec dans la prise de décisions pour le suivi des populations d'originaux. Le diamètre du cercle représente la variabilité de la fiabilité de l'indicateur. Donc, les meilleurs indicateurs devraient être situés en haut de la figure et être illustrés par un petit cercle. Les indicateurs utilisés par un seul biologiste sont absents de la figure, mais se retrouvent dans le tableau. Le nombre d'États ou provinces utilisant l'indicateur est inscrit dans le cercle. Le poids de l'indicateur dans les prises de décisions a été calculé avec la formule suivante : $(\text{proportion des provinces et États utilisant l'indicateur}) \times [0,5 \times (\text{Fiabilité} - \text{valeur de 1 à 10}) + 1,5 \times (\text{Influence} - \text{valeur de 1 à 10})]$; un maximum de 20 était possible.

Principaux constats

- Les responsables de la gestion de l'orignal utilisent un plus grand nombre d'indicateurs de suivi pour les populations en décroissance que pour celles qui sont stables ou en croissance. En moyenne, quatre indicateurs sont utilisés pour faire le suivi des populations stables ou en croissance;
- Les grandes familles d'indicateurs sont 1) la tendance de la population, 2) l'abondance, 3) la productivité, 4) le taux d'exploitation, 5) la santé, 6) le taux de mortalité naturelle, 7) la capacité de support du milieu et 8) la distribution dans le paysage;
- L'inventaire aérien est l'indicateur de suivi pour lequel les biologistes responsables de la gestion de l'orignal démontrent le plus de confiance, aussi bien au Québec que dans les États et provinces voisins;
- Les indicateurs d'abondance, plus spécifiquement la récolte et le succès de chasse, sont utilisés sur une base annuelle par la majorité des biologistes responsables de la gestion de l'orignal au Québec, et le niveau de confiance à l'égard de ceux-ci est élevé;
- Le pourcentage de mâles adultes et d'individus de 1,5 an dans la récolte de même que l'âge moyen des orignaux récoltés sont les indicateurs le plus fréquemment utilisés pour évaluer le taux d'exploitation, et la confiance à l'égard de ces indicateurs varie de moyenne à élevée;
- Le nombre de faons par 100 femelles est l'indicateur le plus fréquemment utilisé pour évaluer la productivité de la population et la confiance à l'égard de cet indicateur est moyenne;
- Parmi les États et provinces voisins du Québec, il existe une grande variabilité dans les indicateurs utilisés pour la gestion de l'orignal. Les principaux indicateurs utilisés sont les OPUE pour l'abondance tandis que la structure d'âge est évaluée par la lecture d'un échantillon de dents, les OPUE ou les inventaires aériens;
- Certains indicateurs de gestion dispendieux, mais pour lesquels les biologistes responsables de la gestion de l'orignal démontrent une grande confiance, ne sont utilisés que par une minorité d'États ou de provinces (par exemple le suivi télémétrique et les lectures d'ovaires);
- Les OPUE sont peu coûteux et elles gagnent en popularité et en crédibilité dans la plupart des États et provinces;
- Certains États ou provinces utilisent des indicateurs pour documenter des problématiques particulières liées à la santé des orignaux (tiques, maladies, condition physique). L'utilisation de ces indicateurs est vouée à augmenter considérant l'émergence de ces problématiques dans diverses régions et leurs impacts sur les populations d'orignaux.

Analyse des indicateurs de suivi au Québec en lien avec les inventaires aériens

Démarche

Notre objectif était, d'une part, d'explorer les relations entre les diverses statistiques de chasse utilisées pour faire le suivi des populations d'orignaux et, d'autre part, de déterminer à quel point les statistiques de chasse permettent de prédire la densité et la structure des populations d'orignaux telles que déterminées par inventaire aérien. Pour ce faire, nous avons utilisé les statistiques de chasse et les données d'inventaire couvrant la période de 1994 à 2016. Nous avons décidé de ne pas utiliser les données antérieures à 1994, soit la première année d'application du Plan de gestion de l'orignal et de l'introduction du principe de l'alternance, notamment pour éviter d'introduire des biais liés à cet important changement dans les analyses. Les analyses ont porté sur les statistiques de chasse à l'orignal et les inventaires aériens de l'orignal réalisés à l'extérieur des réserves fauniques. En effet, les inventaires aériens dans les zones de chasse sont réalisés sur l'ensemble du territoire en excluant les réserves fauniques. Puisqu'un de nos objectifs principaux consistait à mettre en relation les statistiques de chasse avec les paramètres des populations mesurés lors des inventaires aériens, il fallait donc exclure les statistiques de chasse dans les réserves fauniques pour éviter les biais. Notre démarche est identique à celle de Courtois et coll. (1991) qui avaient fait un exercice similaire en utilisant les données de 1973 à 1990.

Données utilisées

Statistiques de chasse

L'enregistrement des orignaux récoltés par la chasse sportive est obligatoire depuis 1958 (Courtois, 1989). Lors de l'enregistrement, diverses données sont compilées tels la classe d'âge (faon ou adulte), le sexe, le lieu d'abattage, la présence de lait chez les femelles et l'arme de chasse utilisée. Ces informations sont rassemblées au niveau provincial dans le Système d'information sur la grande faune (Gauthier et Roy, 1981; Roy, 1985; Breton, 1991). Les séries historiques comprennent la date et la longueur (jours) de la période de chasse et 10 indicateurs servant à décrire les fluctuations d'abondance, de productivité et du taux d'exploitation (Courtois, 1989). Les principaux indicateurs de suivi des populations qui ont été utilisés jusqu'à maintenant sont les suivants (tiré de Crête et Dussault 1986; Tableau 3) :

Tableau 3. Indicateurs utilisés dans les analyses liées aux statistiques de chasse

Caractéristique	Indicateur
Abondance	Récolte totale
	Rendement
	Mortalités diverses
Productivité	Faons/100 femelles
	Pourcentage de femelles en lactation
	Rapport des sexes chez les faons
Niveau d'exploitation	Pourcentage de mâles chez les adultes
	Pourcentage de 1,5 an
	Âge moyen des mâles adultes
	Âge moyen des femelles adultes

Inventaires aériens

Au Québec, les inventaires aériens ont débuté en 1968. Entre 1976 et 1986, 34 inventaires de zones de chasse ont été effectués. Par contre, ce n'est qu'à partir de 1987 qu'un plan quinquennal d'inventaires

aériens, réalisé selon la méthode du double échantillonnage, a été établi (Courtois, 1989). Toutes les zones de chasse du Québec susceptibles de supporter des populations d'orignaux sont ainsi inventoriées périodiquement à l'exclusion des parcs et réserves fauniques (Courtois, 1991), qui ne font pas partie de la programmation du ministère. Toutefois, ces territoires sont tout de même inventoriés lorsque la situation le requiert.

Lors des inventaires, les observateurs identifient le sexe et la classe d'âge (faons vs $\geq 1,5$ an) des orignaux observés. Il est donc possible d'estimer la densité d'orignaux ainsi que le rapport des sexes et d'âge de la population. Les principales variables issues des inventaires aériens et utilisées pour la gestion des populations sont les suivantes :

- Densité = nombre d'orignaux $\times 10$ /superficie d'habitat survolé (km^2);
- Faons/100 femelles = nombre de faons vus $\times 100$ /nombre de femelles adultes ($\geq 1,5$ an);
- Pourcentage de mâles adultes chez les adultes = nombre de mâles adultes ($\geq 1,5$ an) $\times 100$ /nombre d'orignaux adultes ($\geq 1,5$ an).

Les résultats des inventaires aériens sont combinés aux statistiques de chasse de l'automne précédant l'inventaire pour calculer, pour les zones inventoriées, le taux d'exploitation de la population, sa productivité brute (Caughley, 1974) et un indice du taux d'accroissement apparent en l'absence de mortalité naturelle :

- Taux d'exploitation = $(\text{récolte}/10 \text{ km}^2 \times 100)/(\text{densité à l'hiver} + \text{récolte}/10 \text{ km}^2)$;
- Productivité brute = $[(\text{nombre de faons à l'hiver} + \text{nombre de faons récoltés}) \times 100]/(\text{population à l'hiver} + \text{récolte totale})$;
- Taux d'accroissement apparent = productivité brute - taux d'exploitation.

Analyses statistiques

Analyses en composantes principales

L'analyse en composantes principales (ACP) a été utilisée pour mettre en relation les statistiques de chasse et déterminer les corrélations qui existent entre elles. Ce type d'analyse simplifie une base de données comportant plusieurs variables en calculant de nouvelles variables, appelées axes principaux, corrélées aux variables originales. Plus spécifiquement, l'ACP (Legendre et Legendre, 1979) permet de dégager les principaux axes de variation des statistiques de chasse et d'illustrer les relations entre les variables utilisées pour le suivi des populations d'orignaux. Ainsi, le premier axe principal est en quelque sorte la meilleure combinaison linéaire de toutes les variables; elle exprime donc la plus grande partie de la variance des données. Le deuxième axe principal est la deuxième meilleure régression capable de décrire la variance résiduelle, et ainsi de suite. L'importance de chacune des variables pour la formation des axes est évaluée par la corrélation entre ces dernières et les axes principaux. Dans l'optique où l'on souhaiterait simplifier le système de suivi, il pourrait être stratégique de réduire le nombre d'indicateurs si ceux-ci procurent exactement la même information.

Dans une ACP, un enregistrement de la base de données est supprimé dès l'instant où il y a une donnée manquante pour l'une ou l'autre des variables utilisées. Pour l'analyse des statistiques de chasse, nous avons fait deux ACP. La première ACP, plus complète, utilisait les 15 statistiques de chasse (Tableau 5), mais elle ne pouvait compter que sur 162 observations. Pour la deuxième ACP, nous avons éliminé les 5 variables (Tableau 5) pour lesquelles il y avait le plus souvent des données manquantes, ce qui a permis d'augmenter le nombre d'observations à 418. Les données manquantes étaient la plupart du temps associées au principe de l'alternance ou à la collecte d'un trop petit échantillon de dents. En effet, plusieurs statistiques ne peuvent être calculées lorsque les femelles ne sont pas récoltées (p. ex. le nombre de faons par 100 femelles). De plus, les variables nécessitant une évaluation de la proportion des individus par classe d'âge et de sexe (p. ex. le pourcentage des 1,5 an) sont très imprécises lorsque l'échantillon de dents récoltées est trop faible. Nous avons arbitrairement établi à 20 dents lues par sexe le nombre minimum nécessaire pour que les statistiques qui en découlent soient utilisables dans les analyses. Les données étaient relativement bien réparties entre les différentes zones de chasse (Tableau 4).

Tableau 4. Répartition des données utilisées lors des analyses selon les zones de chasse

Zone de chasse	Nombre d'années ayant des données	
	Récolte	Inventaires aériens
1	23	2
2	23	3
3	23	4
4	23	3
5	23	0
6	23	3
7	23	2
8	23	0
9	23	1
10	23	3
11	23	2
12	23	2
13	23	3
14	23	3
15	23	3
16	23	2
17	23	3
18	23	4
19	23	1
20	23	0
22	23	0
26	23	1
27	23	3
28	23	4
29	23	1

Le nombre maximal d'axes principaux pouvant être calculés à partir d'un jeu de données correspond au nombre de variables qu'il contient. Dans un tel cas, chaque axe principal représente une des variables du jeu de données et aucune simplification n'est réalisée. Les axes principaux expliquent alors 100 % de la variance présente à l'intérieur du jeu de données. Il existe plusieurs méthodes pour déterminer le nombre idéal d'axes principaux. Nous avons utilisé le « critère du coude » qui consiste à tracer le graphique des valeurs propres en fonction du numéro de l'axe principal. Généralement, les premiers axes ont une valeur propre élevée puis, à partir d'un certain axe, la valeur propre diminue abruptement (coude) pour ensuite décroître régulièrement. Selon cette méthode, les axes principaux à retenir sont ceux avant le changement abrupt de valeur propre ou « coude ». Nous avons limité notre interprétation à ces axes principaux qui ont un bon pouvoir explicatif. Pour faciliter l'interprétation des axes principaux, nous avons utilisé la méthode de rotation Varimax qui permet de maximiser la corrélation entre les axes principaux et les variables utilisées pour les produire.

Les axes principaux ont ensuite été mis en relation avec d'autres variables non utilisées lors de leur création. Nous avons ainsi pu évaluer la relation entre certaines caractéristiques liées à la zone de chasse ou aux modalités de chasse et les axes principaux à l'aide de corrélations de Pearson. Ces caractéristiques étaient issues de la chasse (date d'ouverture et durée de la période), des populations (densité, structure, taux d'exploitation, etc.) ou de la situation géographique (longitude, latitude).

Modèles prédictifs

Nous avons utilisé des régressions pour prédire, à partir des statistiques de chasse, les paramètres des populations estimés lors des inventaires aériens (densité, productivité, taux d'exploitation, accroissement apparent). Évidemment, seules les zones de chasse inventoriées ont été incluses, pour une année donnée, dans ces analyses.

Dans une première étape, nous avons fait des analyses pour tester le pouvoir prédictif de chaque indicateur de suivi séparément (Tableau 5). Pour ce faire, nous avons comparé les paramètres de la population d'originaux obtenus par inventaire aérien avec les statistiques de chasse de l'automne précédent l'inventaire. Chaque indicateur de suivi basé sur les statistiques de chasse a été utilisé comme variable explicative dans un modèle de régression linéaire mixte, avec comme variable dépendante le paramètre de la population pour lequel il est utilisé comme un indicateur. Un bon indicateur de suivi devrait être significativement relié au paramètre de la population et il devrait permettre d'expliquer une proportion élevée des variations de celui-ci. Pour tenir compte de la structure spatiale des données, nous avons forcé dans tous les modèles la longitude et la latitude du centroïde de la zone de chasse, de même que la situation de la zone de chasse par rapport au fleuve Saint-Laurent (variable STL, prenant les valeurs nord ou sud). Une variable alphanumérique indiquant les segments autorisés à la chasse (M+F+V, M+V, M et M+V+F_tirage au sort) et les interactions doubles « longitude x STL » et « latitude x STL » ont été soumises à la sélection pour intégration ou non dans le modèle selon le critère AIC (la variable ou l'interaction était incluse si elle permettait de réduire l'AIC du modèle de 2 ou plus). Ces deux dernières variables en interaction ont permis de considérer le fait que l'effet de la latitude et de la longitude n'est pas le même selon que l'on observe le nord ou le sud du fleuve Saint-Laurent. En effet, au sud du fleuve, les densités augmentent d'ouest en est, alors qu'au nord du fleuve ce n'est pas le cas. De même, les densités augmentent avec la latitude au sud du fleuve Saint-Laurent, notamment à cause du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie, alors qu'elles diminuent avec la latitude au nord de celui-ci. Finalement, pour tenir compte de la dépendance entre les mesures répétées dans chaque zone de chasse, nous avons utilisé le numéro de la zone de chasse comme variable aléatoire.

Dans une seconde étape, nous avons développé les meilleures équations permettant de prédire les paramètres des populations d'originaux à partir de l'ensemble des statistiques de chasse. Nous avons d'abord évalué la multicolinéarité à l'intérieur de la base de données à l'aide de l'indice de condition (Proc reg, SAS). La densité de récolte totale et la densité de récolte des mâles adultes étaient fortement colinéaires, de même que le pourcentage de mâles adultes, le succès de chasse total et le succès de chasse aux mâles adultes. Nous avons utilisé des corrélations de Pearson pour déterminer quelles variables retenir pour la modélisation parmi les variables colinéaires et avons conservé la variable avec le coefficient de corrélation le plus élevé dans chacun des cas. Les variables retenues sont la densité de récolte des mâles adultes et le succès de chasse total. Ensuite, nous avons utilisé des courbes de lissage (*lowess*) pour évaluer visuellement la relation entre chaque paramètre de population et les variables explicatives. Ce graphique nous a permis de déterminer si certaines relations n'étaient pas linéaires, ce qui aurait nécessité la transformation d'une variable. Comme ce ne fut pas le cas, aucune variable explicative n'a été transformée. Finalement, nous avons utilisé la transformation $\ln(x)$ et la procédure *boxcox* (Proc Transreg, SAS) pour voir si une transformation de la variable dépendante était nécessaire pour respecter les postulats de normalité et d'homogénéité de la variance.

Pour chaque paramètre de population, nous avons utilisé quatre approches différentes pour développer le meilleur modèle : 1) la sélection pas à pas (*stepwise*) traditionnelle avec un seuil d'inclusion de 0,05 et un seuil d'exclusion de 0,10 pour les variables explicatives; 2) la sélection pas à pas basée sur le critère AICc, où les variables ajoutées doivent permettre de réduire l'AICc d'une valeur ≥ 2 ; les deux dernières méthodes ont utilisé seulement les variables explicatives dont le coefficient de corrélation de Pearson avec la variable dépendante avait une valeur de $P < 0,25$ afin de réduire le nombre de variables explicatives candidates; 3) l'élimination une à une des variables dont la valeur de probabilité $> 0,05$ (*backward*) et 4) l'élimination une à une des variables basées sur le critère AICc, c'est-à-dire l'élimination des variables dont la contribution à l'AICc du modèle est < 2 (*backward AICc*). Dans les cas où les quatre approches de sélection de modèle ont mené à l'identification de modèles différents, le modèle final a été choisi comme étant celui avec l'AICc le plus faible.

Enfin, nous avons développé un modèle pour déterminer l'influence des modalités de chasse sur le succès de chasse puisque cette variable occupe une position centrale pour la gestion des populations. Pour élaborer ce modèle, nous avons utilisé la densité de récolte de mâles adultes, le meilleur indicateur de la densité d'originaux dans la population, comme covariable afin de considérer l'influence de l'abondance du gibier sur le succès de chasse, et ainsi nous permettre de canaliser notre attention sur l'effet des modalités de chasse.

Pour chaque modèle final, nous avons défini un pseudo- R^2 en calculant la corrélation entre les valeurs prédites par le modèle sans composante aléatoire et les valeurs observées. Le pseudo- R^2 s'interprète comme le R^2 et est un indice du pouvoir prédictif du modèle.

Tableau 5 Caractéristiques des variables utilisées dans les analyses en composantes principales et dans les modèles de régression

Variable	Source	Variable prédite	Utilisée dans les analyses de :		
			Composantes principales Complète	Réduite	Modèles prédictifs
Indicateurs de suivi issus de la chasse sportive					
Âge moyen des femelles adultes	Lecture des dents	Taux d'exploitation	Oui	Non	Oui
Âge moyen des mâles adultes	Lecture des dents	Taux d'exploitation	Oui	Non	Oui
Chasse des femelles	Modalité de chasse	Alternance	Oui	Oui	Oui
Densité de la récolte	Enregistrement	Abondance	Oui	Oui	Oui
Densité de mâles adultes dans la récolte	Enregistrement	Abondance	Oui	Oui	Oui
Densité des mortalités diverses	Enregistrement	Abondance	Oui	Oui	Oui
Faons par 100 femelles dans la récolte	Enregistrement	Productivité	Oui	Non	Oui
Faons mâles par 100 femelles dans la récolte	Enregistrement	Productivité	Oui	Oui	Oui
Nombre de mortalités diverses	Enregistrement	Abondance	Oui	Oui	Oui
Pourcentage de femelles en lactation	Enregistrement	Productivité	Oui	Non	Oui
Pourcentage de mâles adultes dans la récolte	Enregistrement	Taux d'exploitation	Oui	Oui	Oui
Pourcentage des 1,5 an dans la récolte	Lecture des dents	Taux d'exploitation	Oui	Non	Oui
Récolte totale	Enregistrement	Abondance	Oui	Oui	Oui
Succès de chasse des mâles adultes	Enregistrement	Abondance	Oui	Oui	Oui
Succès de chasse total	Enregistrement	Abondance	Oui	Oui	Oui
Paramètres de population issus des inventaires aériens					
Accroissement apparent	Inventaires aériens	Tendance	Oui	Oui	Oui
Densité d'originaux	Inventaires aériens	Abondance	Oui	Oui	Oui
Faons par 100 femelles	Inventaires aériens	Productivité	Oui	Oui	Oui
Pourcentage de mâles adultes	Inventaires aériens	Taux d'exploitation	Oui	Oui	Oui
Productivité brute	Inventaires aériens	Productivité	Oui	Oui	Oui
Taux d'exploitation	Inventaires aériens	Taux d'exploitation	Oui	Oui	Oui
Caractéristiques de la chasse					
Fleuve Saint-Laurent	Enregistrement	Dépendance spatiale	Non	Non	Oui
Date de l'ouverture de la chasse	Enregistrement	Taux d'exploitation	Oui	Oui	Oui
Latitude	Enregistrement	Dépendance spatiale	Oui	Oui	Oui
Longitude	Enregistrement	Dépendance spatiale	Oui	Oui	Oui
Nombre de jours de chasse	Enregistrement	Taux d'exploitation	Oui	Oui	Oui

Résultats

Analyses en composantes principales

Analyse complète

L'ACP réalisée avec toutes les statistiques de chasse disponibles a démontré qu'il était possible d'expliquer 60 % de la variance à partir des 3 premiers axes principaux (Tableau 6). Ces 3 composantes expliquaient 34, 18 et 9 % de la variance pour les axes 1, 2 et 3 respectivement.

Tableau 6 Valeur propre et variance expliquée par chacun des axes principaux générés pour synthétiser les 15 indicateurs de suivi des populations d'originaux calculés à partir des statistiques de chasse. Cette analyse inclut toutes les variables disponibles, dont les statistiques faisant intervenir la récolte des femelles et la lecture de dents, ce qui restreint considérablement la taille de l'échantillon ($n = 162$).

Axe principal	Valeur propre	Différence	Proportion de la variance	Variance cumulée
1	5,05	2,35	0,34	0,34
2	2,69	1,42	0,18	0,52
3	1,28	0,10	0,09	0,60
4	1,27	0,13	0,08	0,68
5	1,04	0,21	0,07	0,75
6	0,83	0,08	0,06	0,80
7	0,75	0,13	0,05	0,85
8	0,62	0,08	0,04	0,90
9	0,54	0,10	0,04	0,93
10	0,44	0,10	0,03	0,96
11	0,34	0,18	0,02	0,98
12	0,16	0,11	< 0,01	1,00
13	0,05	0,02	< 0,01	1,00
14	0,02	0,02	< 0,01	1,00
15	< 0,01		< 0,01	1,00

Selon Legendre et Legendre (1979), les variables qui contribuent à la formation des axes principaux sont celles dont la longueur dépasse le cercle des contributions équilibrées.

$$\left(\sqrt{N_{\text{Axes principaux}}/N_{\text{Indicateurs}}}\right) = \sqrt{3/15} = 0,45$$

Ainsi, l'axe 1 est formé par la densité de la récolte (contribution de 0,89), la densité de mâles adultes dans la récolte (0,92), le succès de chasse total (0,83), le succès de chasse des mâles adultes (0,83), la récolte totale (0,83), de même que par le nombre (0,67) et la densité (0,68) de mortalités diverses (tableau 7). L'axe 2 est corrélé positivement au nombre de faons par 100 femelles (0,70) et au pourcentage de 1,5 an (0,74), au pourcentage de mâles adultes (0,65), de même qu'au nombre (0,55) et à la densité de mortalités diverses (0,55; tableau 7). L'axe 2 est aussi négativement corrélé à l'âge moyen des femelles (-0,59). L'axe 3 est positivement relié au pourcentage de mâles adultes dans la récolte (0,63), au nombre de faons par 100 femelles dans la récolte (0,50), à l'âge moyen des mâles adultes (0,59), et il est négativement relié au pourcentage de femelles en lactation (-0,51; tableau 7).

Tableau 7 Corrélations entre les trois axes principaux et les 15 indicateurs de suivi des populations d'originaux utilisés pour les créer. Les zones grises illustrent les variables qui contribuent à la formation des axes principaux.

Variable	Axe 1	Axe 2	Axe 3
Densité de mâles adultes dans la récolte	0,92	0,18	0,01
Densité de la récolte	0,89	0,04	-0,12
Densité des mortalités diverses	0,68	0,50	-0,06
Nombre de mortalités diverses	0,67	0,55	0,17
Récolte totale	0,83	0,20	0,02
Succès de chasse total	0,83	-0,33	-0,15
Succès de chasse des mâles adultes	0,83	-0,08	0,20
Femelles interdites	-0,03	0,13	0,40
Pourcentage de mâles adultes dans la récolte	< 0,01	0,65	0,63
Faons mâles par 100 femelles dans la récolte	0,20	0,29	0,21
Faons par 100 femelles dans la récolte	0,04	0,70	0,50
Pourcentage 1,5 an dans la récolte	-0,03	0,74	-0,07
Pourcentage de femelles en lactation	-0,15	0,08	-0,51
Âge moyen des mâles adultes	-0,21	-0,21	0,59
Âge moyen des femelles adultes	-0,07	-0,59	0,18

La nature des axes principaux peut être déduite grâce à des corrélations avec des variables indépendantes (Legendre et Legendre, 1979) tirées des inventaires aériens et des caractéristiques de la chasse. Les variables les plus fortement corrélées à l'axe 1 sont la densité d'originaux mesurée par inventaire aérien ($r = 0,90$), le taux d'exploitation ($r = 0,44$) et le taux d'accroissement apparent ($r = -0,41$; tableau 8). La partie positive de l'axe 1 correspond donc à des populations abondantes fortement exploitées et présentant un faible taux d'accroissement. L'axe 2 n'est corrélé à aucune variable des populations d'originaux, bien qu'il y ait une tendance à ce que les valeurs positives soient corrélées au pourcentage de mâles adultes et au nombre de faons par 100 femelles dans la population selon les inventaires. L'axe 3 est corrélé positivement à l'accroissement apparent, et négativement au taux d'exploitation et au nombre de faons par 100 femelles mesurées par inventaire. Les axes 1, 2 et 3 étaient reliés aux modalités de chasse et à la localisation des zones de chasse. Des corrélations significatives ont été notées avec la date d'ouverture de la chasse et la longueur de la période de chasse pour les 3 axes. Tous les paramètres prédits affichent également de grandes variations régionales, surtout selon l'axe est-ouest, comme en témoignent les coefficients de corrélation élevés pour la longitude pour les trois axes principaux.

Comme mentionné précédemment, les statistiques de chasse les plus fortement corrélées aux axes sont celles dont la projection sur les axes est la plus grande. Par conséquent, l'interprétation ci-dessus montre que les populations abondantes d'originaux, à faible taux d'accroissement et fort taux d'exploitation (axe 1) présenteront une densité élevée de récolte et un succès de chasse élevé, et que l'âge des mâles adultes récoltés aura tendance à être plus faible. De plus, les populations avec un taux d'exploitation faible et un taux d'accroissement élevé, malgré une faible productivité (axe 3), présenteront une récolte avec une forte proportion de mâles adultes et de faons par 100 femelles, une faible proportion de femelles en lactation, et un âge moyen élevé pour les mâles.

Tableau 8 Corrélations entre les trois axes principaux permettant de synthétiser les 15 indicateurs de suivi des populations d'originaux et les caractéristiques de ces populations mesurées par inventaire aérien, les coordonnées de la zone de chasse ou les modalités de chasse. Le seuil de significativité est indiqué pour < 0,01 (***) , 0,01 – 0,05 (**), 0,05 – 0,1 (*).

Variable	n	Axe 1	Axe 2	Axe 3
Densité d'originaux selon inventaire	22	0,90***	0,07	-0,34
Pourcentage de mâles adultes selon inventaire	22	-0,13	0,30	0,13
Faons par 100 femelles selon inventaire	22	0,11	0,25	-0,16*
Taux d'exploitation	22	0,44**	0,09	-0,48**
Productivité brute	22	0,11	0,16	-0,08
Accroissement apparent	22	-0,41*	0,02	0,49**
Nombre de jours de chasse	162	-0,21***	-0,25***	0,20**
Date de l'ouverture de la chasse	162	0,37***	0,32***	-0,18**
Longitude	162	0,30***	0,26***	0,26***
Latitude	162	-0,07	0,04	0,37***

Analyse réduite

L'ACP réalisée avec un nombre réduit de variables, mais pour lesquelles les données étaient disponibles chaque année, a démontré qu'il était possible d'expliquer 68 % de la variance à partir des 3 premiers axes principaux, soit 39, 16 et 14 % pour les axes 1, 2 et 3 respectivement (tableau 9). Pour cette ACP, la longueur du cercle des contributions équilibrées était de 0,55. Ainsi, l'axe 1 est formé par certains indicateurs d'abondance de l'original tels que la densité de mâles adultes dans la récolte (0,91), la densité de récolte (0,82), le nombre (0,80) et la densité (0,81) de mortalités diverses, de même que par la récolte totale (0,78; tableau 10). L'axe 2 est corrélé positivement au succès de chasse total (0,85) et au succès de chasse des mâles adultes (0,85; tableau 10). L'axe 3 est surtout corrélé avec le pourcentage de mâles adultes dans la récolte (0,84) et, dans une moindre mesure, avec le nombre de faons mâles par 100 femelles (0,61; tableau 10).

Tableau 9 Valeur propre et variance expliquée par chacun des axes principaux (ou facteurs) générés pour synthétiser 10 indicateurs de suivi des populations d'originaux calculés à partir des statistiques de chasse. Cette analyse inclut les variables pour lesquelles les données sont presque toujours disponibles pour maximiser la taille de l'échantillon (n = 418). Les variables nécessitant la récolte de femelles ou la lecture d'un minimum de dents n'ont pas été utilisées (âge moyen des mâles et des femelles, nombre de faons par 100 femelles, pourcentage de femelles en lactation, pourcentage de 1,5 an).

Axe principal	Valeur propre	Différence	Proportion de la variance	Variance cumulée
1	3,85	2,22	0,39	0,39
2	1,63	0,27	0,16	0,55
3	1,36	0,37	0,14	0,68
4	0,99	0,23	0,10	0,78
5	0,77	0,05	0,08	0,86
6	0,72	0,19	0,07	0,93
7	0,53	0,46	0,05	0,99
8	0,08	0,03	0,01	0,99
9	0,04	0,03	< 0,01	1,00
10	0,02		< 0,01	1,00

Tableau 10 Corrélation entre les trois axes principaux et les 10 indicateurs de suivi des populations d'originaux utilisés pour les créer. Les zones grises représentent les variables qui contribuent à la formation des axes principaux.

Variable	Axe 1	Axe 2	Axe 3
Densité de mâles adultes dans la récolte	0,91	0,08	-0,07
Densité de la récolte	0,82	0,15	-0,31
Densité des mortalités diverses	0,81	-0,03	0,20
Nombre de mortalités diverses	0,80	-0,06	0,17
Récolte totale	0,78	0,15	-0,26
Succès de chasse total	0,33	0,85	-0,36
Succès de chasse des mâles adultes	0,25	0,85	0,23
Femelles interdites	-0,11	0,17	-0,03
Pourcentage de mâles adultes dans la récolte	0,02	-0,30	0,84
Faons mâles par 100 femelles dans la récolte	-0,07	0,40	0,61

Les variables provenant des inventaires aériens et des caractéristiques de la chasse le plus fortement corrélées à l'axe 1 sont la densité d'originaux mesurée par inventaire aérien ($r = 0,78$), le taux d'exploitation ($r = 0,31$) et le taux d'accroissement apparent ($r = -0,29$; tableau 11). La partie positive de l'axe 1 correspond donc à des populations abondantes fortement exploitées et présentant un faible taux d'accroissement. L'axe 2 est surtout corrélé négativement avec la productivité brute, mais il est aussi faiblement et négativement corrélé avec la densité d'originaux et le nombre de faons par 100 femelles. Les axes 1 et 2 étaient aussi reliés aux modalités de chasse et à la localisation des zones de chasse. Des corrélations significatives ont été notées avec la date d'ouverture de la chasse et la longueur de la période de chasse. Les paramètres prédits affichent de grandes variations régionales, aussi bien selon l'axe est-ouest que l'axe nord-sud, comme en témoignent les coefficients de corrélation élevés pour la longitude et la latitude pour les deux premiers axes principaux (tableau 11).

Ces résultats démontrent que les populations abondantes d'originaux, à faible taux d'accroissement et fort taux d'exploitation (axe 1) présenteront une densité élevée de récolte et un succès de chasse élevé. De même, les populations abondantes avec une faible productivité et un faible accroissement apparent (axe 2) afficheront un succès de chasse élevé. Finalement, les populations faiblement exploitées, avec une productivité brute et un taux d'accroissement apparent élevés (axe 3) montreront une proportion élevée de mâles récoltés, aussi bien parmi les adultes que parmi les faons.

Tableau 11 Corrélation entre les trois axes principaux permettant de synthétiser les 10 indicateurs de suivi des populations d'originaux et les caractéristiques de ces populations mesurées par inventaire aérien ou les modalités de chasse. Le seuil de significativité est indiqué pour $< 0,01$ (***), $0,01 - 0,05$ (**), $0,05 - 0,1$ (*).

Variable	<i>n</i>	Axe 1	Axe 2	Axe 3
Densité d'originaux selon inventaire	40	0,78***	0,25	-0,03
Pourcentage de mâles adultes selon inventaire	40	-0,18	0,02	0,19
Faons par 100 femelles selon inventaire	40	0,02	-0,21	0,10
Taux d'exploitation	40	0,31*	0,02	-0,33**
Productivité brute	40	0,11	-0,27*	0,29*
Accroissement apparent	40	-0,29*	-0,15	0,49***
Nombre de jours de chasse	418	-0,19***	0,07	-0,01
Date de l'ouverture de la chasse	418	0,41***	-0,29***	0,07
Longitude	418	0,38***	0,12**	-0,05
Latitude	418	-0,18***	0,45***	-0,01

Modèles prédictifs

Évaluation des indicateurs d'abondance

Les principaux indicateurs d'abondance, soit la récolte totale, la densité de la récolte, le nombre de mortalités diverses et la densité des mortalités diverses, étaient tous positivement et significativement reliés à la densité d'originaux mesurée par inventaire. Les indicateurs avaient tous à peu près le même pouvoir explicatif puisque la variance expliquée par les modèles variait entre 62 et 65 % (tableau 12). Cependant, les indicateurs basés sur la récolte nous apparaissent meilleurs puisqu'ils ont offert une performance légèrement supérieure avec moins de variables. En effet, les modèles utilisant le nombre et la densité de mortalités diverses pour prédire la densité d'originaux dans les zones de chasse devaient aussi considérer les segments autorisés à la chasse comme variable explicative. Un modèle beaucoup plus performant que tous les autres a pu être élaboré en utilisant la densité de mâles adultes dans la récolte comme variable explicative. Ce modèle, très simple puisqu'il n'incluait aucune autre variable que celles liées à la localisation géographique de la zone de chasse (Saint-Laurent, latitude et longitude), expliquait 91 % des variations de la densité d'originaux dans les zones de chasse (tableau 12).

Tableau 12 Résultats des modèles mettant en relation la densité d'orignaux mesurée par inventaire aérien et les indicateurs d'abondance dans la récolte sportive

Variable	Coefficient	SE	F	P	R²
Saint-Laurent (nord/sud) ^a	17,17	7,45	5,31	0,033	0,64
Latitude	0,11	0,16	0,68	0,421	
Longitude	-0,02	0,03	0,25	0,625	
Récolte totale	0,00037	0,00009	15,63	< 0,001	
Latitude × Saint-Laurent	-0,37	0,16	5,45	0,031	
Saint-Laurent (nord/sud) ^a	24,91	6,51	14,66	0,001	0,65
Latitude	0,30	0,13	0,23	0,641	
Longitude	-0,02	0,03	0,39	0,537	
Densité de la récolte	0,54	0,13	18,10	< 0,001	
Latitude × Saint-Laurent	-0,53	0,14	14,52	0,001	
Saint-Laurent (nord/sud) ^a	28,06	8,43	11,07	0,004	0,62
Latitude	0,38	0,17	0,61	0,445	
Longitude	-0,04	0,03	1,19	0,290	
Nombre de mortalités diverses	0,005	0,002	4,75	0,044	
Segment Mâle ^b	-0,34	0,45	3,28	0,046	
Segment Mâle + Femelle + Faon	0,55	0,25			
Segment Mâle + Faon	0,24	0,24			
Latitude × Saint-Laurent	-0,61	0,18	11,46	0,004	
Saint-Laurent (nord/sud) ^a	27,46	8,52	10,40	0,005	0,62
Latitude	0,41	0,17	1,30	0,271	
Longitude	-0,05	0,03	2,48	0,134	
Densité des mortalités diverses	12,10	5,46	4,92	0,041	
Segment Mâle ^b	-0,48	0,44	3,80	0,030	
Segment Mâle + Femelle + Faon	0,53	0,25			
Segment Mâle + Faon	0,16	0,24			
Latitude × Saint-Laurent	-0,59	0,18	10,57	0,005	
MEILLEUR MODÈLE ÉVALUÉ					
Saint-Laurent (Nord/Sud) ^a	0,50	0,28	3,18	0,089	0,91
Latitude	-0,14	0,07	4,00	0,059	
Longitude	-0,02	0,03	0,25	0,620	
Densité de mâles adultes dans la récolte	2,21	0,23	95,36	< 0,001	

^a Modalité de référence = sud. ^b Modalité de référence = femelles permises au tirage au sort.

Évaluation des indicateurs de productivité

Le meilleur indicateur permettant de prédire le nombre de faons par 100 femelles dans la population était le pourcentage de femelles en lactation dans la récolte (R^2 de 0,66, tableau 13). Le nombre de faons par 100 femelles et le nombre de faons mâles par 100 faons femelles dans la récolte n'étaient pas reliés au nombre de faons par 100 femelles dans la population ($P > 0,1$, $R^2 \leq 0,41$). Le meilleur modèle ayant pu être développé pour prédire le nombre de faons par 100 femelles dans la population expliquait 81 % des variations de ce paramètre, et il incluait un effet significativement positif du pourcentage de femelles en lactation et du pourcentage de 1,5 an dans la récolte (tableau 13).

Tableau 13 Résultats des modèles mettant en relation le nombre de faons par 100 femelles mesuré par inventaire aérien et les indicateurs de productivité dans la récolte sportive

Variable	Coefficient	SE	F	P	R²
Saint-Laurent (nord/sud) ^a	-3,47	7,78	0,20	0,669	0,41
Latitude	-1,54	2,11	0,54	0,488	
Longitude	-0,04	0,84	< 0,1	0,967	
Faons par 100 femelles dans la récolte	0,048	0,037	1,67	0,237	
Saint-Laurent (nord/sud) ^a	-7,37	5,52	1,78	0,230	0,66
Latitude	1,06	1,81	0,34	0,579	
Longitude	-0,77	0,75	1,05	0,344	
Pourcentage de femelles en lactation	0,40	0,11	14,81	0,009	
Segment Mâle ^b	-2,75	10,29	8,91	0,013	
Segment Mâle + Femelle + Faon	-11,20	3,51			
Segment Mâle + Faon	22,09	8,20			
Saint-Laurent (nord/sud) ^a	-10,44	6,39	2,67	0,120	0,14
Latitude	-0,23	1,93	0,01	0,905	
Longitude	-0,41	0,81	0,26	0,617	
Faons mâles par 100 femelles	0,06	0,04	2,10	0,165	
MEILLEUR MODÈLE ÉVALUÉ					
Saint-Laurent (nord/sud) ^a	-765,32	164,55	21,63	0,010	0,81
Latitude	-11,04	3,03	1,87	0,243	
Longitude	-0,57	0,47	1,46	0,293	
Pourcentage de femelles en lactation	0,28	0,08	12,97	0,023	
Pourcentage des 1,5 an dans la récolte	0,88	0,14	39,80	0,003	
Nombre jours de chasse	0,72	0,19	14,66	0,019	
Date de l'ouverture de la chasse	1,50	0,32	21,77	0,010	
Latitude x Saint-Laurent	16,24	3,50	21,48	0,010	

^a Modalité de référence = sud. ^b Modalité de référence = femelles permises au tirage au sort.

Évaluation des indicateurs d'exploitation

Les meilleurs indicateurs du taux d'exploitation étaient le pourcentage de mâles adultes et l'âge moyen des femelles adultes dans la récolte. Ces indicateurs diminuaient tous deux lorsque le taux d'exploitation augmentait, bien que seule la première relation fût significative. L'âge moyen des mâles adultes avait aussi tendance à diminuer lorsque le taux d'exploitation de la population augmentait. Le pourcentage de 1,5 an dans la récolte n'était pas significativement relié au taux d'exploitation. Le meilleur modèle développé pour expliquer les variations du taux d'exploitation incluait le pourcentage de mâles adultes et l'âge moyen des mâles dans la récolte. Une augmentation du taux d'exploitation se reflétait par une diminution du pourcentage de mâles et de l'âge moyen des mâles dans la récolte (tableau 14).

Tableau 14 Résultats des modèles mettant en relation la densité d'orignaux mesurée par inventaire aérien et les indicateurs d'exploitation dans la récolte sportive

Variable	Coefficient	SE	F	P	R²
Saint-Laurent (nord/sud) ^a	-0,51	0,27	3,64	0,070	0,85
Latitude	-0,13	0,07	3,24	0,086	
Longitude	0,01	0,03	0,17	0,684	
Pourcentage de mâles adultes dans la récolte	-0,009	0,002	15,42	< 0,001	
Saint-Laurent (nord/sud) ^a	-0,40	0,23	3,01	0,100	
Latitude	-0,11	0,06	3,03	0,099	
Longitude	0,02	0,03	0,58	0,456	
Pourcentage des 1,5 an dans la récolte	0,003	0,006	0,28	0,600	
Saint-Laurent (nord/sud) ^a	-0,37	0,26	2,10	0,163	0,69
Latitude	-0,12	0,07	3,11	0,093	
Longitude	0,04	0,03	1,39	0,253	
Âge moyen des mâles adultes	-0,18	0,10	3,33	0,083	
Saint-Laurent (nord/sud) ^a	-0,66	0,31	4,58	0,076	
Latitude	-0,07	0,09	0,67	0,445	
Longitude	-0,02	0,04	0,49	0,510	
Âge moyen des femelles adultes	-0,18	0,10	3,51	0,110	
MEILLEUR MODÈLE ÉVALUÉ					
Saint-Laurent (nord/sud) ^a	-0,40	0,26	2,37	0,140	0,84
Latitude	-0,13	0,07	4,14	0,056	
Longitude	0,03	0,03	0,83	0,374	
Pourcentage de mâles adultes dans la récolte	-0,008	0,002	13,60	0,002	
Âge moyen des mâles adultes	-0,16	0,09	3,66	0,071	

^a Modalité de référence = sud.

Modélisation des autres variables issues des inventaires ayant un intérêt pour la gestion

Le meilleur modèle permettant de prédire le pourcentage de mâles adultes dans la population incluait seulement des variables caractérisant la distribution spatiale des zones de chasse (latitude et longitude, situation par rapport au fleuve Saint-Laurent) et les modalités de chasse (date de début de la chasse et segments autorisés). Les statistiques de chasse n'ont pas été conservées pour expliquer les variations observées dans le pourcentage de mâles dans la population. Par conséquent, il y a peu d'intérêt à les utiliser pour prédire cette variable (tableau 15).

Le meilleur modèle pour prédire la productivité brute était moyennement performant ($R^2 = 0,55$), et il incluait le pourcentage des 1,5 an et le succès de chasse total. La productivité brute augmentait lorsque le pourcentage des 1,5 an dans la récolte augmentait, et elle diminuait dans les zones où le succès de chasse total était élevé. Le meilleur modèle pour prédire l'accroissement apparent de la population était très performant (0,81). L'accroissement apparent augmentait avec le pourcentage et l'âge moyen des mâles adultes dans la récolte (tableau 15).

Modélisation du succès de chasse

Le meilleur modèle pour expliquer les variations du succès de chasse total incluait les segments et engins autorisés. Le succès de chasse total était plus élevé lorsque tous les segments étaient permis, intermédiaire lorsque seuls les mâles et les faons étaient permis, et plus faible lorsque seuls les mâles pouvaient être récoltés. Il était aussi plus élevé dans les zones où l'arc et l'arbalète étaient les seuls engins de chasse permis. Cependant, il est intéressant de noter que c'est la localisation de la zone de chasse par rapport au fleuve Saint-Laurent qui avait le plus d'influence sur le succès de chasse total, avec un succès beaucoup plus élevé au sud qu'au nord, et ce, même en tenant compte de la densité de mâles adultes dans la récolte. Ce résultat semble indiquer que la plus grande abondance de gibier n'est pas le seul facteur expliquant un succès de chasse plus élevé au sud du fleuve Saint-Laurent (tableau 15).

Tableau 15 Résultats des modèles mettant en relation certaines caractéristiques de la population d'originaux mesurées par inventaire aérien de même que le succès de chasse et les statistiques de chasse dans la récolte sportive

Variable dépendante	Variable	Coefficient	SE	F	P	R ²
Pourcentage de mâles adultes dans la récolte	Saint-Laurent (nord/sud) ^a	14,24	3,26	19,08	< 0,001	0,61
	Latitude	1,29	1,20	1,15	0,297	
	Longitude	1,38	0,36	14,26	0,001	
	Date de l'ouverture de la chasse	0,33	0,16	4,00	0,060	
	Segment Mâle ^b	5,42	4,28	1,28	0,310	
	Segment Mâle + Femelle + Faon	-1,48	2,27			
	Segment Mâle + Faon	0,34	2,45			
Productivité brute	Saint-Laurent (nord/sud) ^a	-8,02	1,96	16,72	0,001	0,55
	Latitude	-1,33	0,59	5,12	0,040	
	Longitude	-0,38	0,19	3,84	0,070	
	Pourcentage des 1,5 an dans la récolte	0,11	0,05	4,89	0,044	
	Succès de chasse total	-0,36	0,13	8,18	0,013	
	Nombre jours de chasse	0,25	0,09	7,50	0,016	
Accroissement apparent	Saint-Laurent (nord/sud) ^a	8,72	4,45	3,84	0,067	0,81
	Latitude	3,90	1,49	6,89	0,018	
	Longitude	-1,02	0,48	4,43	0,051	
	Pourcentage de mâles adultes dans la récolte	0,21	0,04	27,38	< 0,001	
	Âge moyen des mâles adultes	5,06	1,47	11,92	0,003	
	Date de l'ouverture de la chasse	0,50	0,21	5,91	0,026	
Succès de chasse total	Saint-Laurent (nord/sud) ^a	-31,47	17,66	3,18	0,075	0,69
	Latitude	-0,22	0,21	0,01	0,921	
	Longitude	0,11	0,11	0,36	0,550	
	Densité de mâles adultes dans la récolte	2,20	0,12	319,35	< 0,001	
	Segment Mâle ^b	-1,04	0,10	112,38	< 0,001	
	Segment Mâle + Femelle + Faon	0,18	0,07			
	Segment Mâle + Faon	-0,50	0,08			
	Engin, arme à feu ^c	-0,78	0,18	19,21	< 0,001	
	Latitude x Saint-Laurent	0,45	0,21	4,47	0,035	
	Longitude x Saint-Laurent	-0,16	0,12	1,85	0,175	

^a Modalité de référence = sud. ^b Modalité de référence = femelles permises au tirage au sort. ^c Modalité de référence = arc et arbalète.

Principaux constats

- La récolte totale et la densité de la récolte de même que le nombre et la densité de mortalités diverses sont des indicateurs qui procurent essentiellement la même information (abondance). La densité de mâles adultes dans la récolte est le meilleur indicateur de l'abondance. La récolte totale est un bon indicateur pour évaluer la tendance interannuelle d'une même zone dont la superficie d'habitat ne change pas;
- La densité de la récolte est un meilleur indicateur de l'abondance que le succès de chasse total;
- Les indicateurs de productivité sont moins performants que les indicateurs d'abondance, lorsqu'ils sont examinés un à un. Le pourcentage de femelles en lactation dans la récolte est le meilleur indicateur de productivité, bien que les biologistes aient tendance à ne pas l'utiliser en raison de leur faible confiance étant donné la difficulté à valider ce critère (section 2);
- Les populations productives affichent également une proportion élevée d'individus de 1,5 an dans la récolte;
- Le pourcentage de mâles adultes dans la récolte et l'âge moyen des orignaux récoltés sont des indicateurs performants du taux d'exploitation;
- Le succès de chasse total est principalement déterminé par l'abondance des orignaux. Cependant, une fois l'effet de cette variable pris en compte, on remarque que le succès de chasse total augmente dans les zones où la récolte des femelles est permise et où l'arc et l'arbalète sont les seuls engins de chasse autorisés, engins qui sont généralement permis plus près de la période de rut. Le succès de chasse n'est pas influencé par la durée ou la date d'ouverture de la période de chasse;
- Le pourcentage de mâles adultes dans la population est influencé par la latitude et la longitude, la date de l'ouverture de la chasse et les segments autorisés à la chasse. Comme les statistiques de chasse n'expliquent pas suffisamment les variations observées dans la population, leur utilisation semble peu intéressante afin de prédire cette variable.

Les OPUE comme indicateur de suivi : une valeur ajoutée?

Démarche

L'effort de capture est un indicateur utilisé depuis longtemps afin de suivre les tendances des populations fauniques tant aquatiques (Bannerot et Austin, 1983) que terrestres (Crête et coll., 1981). Cette donnée reflète bien l'abondance des populations lorsque la récolte est non sélective (Harley et coll., 2001; Rist et coll., 2010). Par contre, son efficacité diminue lorsque le choix de ne pas récolter un individu est possible. Par exemple, un chasseur recherchant un orignal selon les caractéristiques de ses bois pourra laisser passer plusieurs individus et augmentera ainsi « artificiellement » l'effort de chasse, biaisant cet indicateur pour évaluer la tendance de la population.

Pour contrer cette lacune, les biologistes se tournent de plus en plus vers la science collaborative qui permet d'acquérir des données grâce à la participation du public (Irwin, 2001; Parry et Peres, 2015). Les observations par unité d'effort (OPUE) sont un exemple d'indicateur pouvant être développé par cette méthode. Les OPUE sont théoriquement plus sensibles et précises que les données de récolte brutes, le succès ainsi que l'effort de récolte pour suivre les tendances de populations dont la récolte est sélective (Ericsson et Wallin, 1999; Rönnegård et coll., 2008). En effet, le chasseur qui laisse passer plusieurs orignaux pour récolter un individu trophée notera toutes ses observations, ce qui augmentera le pouvoir prédictif des OPUE.

Le MFFP délègue la gestion des activités de chasse dans les réserves fauniques à la Société des établissements de plein air du Québec (Sépaq). L'accès contingenté à ces territoires permet, entre autres, de recueillir annuellement des données complémentaires à celles de la récolte, du nombre de jours chassés ainsi que du nombre d'orignaux vus dans plusieurs réserves fauniques. Bien que les réserves fauniques ne fassent pas partie du programme des inventaires aériens du ministère responsable de la faune depuis que l'on juge la situation de l'orignal plus stable, ceux-ci sont également effectués sur ces territoires occasionnellement. Ainsi, nous avons la possibilité d'estimer la relation entre la récolte, les OPUE, le succès et l'effort de chasse, d'une part, et les densités d'orignaux mesurées par inventaire aérien, d'autre part. Cette démarche a permis d'évaluer la performance des OPUE pour le suivi des populations d'orignaux par rapport aux autres statistiques de chasse.

Nous avons évalué graphiquement les relations entre les statistiques de chasse (effort, succès et densité de récolte), les OPUE et les densités d'orignaux estimées par inventaire aérien dans les réserves fauniques. L'effort de chasse a été calculé en divisant le nombre de jours chassés par la récolte totale, le succès de chasse a été obtenu en divisant la récolte totale par le nombre de groupes de chasseurs et les OPUE, en divisant le nombre d'orignaux observés par le nombre de jours chassés. Cela a permis d'estimer le type de relation entre les variables et de calculer un coefficient de détermination (R^2) mesurant le pouvoir prédictif de la relation. Les données d'OPUE étaient disponibles pour 11 réserves fauniques, sur une période s'étendant de 1994 à 2015 et représentant 143 années-réserves. Le nombre d'années suivies était différent entre les réserves; certaines réserves n'avaient des données que pour les deux dernières années et d'autres, pour toute l'étendue de cette période.

Relations entre la densité de récolte, le succès et l'effort de chasse

Les chasseurs prennent plus de temps pour récolter un orignal lorsque la densité de récolte est inférieure à 1,5 orignal par 10 km² (figure 9) et leur succès augmente jusqu'à une densité de récolte de 2 orignaux par 10 km² (figure 9). Les réserves fauniques ayant une densité de récolte supérieure à 2 orignaux offrent donc un succès de chasse similaire pour les chasseurs. De plus, le succès de chasse est étroitement lié à l'effort de chasse et la probabilité de récolter un orignal diminue avec le temps chassé (figure 9). Ces résultats laissent donc croire que la plupart des chasseurs ayant du succès récoltent leur orignal dans les premières journées de chasse.

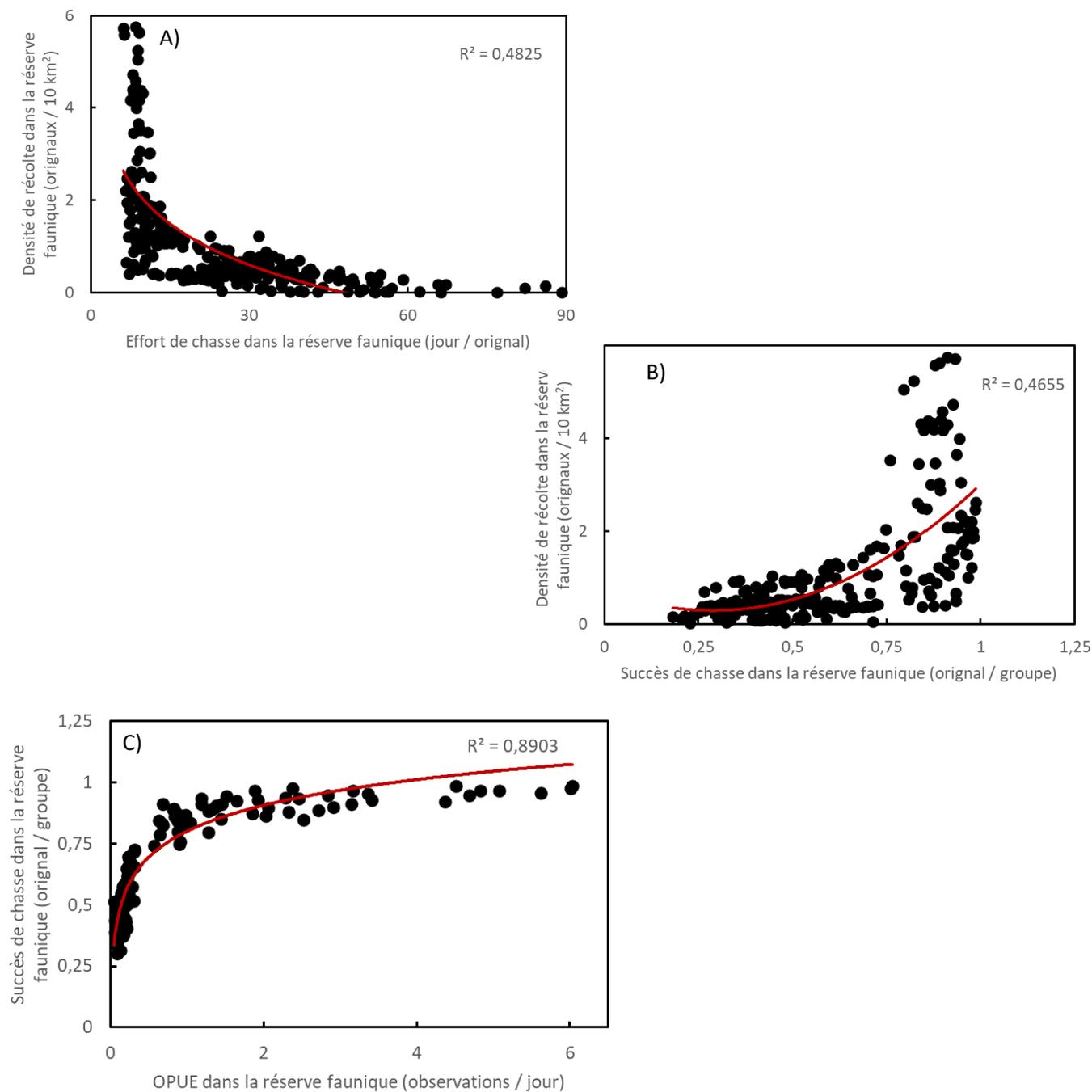


Figure 9 Relation entre A) la densité de récolte et l'effort de chasse, B) la densité de récolte et le succès de chasse et C) le succès et l'effort de chasse, dans les réserves fauniques du Québec entre 1980 et 2015. Chaque point représente une réserve faunique à une année précise. A) La densité de récolte d'originaux diminue rapidement avec l'augmentation de l'effort de chasse pour se stabiliser autour de 15 jours par original lorsque la densité de récolte dépasse 1,5 original par 10 km². B) La densité de récolte d'originaux augmente avec le succès de chasse des groupes et le succès devient généralement supérieur à 75 % lorsque la densité de récolte dépasse 2 originaux par 10 km². C) Le succès de chasse à l'original diminue lorsque l'effort de chasse augmente.

Relations des statistiques de chasse avec les OPUE

L'effort de chasse pour le groupe dans les réserves fauniques diminue rapidement avec l'augmentation du nombre d'orignaux observé pour se stabiliser à moins de 10 jours par orignal récolté lorsque les chasseurs observent au moins un orignal par jour (Figure 10). Cela laisse croire que la plupart des chasseurs récoltent le premier orignal qu'ils observent. Si les chasseurs effectuaient une chasse sélective pour récolter un orignal selon la taille de ses bois, ceux observant plusieurs orignaux par jour laisseraient passer plusieurs individus et l'effort de chasse augmenterait avec les OPUE après un certain seuil.

Les chasseurs qui observent plus d'un orignal par jour ont un très bon succès de chasse (Figure 10). Puisque la récolte des femelles est permise dans plusieurs réserves fauniques, les chasseurs ont une plus grande possibilité de récolter un orignal avant la fin de leur séjour et ainsi d'avoir un succès élevé lorsqu'ils observent plus d'un orignal par jour.

La densité de récolte augmente rapidement avec le nombre d'orignaux vus par jour et d'une façon plus rapide lorsque la récolte de femelles n'est pas restreinte (Figure 11 et 12). Cela s'explique par le fait que les chasseurs peuvent observer plusieurs individus avant d'apercevoir un mâle pouvant être récolté. L'augmentation graduelle du nombre d'orignaux observés en fonction des années, dans la zone grise du graphique, traduit bien l'augmentation de la population d'orignaux dans les réserves fauniques de Dunière et de Matane entre 1994 et 2006. L'augmentation de la récolte à la suite de l'implantation progressive du prélèvement plus important des femelles pour diminuer la densité des orignaux à partir de 2007 est également évidente.

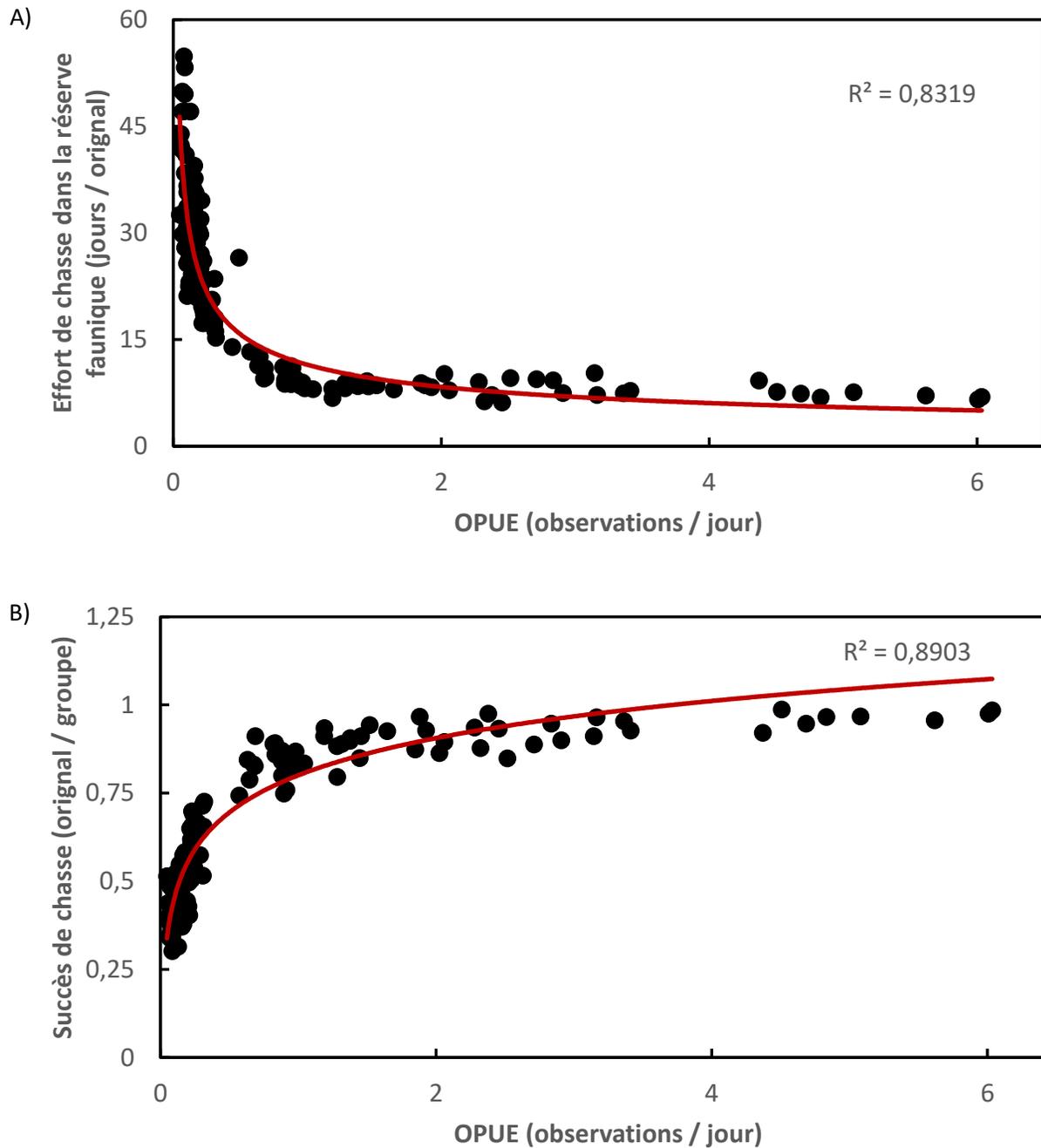


Figure 10 Relation entre les observations d'orignaux par unité d'effort (OPUE) et A) l'effort de chasse ainsi que B) le succès de chasse, dans les réserves fauniques du Québec entre 1994 et 2015. Chaque point représente une réserve faunique à une année précise. A) L'effort de chasse à l'orignal diminue rapidement avec l'augmentation du nombre d'orignaux observés pour se stabiliser à environ 10 jours par orignal récolté lorsque les chasseurs observent plus d'un individu par jour en moyenne. B) Le succès de chasse à l'orignal augmente rapidement avec le nombre d'orignaux observés pour se stabiliser à près d'un orignal récolté par groupe lorsque les chasseurs observent plus d'une bête par jour en moyenne.

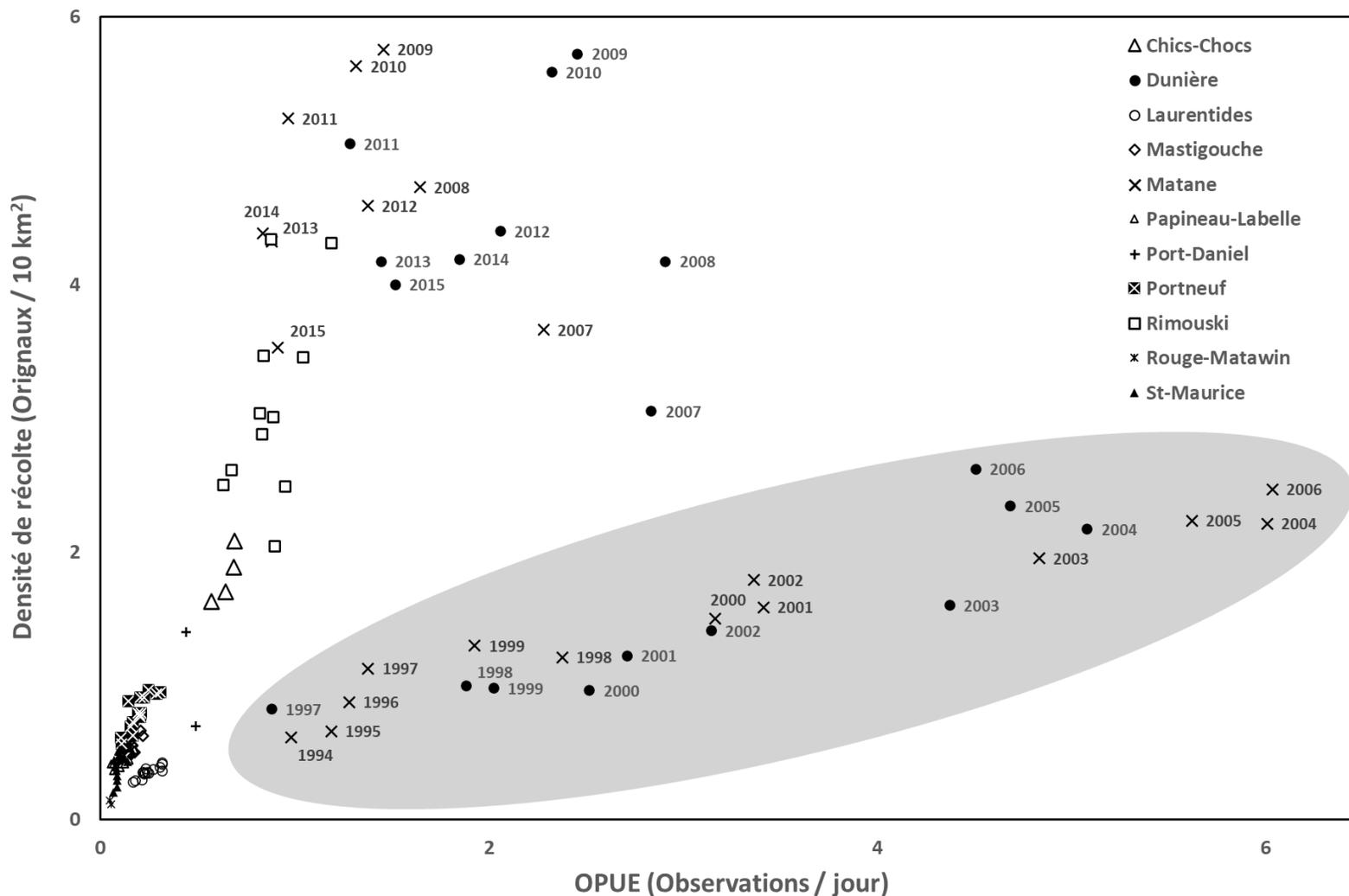


Figure 11 Relation entre la densité de récolte et les observations d'orignaux par unité d'effort (OPUE) dans les réserves fauniques du Québec entre 1980 et 2015. La densité de récolte augmente avec le nombre d'orignaux observés, mais d'une façon plus importante lorsque la récolte de femelles n'est pas restreinte (réserves de Matane et de Dunière dans la zone grise par rapport aux mêmes réserves les autres années). Les années ne sont indiquées que pour les réserves fauniques de Dunière et de Matane. Les trois points intermédiaires (Matane 2007, Dunière 2007 et 2008) représentent l'implantation progressive du prélèvement des femelles dans ces réserves.

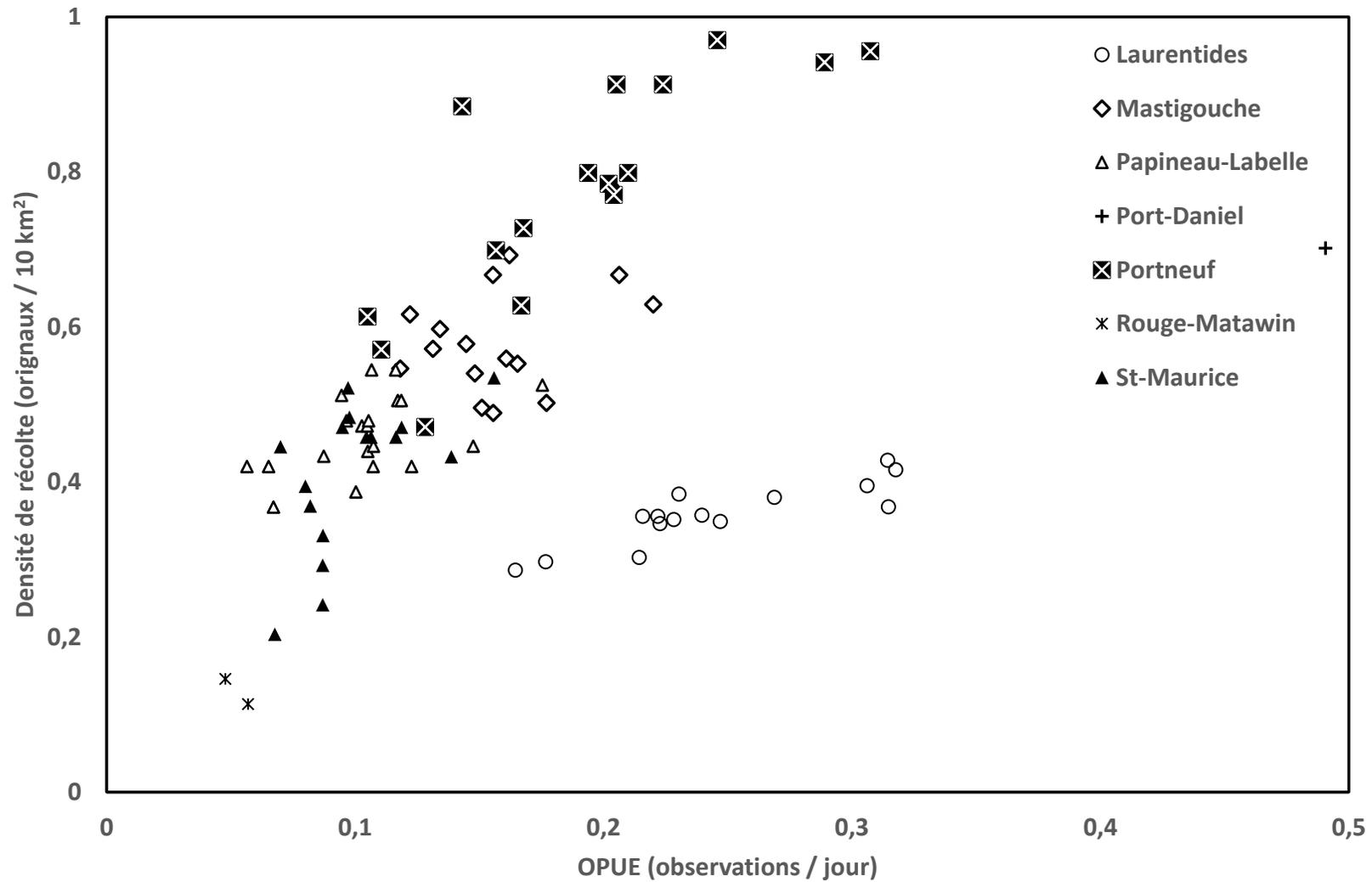


Figure 12 Relation entre la densité de récolte et les observations d'orignaux par unité d'effort (OPUE) dans les réserves fauniques du Québec entre 1980 et 2015. La figure 11 montre toute l'étendue des données alors que la figure 12 offre une vue agrandie de la portion inférieure gauche de la figure 11.

Relations des statistiques de chasse avec la densité observée lors des inventaires aériens

L'effort et le succès (figure 13) de chasse à l'orignal se stabilisent lorsque les densités d'originaux estimées par inventaire aérien dépassent 10 individus par 10 km². Ces indicateurs peuvent ainsi être utilisés pour suivre les tendances des densités d'originaux en dessous de ce seuil. Par contre, ils ne sont pas assez sensibles pour évaluer les tendances des populations au-delà de cette limite. Ces résultats proviennent des données récoltées dans les réserves fauniques où le succès est généralement plus élevé et l'effort plus faible que sur le territoire libre. Le seuil pourrait donc être différent en territoire libre.

La relation entre la densité de récolte et la densité d'originaux (Figure 14) est plus faible que celle entre les OPUE et la densité d'originaux (Figure 15) dans les réserves fauniques comme l'indique le coefficient de détermination. Cela s'explique par le fait que le nombre d'originaux récolté est limité, contrairement au nombre observé. Toutefois, comme en témoigne le coefficient de détermination élevé, les OPUE ainsi que la densité de récolte semblent toutes deux être de bons indicateurs de l'abondance des populations d'originaux. De plus, contrairement au succès et à l'effort de chasse, ces indicateurs présentent une relation linéaire avec la densité d'originaux, ce qui permet même d'évaluer l'abondance des populations ayant une densité élevée.

Pour une densité d'originaux similaire, la densité de récolte est moins élevée dans les réserves fauniques que sur le territoire non structuré (Figure 14), car le nombre de chasseurs est contingenté. Par conséquent, la relation entre la densité de récolte et la densité des originaux n'est pas la même pour les deux types de territoires et l'interprétation de cette statistique doit être faite en conséquence. En contrepartie, il n'y a pas de raison de croire que les OPUE sont influencées par la densité de chasseurs sur un territoire, et elles pourraient donc être utilisées de manière uniforme sur l'ensemble du territoire, si les chasseurs acceptent de participer rigoureusement à la collecte de données et de divulguer la densité d'originaux où ils chassent.

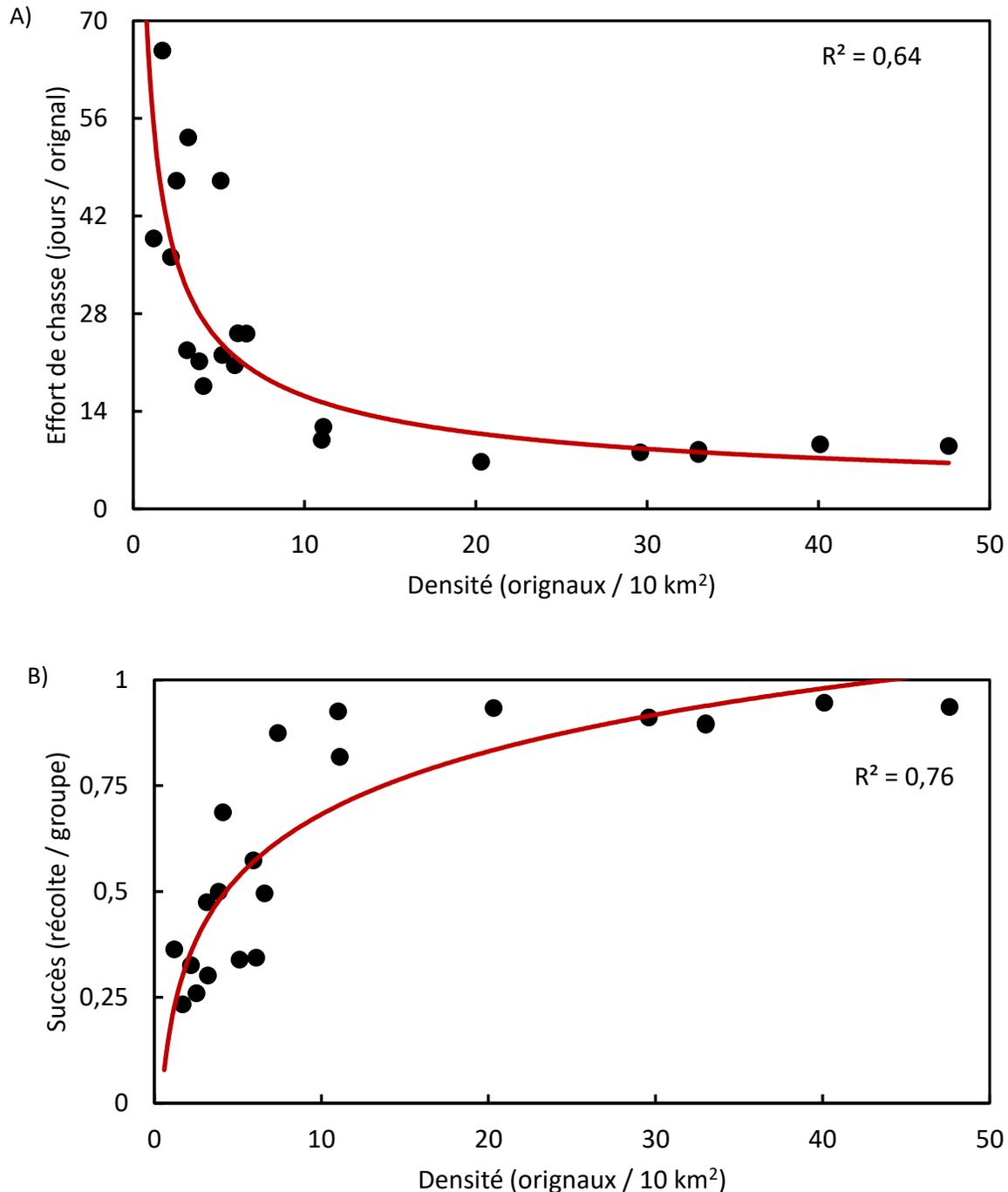


Figure 13 Relation entre la densité d'orignaux estimée par inventaire aérien et A) l'effort de chasse ainsi que B) le succès de chasse dans les réserves fauniques du Québec entre 1993 et 2014. Chaque point représente les résultats d'un inventaire aérien à une année précise. A) L'effort de chasse diminue rapidement avec l'augmentation de la densité des orignaux pour se stabiliser à environ 10 jours par orignal lorsque la densité dépasse 10 orignaux par 10 km². B) Le succès de chasse augmente rapidement avec l'augmentation de la densité des orignaux pour se stabiliser à presque un orignal récolté par groupe lorsque la densité dépasse 10 orignaux par 10 km².

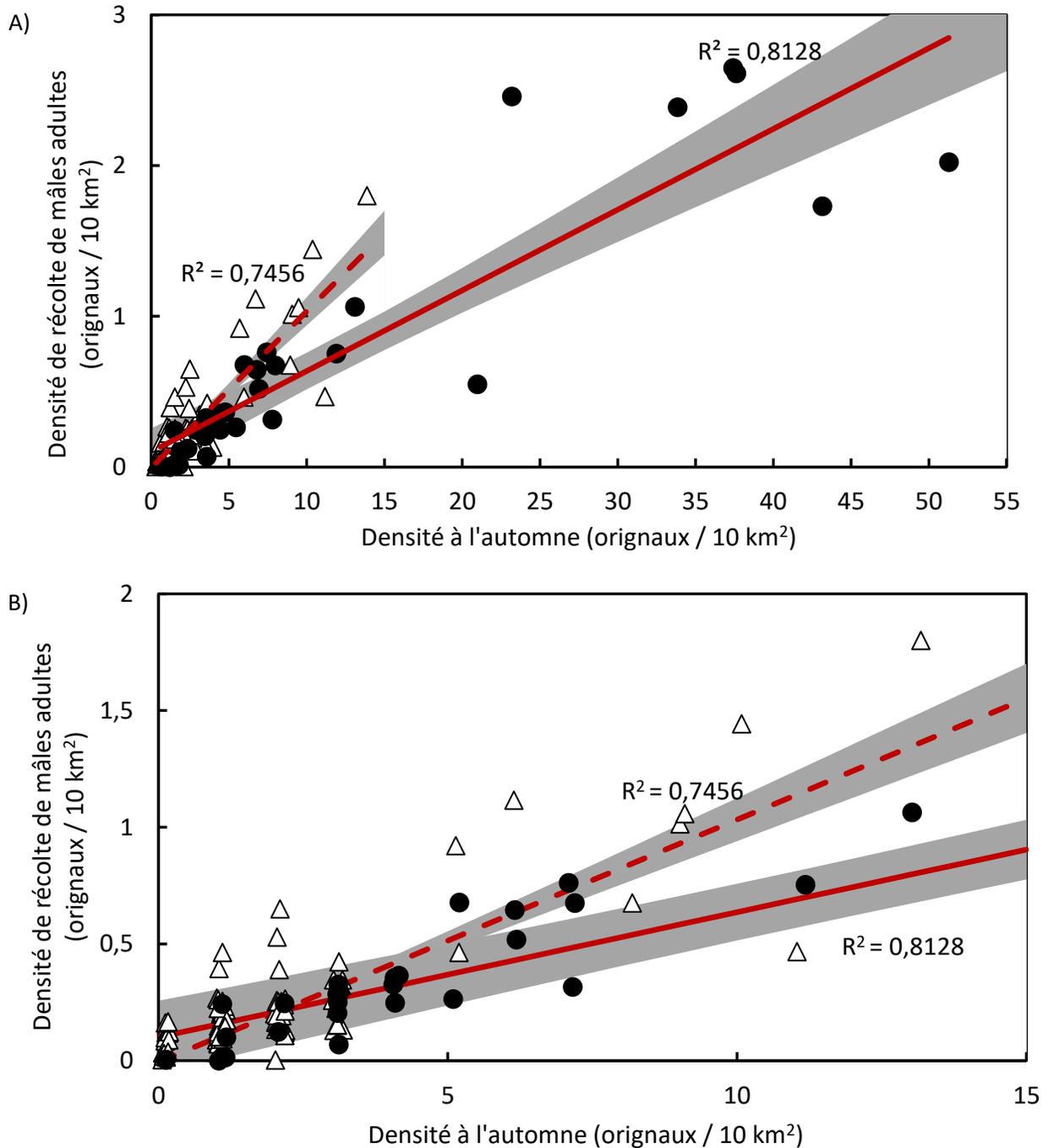


Figure 14 Relation entre la densité de récolte de mâles adultes et la densité d'oryx à l'automne estimée par inventaire aérien dans les réserves fauniques et le territoire libre non organisé (TNO) du Québec entre 1993 et 2014. Chaque point représente les résultats d'un inventaire aérien à une année précise. La densité de récolte d'oryx augmente linéairement avec leur densité dans les réserves fauniques (cercles, ligne pleine) ainsi que dans les TNO (triangles, ligne pointillée). La figure A) montre toute l'étendue des données alors que la figure B) offre une vue agrandie de la portion inférieure gauche de la figure A). L'intervalle de confiance à 95 % pour les réserves fauniques et dans les TNO est indiqué en gris.

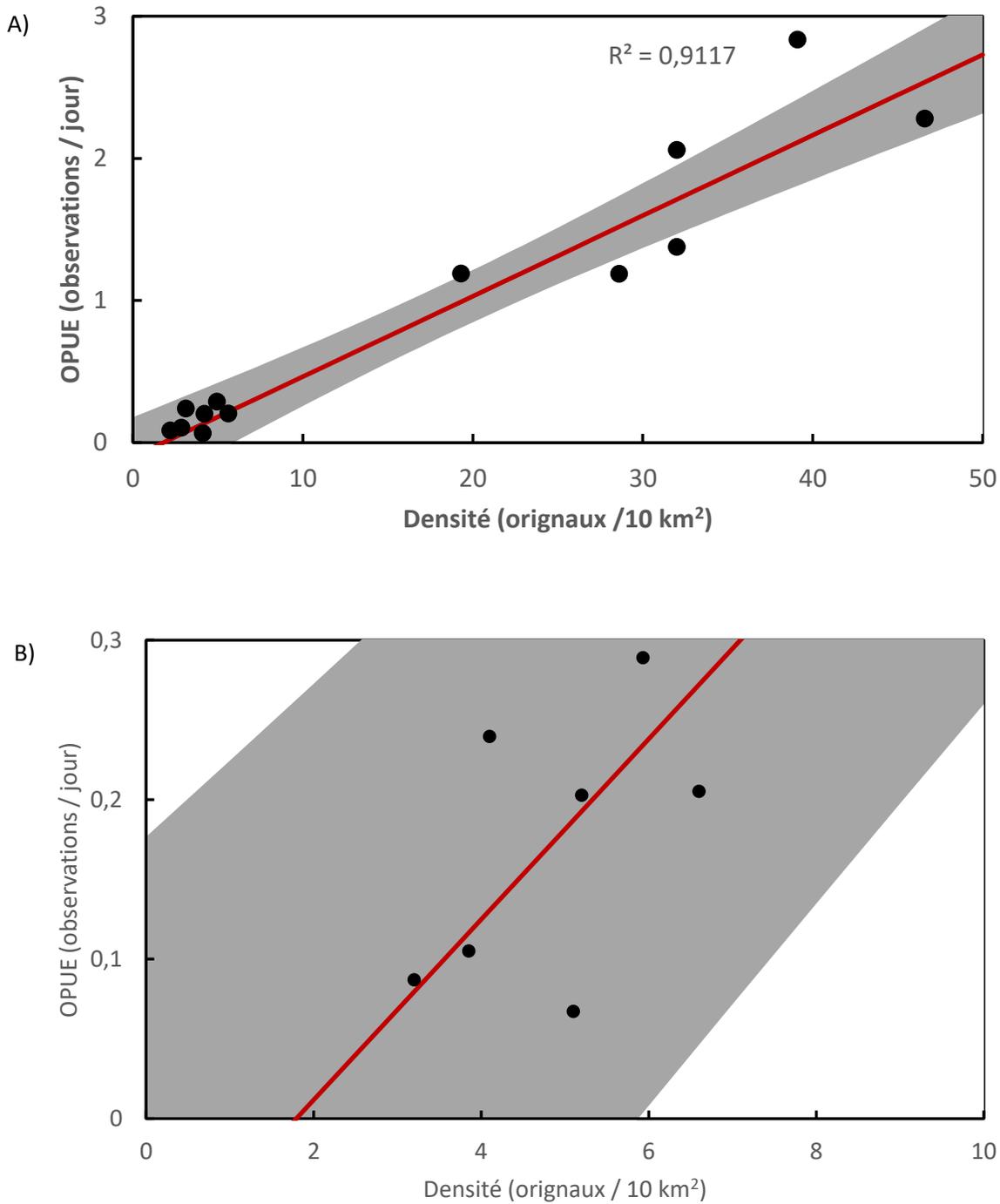


Figure 15 Relation entre les observations d'orignaux par unité d'effort (OPUE) et la densité d'orignaux estimée par inventaire aérien dans les réserves fauniques du Québec entre 1993 et 2014. La figure A) montre toute l'étendue des données alors que la figure B) offre une vue agrandie de la portion inférieure gauche de la figure A). Le nombre d'orignaux observés par jour augmente linéairement avec leur densité dans les réserves fauniques. L'intervalle de confiance à 95 % est indiqué en gris.

Comparaison dans deux réserves fauniques

Les réserves fauniques de Dunière et de Matane ont récolté des données d'observation sur une période suffisamment longue pour permettre des analyses plus approfondies de la récolte et des OPUE. Cela a permis de constater que le nombre d'orignaux observés non corrigé pour l'effort de chasse semble plus précis que la récolte ou les OPUE pour suivre les tendances des populations d'orignaux (Figure 16) dans ces réserves.

Le suivi de la récolte ou de la densité de récolte donne souvent une bonne estimation de la tendance de la population. Par contre, ces statistiques de chasse sont influencées par les modifications apportées aux modalités de gestion, ce qui les rend moins flexibles. Par exemple, la chasse aux femelles sans restriction a été introduite dans les deux réserves à partir de 2007 pour faire diminuer la taille de la population qui avait dépassé la capacité de support de l'habitat. Si l'on se fie à la récolte d'orignaux (Figure 16b), la population semble augmenter d'une façon exponentielle entre 2007 et 2009. Toutefois, la taille de la population a probablement diminué au cours de ces années en raison de l'accroissement du prélèvement. Les OPUE offrent une meilleure méthode de suivi de la tendance des populations dans ce cas. En effet, cette statistique reflète bien l'augmentation de la densité d'orignaux entre 1995 et 2007, mais cette augmentation est suivie par une diminution liée à l'introduction de la chasse à la femelle sans restriction (Figure 16c). Par contre, les OPUE semblent indiquer que les densités d'orignaux sont plus faibles que celles observées par inventaire aérien après 2007. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les chasseurs récoltent le premier original observé en seulement quelques heures (moins d'une journée). Dans ce cas, les OPUE seraient désavantagées, car elles sont calculées sur une base quotidienne. Pour éviter cela, il serait possible d'évaluer les OPUE à une fréquence plus élevée (p. ex. à la demi-journée). Une autre solution serait l'utilisation de la densité d'observation pour les réserves fauniques dont la superficie ne change pas entre les années et dont l'utilisation du territoire est similaire entre les années (p. ex. pourcentage de territoires vacants pendant la période de chasse). Dans ces cas, la densité d'observation pourrait être plus précise pour suivre les tendances des populations d'orignaux.

La densité d'observations d'orignaux semble mieux suivre la tendance des populations que les OPUE ou la densité de récolte pour les deux réserves (Figure 16a). De plus, si l'on considère l'ensemble des données pour toutes les réserves, la relation entre la densité d'original et la densité d'observations a une force de prédiction comparable à celle des OPUE (Figure 17). Par contre, les OPUE sont probablement plus pertinentes en territoires libres, car la variation du pourcentage du territoire utilisé entre les années et au cours de la période de chasse n'est pas connue.

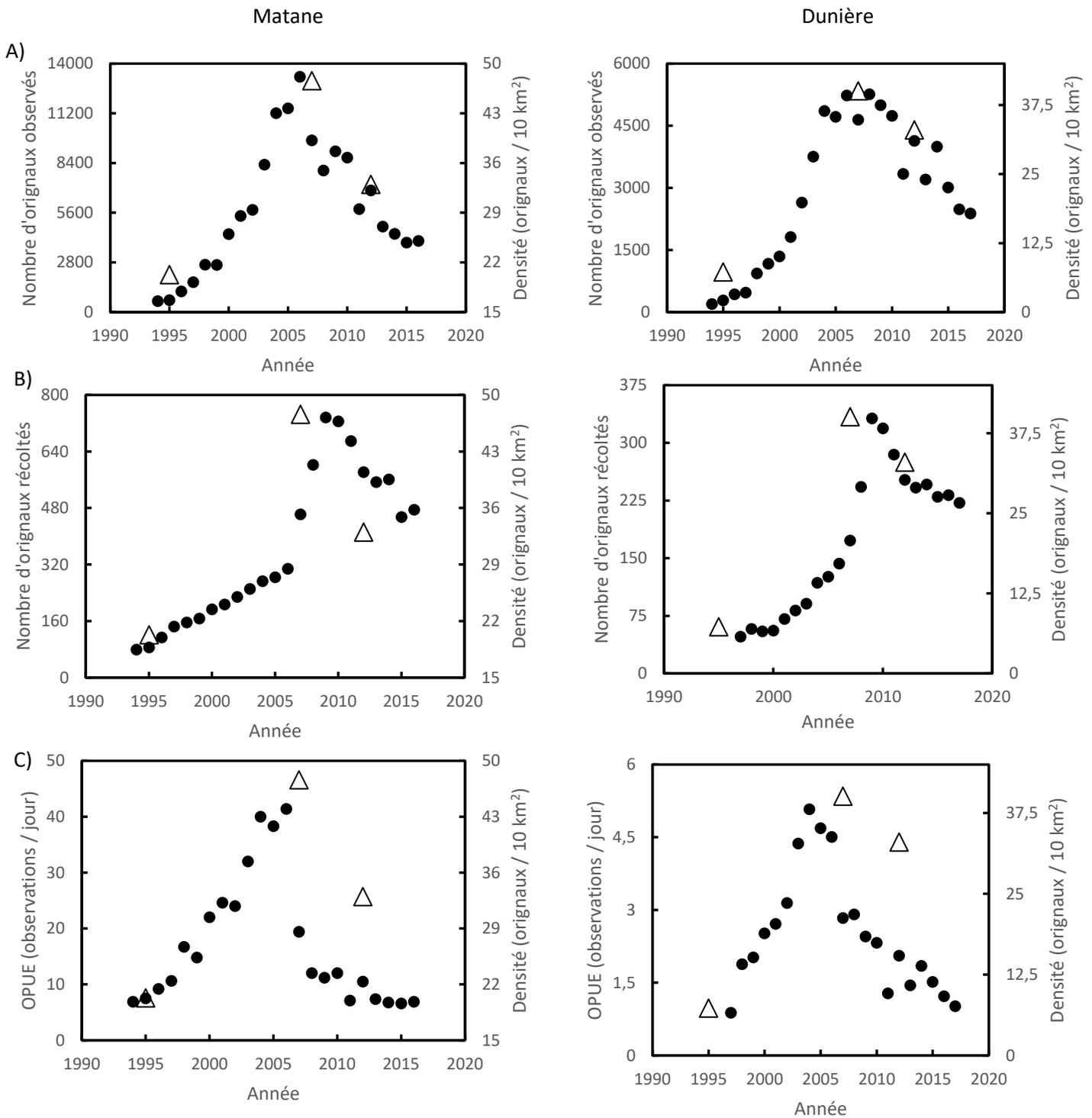


Figure 16 Évolution des densités d'orignaux déterminées par inventaire aérien (triangles) et des indicateurs de suivi (cercles : nombre d'orignaux observés, nombre d'orignaux récoltés et observations d'orignaux par unité d'effort ou OPUE) dans les réserves fauniques de Matane et de Dunière entre 1993 et 2014. Le nombre d'orignaux observés (A) évalue mieux la tendance et la densité de la population d'orignaux évaluée par inventaire aérien (triangles) que le nombre d'orignaux récoltés (B) et que les OPUE (C) aussi bien dans la réserve faunique de Matane que dans celle de Dunière.

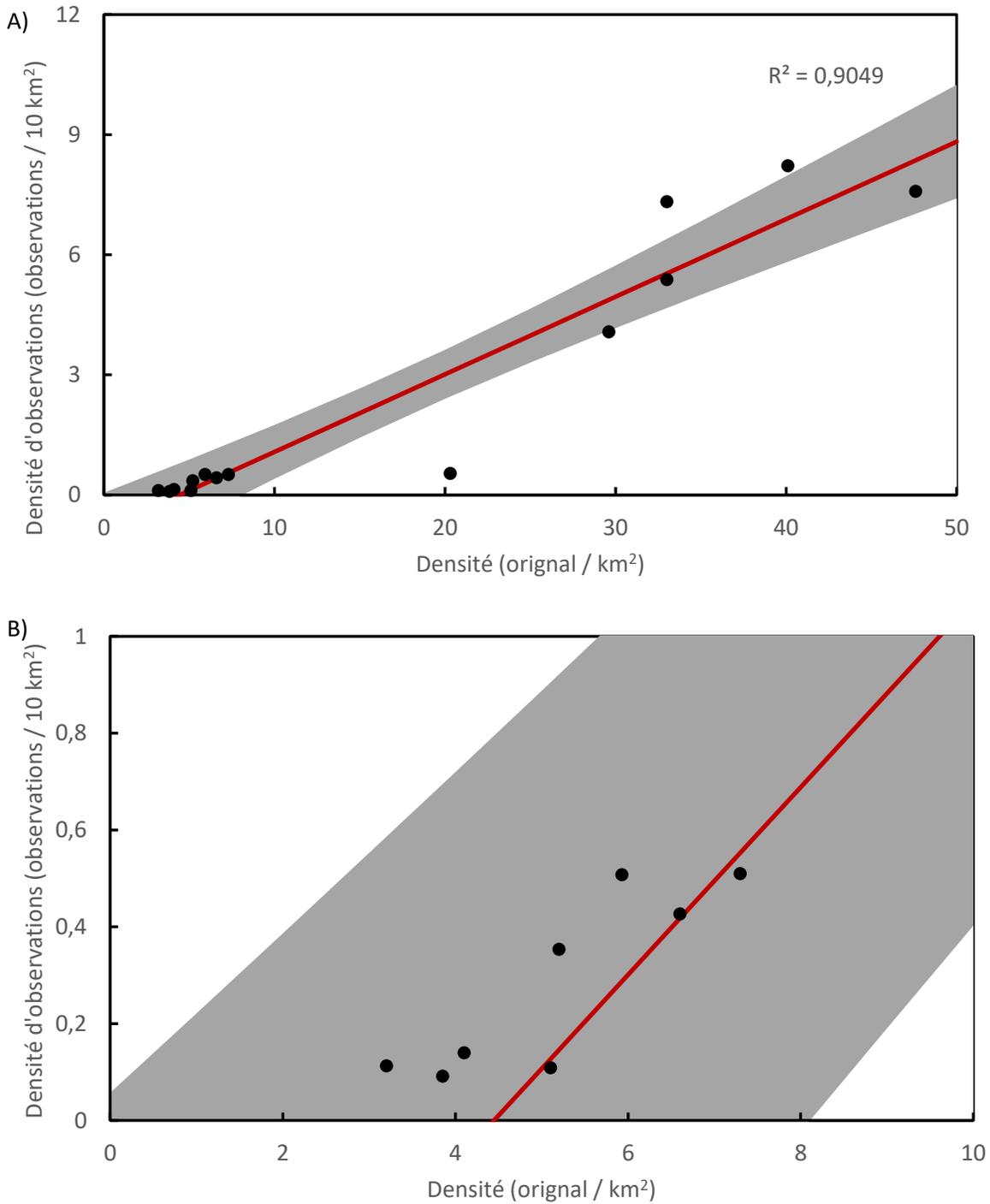


Figure 17 Relation entre la densité d'observations d'orignaux et la densité d'orignaux estimée par inventaire aérien dans les réserves fauniques du Québec entre 1993 et 2014. La figure A) montre toute l'étendue des données alors que la figure B) offre une vue agrandie de la portion inférieure gauche de la figure A). La densité d'observations des orignaux augmente linéairement avec la densité d'orignaux dans les réserves fauniques. L'intervalle de confiance à 95 % est indiqué en gris.

Principaux constats (à partir des données des réserves fauniques)

- Le succès de chasse à l'orignal pourrait être utilisé pour des densités d'originaux inférieures à 10 individus par 10 km². Au-delà de ce seuil, cet indicateur n'est pas assez sensible pour suivre les tendances des populations d'originaux;
- Les OPUE et la densité de récolte sont de bons indicateurs de l'abondance des populations d'originaux, mais la relation entre les OPUE et la densité d'originaux mesurée par inventaire aérien est meilleure que celle entre la densité de récolte et la densité d'originaux. Avant de généraliser leur utilisation au Québec, il faudrait toutefois s'assurer de la rigueur dans la compilation des observations par les chasseurs ainsi que de leur collaboration à long terme considérant la problématique d'appropriation du territoire par certains groupes;
- La relation entre les OPUE ou la densité de récolte et la densité d'originaux mesurée par inventaire est linéaire contrairement à celle entre le succès de chasse et la densité d'originaux, ce qui en fait de meilleurs indicateurs dans les populations ayant une densité élevée;
- La performance des OPUE, à tout le moins dans les réserves fauniques avec de fortes densités d'originaux, pourrait possiblement être améliorée en demandant aux chasseurs une information par demi-journée ou en calculant une densité d'observations.

Réflexion sur les inventaires aériens

Les premiers recensements aériens pour la faune sauvage ont eu lieu au cours des années 1930 aux États-Unis, mais ils ont gagné en popularité vers 1947 en raison des avancées technologiques et de la disponibilité de pilotes d'avion performants pour effectuer des vols à faible vitesse à basse altitude, suivant la Deuxième Guerre mondiale (Bolen, 2000; US Fish and Wildlife Service, 2018). Au Québec, les premiers inventaires pour l'orignal datent de la fin des années 1960 (Courtois, 1989). Par contre, il aura fallu attendre à 1986 pour qu'une technique d'inventaire standardisée et fiable soit développée. Il s'agit de l'échantillonnage double ou de l'échantillonnage aléatoire stratifié (Rivest et coll., 1990). C'est également à ce moment qu'un plan quinquennal d'inventaire a été mis en place afin d'inventorier la totalité du territoire susceptible de supporter des populations d'orignaux, à l'exception des réserves fauniques (Courtois, 1991). Les inventaires aériens sont généralement utilisés en deux circonstances. Dans un premier temps, ils permettent d'estimer la répartition spatiale, l'abondance, la structure de population et la productivité (proportion de jeunes dans la population) d'une espèce sur le territoire. Deuxièmement, ils sont utilisés pour évaluer l'efficacité des mesures de gestion (p. ex. prélèvement par la chasse) ou d'aménagement (p. ex. modification de l'habitat) pour le maintien, la diminution ou la croissance des populations animales.

Au Québec, avant la fin des années 1980, les connaissances sur les populations d'orignaux n'étaient pas adéquates pour en assurer une gestion optimale (Grenier, 1977; Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, 1985). Le premier plan quinquennal d'inventaires aériens a ainsi permis d'évaluer les paramètres démographiques et de documenter la tendance des populations dans chacune des zones de chasse. Les résultats ont montré que, de façon générale, les populations étaient en léger déclin, ce qui a mené à l'élaboration du premier plan de gestion pour l'orignal en 1994 (Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, 1993). Par la suite, les inventaires aériens se sont avérés utiles pour évaluer la performance des mesures de gestion mises de l'avant. Ainsi, grâce à ces inventaires, il a été possible de démontrer le succès des modalités de gestion selon les objectifs poursuivis.

Aujourd'hui, la réalisation des inventaires aériens de l'orignal permet périodiquement de confirmer l'abondance des populations d'orignaux sur la majeure partie du territoire québécois. Bien que les inventaires aériens représentent sans doute le meilleur outil pour le suivi des populations d'orignaux et que les gestionnaires de la ressource aient une très grande confiance en ceux-ci, ils ne sont pas utilisés par toutes les juridictions, sans doute à cause de leurs coûts (voir la figure 4). De plus, les inventaires aériens ne sont pas le seul outil utilisé par les biologistes pour gérer les populations d'orignaux. En effet, plusieurs indicateurs, dérivés entre autres des statistiques de chasse, permettent d'évaluer la tendance des populations sur une base annuelle. Dans la plupart des cas, les résultats des analyses présentées dans la section 4 du présent document montrent que les OPUE ou la densité de récolte pourraient suffire pour identifier les populations problématiques ou à surveiller.

De nos jours, l'objectif n'est plus nécessairement de connaître précisément la densité d'orignaux sur le territoire, mais bien de déterminer quand il devient nécessaire de modifier les modalités de gestion pour assurer la pérennité de cette ressource ou maintenir la satisfaction de la clientèle de chasseurs. Dans un tel contexte, on doit s'interroger sur la pertinence de maintenir la stratégie actuelle à l'égard de la planification des inventaires. En effet, la planification en vigueur prévoit la réalisation d'un inventaire dans une zone de chasse de façon périodique (p. ex. tous les 5 à 10 ans). Avec l'expertise acquise dans la gestion de l'orignal depuis la mise en place du premier plan de gestion et la disponibilité de nouveaux outils, la pertinence de la réalisation d'un inventaire systématique doit être évaluée. Par contre, cette remise en question ne signifie pas que les inventaires sont dorénavant inutiles. Ils demeureront toujours un outil de prédilection pour faire le suivi des populations d'orignaux dans des situations problématiques ou encore pour évaluer la performance de nouveaux outils de gestion.

En conséquence, les actions suivantes sont proposées :

1. Changer l'approche actuelle qui prévoit un inventaire périodique dans chaque zone de chasse;

2. Élaborer un nouveau cadre décisionnel pour déterminer les besoins en inventaires aériens. Ce dernier devra permettre d'identifier les zones de chasse où des inventaires sont requis et d'établir un ordre de priorité pour leur réalisation;
3. Élaborer de nouvelles approches d'échantillonnage pour estimer des paramètres spécifiques des populations d'originaux selon les problématiques locales liées à la gestion.

Nouveau cadre pour les inventaires aériens

Les principaux facteurs devant être considérés lors de la planification des inventaires aériens et qui doivent être intégrés dans le nouveau cadre décisionnel de planification sont les problèmes anticipés au sein d'une population, les informations contradictoires dans les indicateurs de suivi ainsi que les besoins spécifiques pour la gestion et autres cas particuliers.

Problème anticipé dans la population

Un inventaire pourrait être justifié dans un cas où des indicateurs montrent une baisse inquiétante du cheptel d'original ou encore une densité anormalement faible par rapport aux attentes du biologiste responsable de la gestion de la zone de chasse concernée. Cet inventaire devrait faire le point sur l'état de la population et permettre d'ajuster les mesures de gestion. D'autres inventaires pourraient être requis plus tard afin de vérifier l'efficacité des mesures de gestion mises de l'avant. Ce critère devrait être dominant pour établir les priorités afin de prévenir une dégradation de la situation.

Informations contradictoires dans les indicateurs de suivi

Un inventaire pourrait être nécessaire pour établir le diagnostic d'une population lorsque plusieurs indicateurs de suivi offrent une image contradictoire de la trajectoire de cette population et que le biologiste responsable de la gestion de l'original manque de précisions pour avoir un portrait juste de la situation.

Besoins spécifiques pour la gestion et autres cas particuliers

Bien que la gestion de l'original s'effectue à la grandeur d'une zone de chasse, les inventaires aériens pourraient également être utiles dans différentes situations pour définir les modalités de gestion ou jeter un éclairage supplémentaire sur un problème particulier, par exemple pour déterminer les quotas dans les pourvoiries ou évaluer la densité dans un secteur où l'on observe une problématique récurrente d'accidents routiers. Il faudrait toutefois adapter la méthode de l'inventaire aérien afin de respecter les conditions plus restreintes lorsque la problématique permet de répondre à une question liée à la gestion de l'espèce. De plus, lorsqu'un inventaire est requis dans un territoire pour documenter une problématique, il pourrait être pertinent de planifier un second inventaire quelques années plus tard pour évaluer l'effet des mesures de gestion mises en place pour corriger la situation.

L'argent économisé en réduisant les heures d'inventaire pourrait être réinvesti dans des programmes de recherche sur l'original ou dans un meilleur suivi des zones problématiques. Dans les cas où cela est possible, il faudrait également continuer de s'arrimer avec les inventaires de cerfs de Virginie pour récolter les informations conjointement.

Nouvelle approche d'acquisition de données par inventaire aérien pour des besoins spécifiques

Démarche

La réalisation des inventaires traditionnels est basée sur un échantillonnage de parcelles d'inventaire de 6 km x 10 km réparties sur le territoire. Ces parcelles sont survolées dans une première phase en avion ou en hélicoptère afin de localiser les réseaux de pistes d'originaux. Dans un second temps, un hélicoptère procède au dénombrement et au sexage des originaux présents dans les réseaux de pistes observés durant la première phase. Pour l'inventaire aléatoire stratifié ou la couverture totale, il est possible de faire des économies en effectuant ces deux étapes en une seule phase. Toutefois, cela n'est pas possible lorsque

la méthode d'échantillonnage aléatoire double est utilisée. Cette méthode est exhaustive dans le sens où elle permet de colliger toutes les informations nécessaires pour la gestion des populations. Dans une optique où l'on souhaiterait obtenir uniquement de l'information sur un paramètre spécifique de la population, par exemple le nombre de faons par 100 femelles, un échantillonnage plus restreint pourrait être effectué. L'effort d'échantillonnage à adopter pourrait varier selon la question posée et des économies pourraient être réalisées.

Afin d'établir le nombre d'orignaux devant être classés pour bien documenter un paramètre de la population comme la productivité ou le rapport des sexes, nous avons utilisé les résultats des inventaires réalisés en 2009 dans la zone de chasse 15, en 2013 dans la zone de chasse 27 et en 2014 dans la zone de chasse 2. Nous avons sélectionné ces trois régions afin de vérifier s'il existe une différence pour des populations ayant des densités différentes. En effet, la zone de chasse 15 représente une population ayant une densité faible (2 orignaux/10 km²), la zone de chasse 27 une densité intermédiaire (7,5 orignaux/10 km²) et la zone de chasse 2 une densité élevée (11,5 orignaux/10 km²). Ces données ont permis de déterminer le nombre minimal d'orignaux devant être survolés pour que les statistiques (rapport des sexes, structure d'âge et productivité) se stabilisent et aient une précision acceptable à des fins de gestion (précision arbitraire de $\pm 10\%$ au seuil de probabilité $\alpha = 0,10$). Afin de considérer la sélection aléatoire des parcelles à survoler, nous avons utilisé des simulations de Monte Carlo avec 1 000 itérations. Le point de rupture, évaluant le nombre minimal d'orignaux à survoler, a été déterminé à partir de la procédure « segmented » du logiciel R. Nous avons également vérifié si la productivité était similaire dans les groupes mixtes, les groupes de femelles et pour les femelles seules afin de voir si l'estimation de la productivité pouvait être biaisée si tous les types de groupes ne sont pas survolés en proportion de leur disponibilité dans la population.

Rapport des sexes

La moyenne du rapport des sexes de la population se stabilise assez rapidement dans les trois régions (Figure 18). Il faut toutefois sexer beaucoup plus d'orignaux afin d'avoir une valeur précise à $\pm 10\%$. De plus, il est nécessaire de sexer un plus grand nombre d'individus lorsque la densité de la population augmente. En effet, il est nécessaire de sexer environ 200, 500 et 600 orignaux pour les zones de chasse 15, 27 et 2 respectivement pour avoir une idée précise du rapport des sexes (c.-à-d. $\pm 10\%$, $\alpha = 0,10$; Tableau 16).

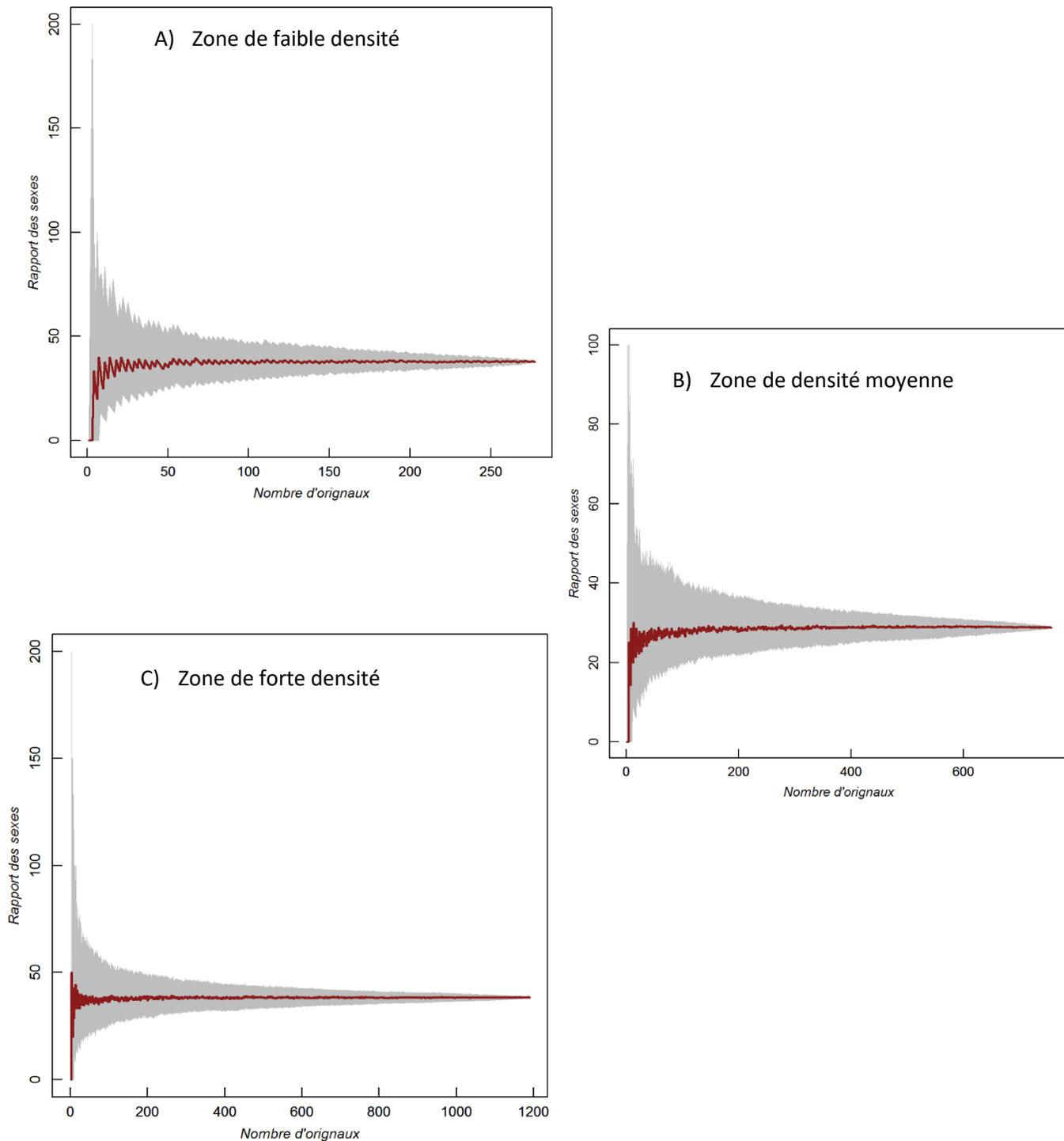


Figure 18 Détermination du rapport des sexes (mâles par 100 femelles) selon le nombre d'orignaux sexés dans une zone de A) faible densité d'orignaux (zone de chasse 15 en 2009), de B) densité moyenne d'orignaux (zone de chasse 27 en 2013) et de C) forte densité d'orignaux (zone de chasse 2 en 2014). Nous avons utilisé des simulations de Monte Carlo avec 1 000 itérations pour évaluer l'intervalle de confiance à 90 % (zone grise).

Productivité globale

La moyenne de la productivité de la population se stabilise légèrement moins rapidement que le rapport des sexes dans les trois régions (Figure 19). Par contre, la précision recherchée est atteinte plus rapidement. De plus, il semble également y avoir des différences du nombre d'originaux à classer entre les différentes densités de population pour atteindre la précision recherchée. En effet, il est nécessaire de classer environ 170 originaux dans les régions de faible densité et 380 originaux dans celles ayant une densité moyenne ou forte pour avoir une idée précise de la productivité de la population (c.-à-d. $\pm 10\%$, $\alpha = 0,10$; Tableau 16).

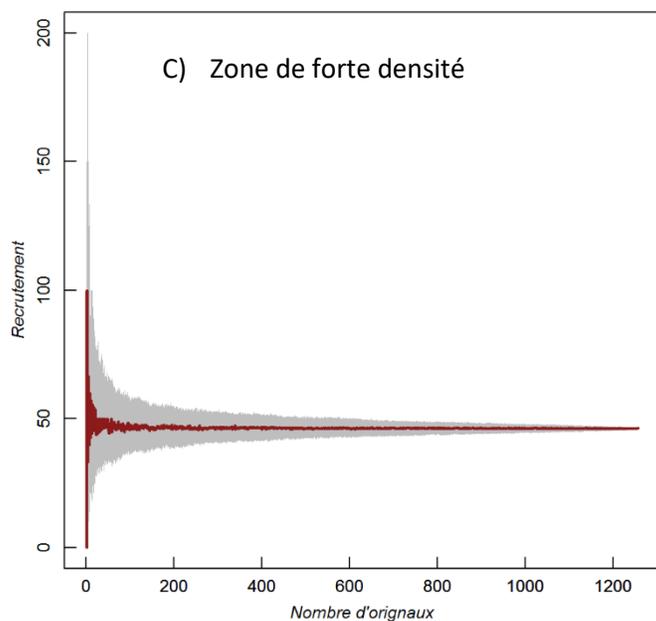
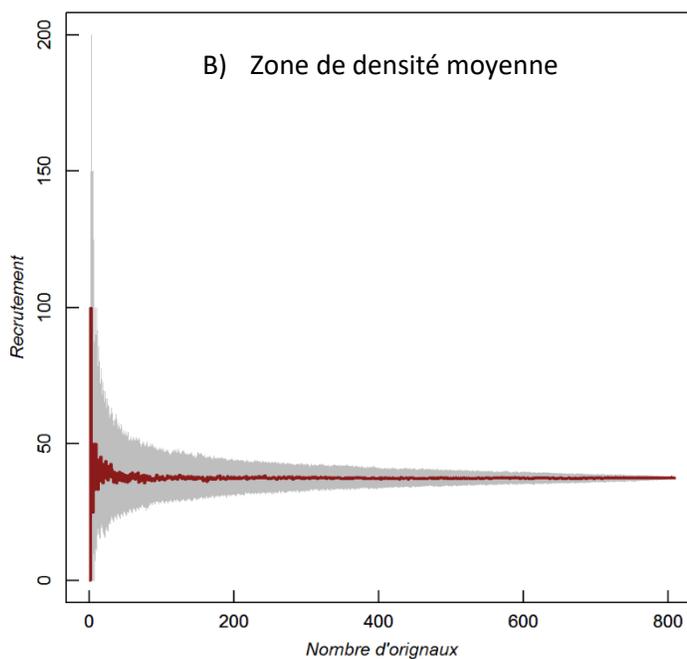
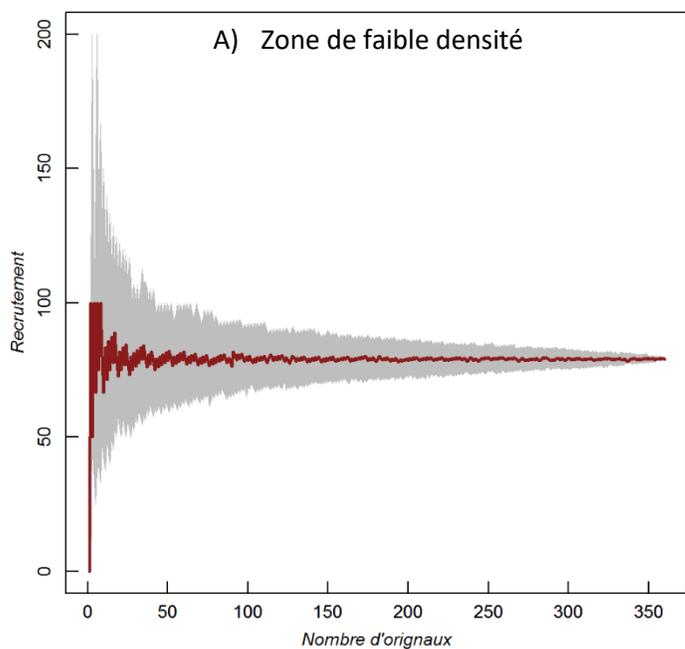


Figure 19 Détermination de la productivité (faons par 100 femelles) selon le nombre d'orignaux classés dans une zone de A) faible densité d'orignaux (zone de chasse 15 en 2009), de B) densité moyenne d'orignaux (zone de chasse 27 en 2013) et de C) forte densité d'orignaux (zone de chasse 2 en 2014). Nous avons utilisé des simulations de Monte Carlo avec 1 000 itérations pour évaluer l'intervalle de confiance à 90 % (zone grise).

Tableau 16 Nombre minimal d'orignaux devant être classés pour évaluer le rapport des sexes et la productivité avec une précision de $\pm 10\%$ ($\alpha = 0,10$) pour différentes densités de population d'original

Densité d'orignaux	Rapport des sexes		Productivité	
	Moyenne	IC 90 %	Moyenne	IC 90 %
Faible (zone de chasse 15)	17	206	16	170
Moyenne (zone de chasse 27)	35	477	49	377
Forte (zone de chasse 2)	44	592	61	378

Productivité selon les groupes

La productivité est différente selon le type de groupe survolé. Les femelles adultes seules sont accompagnées d'un plus grand nombre de faons que les femelles adultes regroupées ou les femelles adultes accompagnées d'un ou plusieurs mâles adultes (figure 20). Cela peut s'expliquer par le fait que les femelles de 1,5 an, qui ne sont pas suivies, mais considérées comme adultes, se regroupent avec d'autres individus, diminuant la productivité apparente de ces groupes. Il est donc important de poursuivre l'inventaire jusqu'à ce que l'on ait classé un nombre suffisant de chacun des différents types de groupes afin d'évaluer sans biais la productivité de la population. De plus, le nombre d'orignaux à classer est généralement moins élevé lorsque les femelles adultes sont seules et lorsque la densité de la population diminue (Tableau 17).

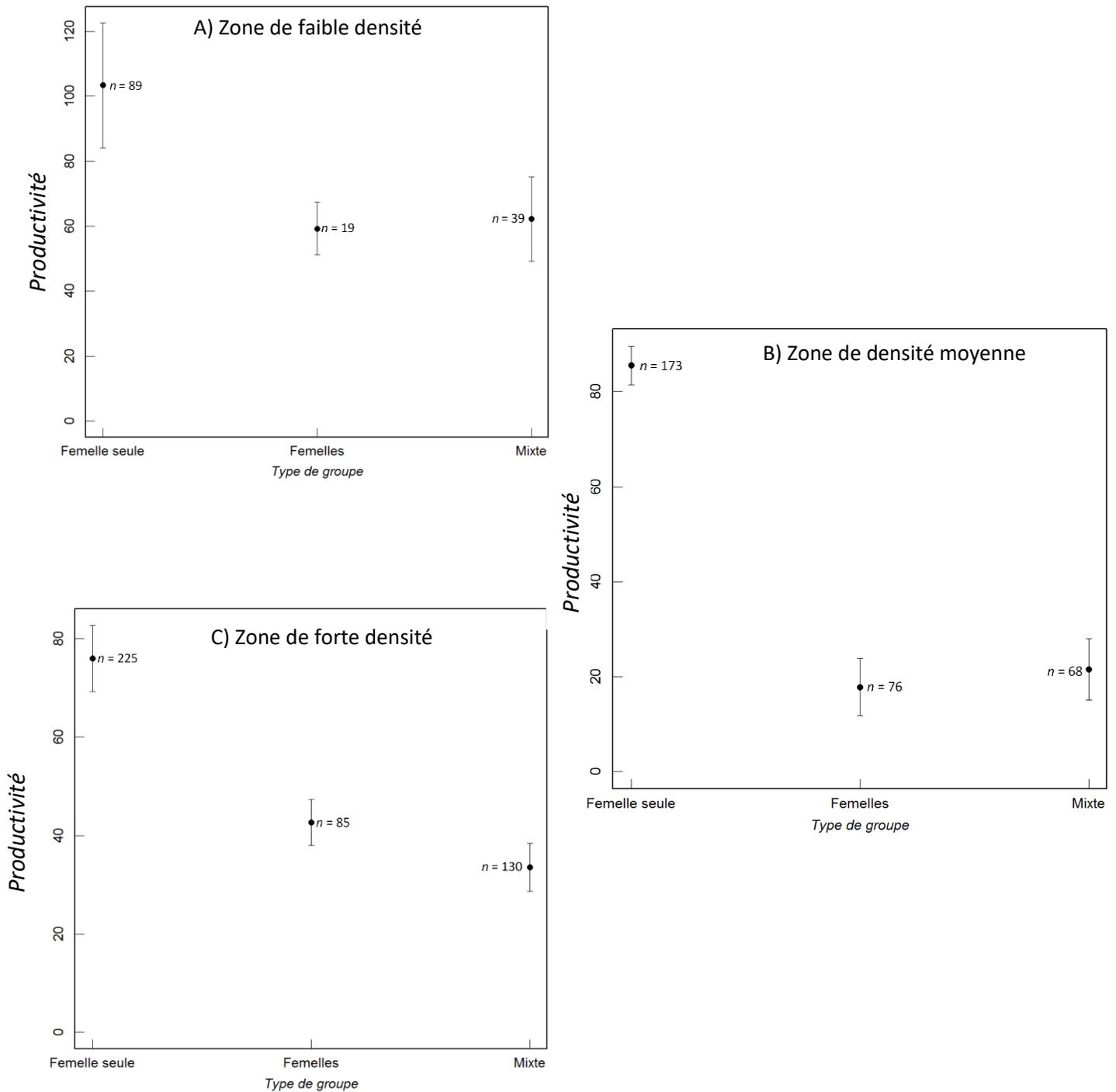


Figure 20 Productivité (faons par 100 femelles) selon le type de groupe observé lors de l'inventaire aérien dans A) faible densité d'orignaux (zone de chasse 15 en 2009), de B) densité moyenne d'orignaux (zone de chasse 27 en 2013) et de C) forte densité d'orignaux (zone de chasse 2 en 2014). La taille de l'échantillon (n) correspond au nombre de groupes observés. L'intervalle de confiance à 90 % est présenté pour chaque valeur non nulle.

Tableau 17 Nombre minimal d'orignaux devant être classés pour évaluer la productivité selon la densité de la population et le type de groupe

Type de groupe	Faible densité		Densité moyenne		Forte densité	
	- zone 15 -		- zone 27 -		- zone 2 -	
	<i>Moyenne</i>	<i>IC 90 %</i>	<i>Moyenne</i>	<i>IC 90 %</i>	<i>Moyenne</i>	<i>IC 90 %</i>
Femelle seule	28	62	19	103	24	106
Femelles	13	59	15	176	28	213
Mixte	36	86	27	238	90	319

Évaluation des coûts

Cette nouvelle approche d'acquisition de données, qui cible des paramètres spécifiques de la population, permettrait d'engendrer des économies substantielles. En effet, le coût théorique minimal pour évaluer le rapport des sexes ou la productivité dans une population pourrait être la moitié du coût d'un inventaire aérien complet (Tableau 18). Les coûts présentés dans le tableau n'ont pas été actualisés selon le coût de la vie et ne sont utiles que pour mettre en évidence les différences au moment où l'inventaire a été réalisé. Cette évaluation est simpliste et ne représente que l'économie liée au temps de vol réduit pour survoler le nombre d'orignaux nécessaires pour atteindre les objectifs de précision présenté dans cette section du document. Par contre, bien que le coût réel serait probablement plus élevé afin d'inventorier le nombre suffisant d'orignaux selon les types de groupe, car la composition du ravage ne peut être connue avant de le survoler et que des frais fixes comme le nolissement d'un appareil ne sont pas liés au temps de vol, cette méthode est tout de même moins dispendieuse.

Tableau 18 Coûts réels et théoriques d'un inventaire visant à évaluer le rapport des sexes et la productivité selon le nombre minimal de ravages devant être survolés en fonction de la densité de la population d'orignaux

Type de coût	Faible densité	Densité moyenne	Forte densité
	- zone 15 -	- zone 27 -	- zone 2 -
Réel total	146 535 \$	146 111 \$	144 667 \$
Réel par original survolé	335 \$	150 \$	90 \$
Théorique pour connaître le rapport des sexes	69 230 \$	71 330 \$	53 970 \$
Théorique pour connaître la productivité	69 570 \$	77 320 \$	58 160 \$

Principaux constats

- La réalisation d'un inventaire périodique dans toutes les zones de chasse n'est plus justifiée. Les inventaires aériens doivent être maintenus, car ils constituent le meilleur de nos outils de gestion (section 2). Il faut cependant les utiliser dans des contextes précis et établir une grille de critères pour déterminer un ordre de priorité pour leur réalisation;
- Des survols aériens pourraient être utilisés pour estimer d'autres paramètres que la densité comme la structure d'âge ou le rapport des sexes, s'il existe des problèmes particuliers.
- Pour obtenir une estimation suffisamment précise ($\pm 10\%$, $\alpha = 0,10$) du rapport des sexes, des échantillons d'environ 200, 480 et 590 orignaux devraient être minimalement survolés pour des populations de faible, moyenne ou forte densité respectivement ;
- Pour obtenir une estimation suffisamment précise ($\pm 10\%$, $\alpha = 0,10$) de la productivité, des échantillons d'environ 200, 520 et 640 orignaux devraient être minimalement survolés pour des populations de faible, moyenne ou forte densité respectivement ;
- Le coût théorique pourrait ainsi être réduit comparativement au coût actuel d'un inventaire aérien complet.

Discussion

Le suivi des populations d'orignaux s'effectue sensiblement de la même manière depuis 1990. Les autres provinces et États nord-américains ayant des populations d'orignaux bien établies utilisent généralement les mêmes outils que le Québec, ou des outils similaires, pour gérer cette espèce. Ces outils sont principalement les statistiques de récolte et les inventaires aériens. Les statistiques de récolte produisent des indicateurs de l'abondance, de la productivité et du taux d'exploitation de la population tandis que les inventaires aériens permettent de confirmer le statut de la population à intervalle régulier. C'est un système qui s'est avéré efficace afin d'optimiser la mise en valeur de cette ressource. En effet, les zones de chasse situées dans l'est du Québec supportent les densités d'orignaux les plus élevées et seules les populations du sud-est et du sud-ouest enregistrent des décroissances plus ou moins marquées. Au cours des dernières années, certains facteurs de mortalité naturels ont évolué et ils devraient être surveillés dans l'avenir. Ces réflexions, appuyées par les résultats présentés dans ce document, nous permettent de proposer quelques ajustements au système de suivi québécois.

Analyse du système de suivi et améliorations

Le système de suivi des populations d'orignaux au Québec devrait conserver les mêmes outils de base, qui ont assuré la gestion de cette espèce depuis 1990, soit les statistiques de chasse et les résultats provenant des inventaires aériens (Tableau 19). Par contre, ces outils doivent être modernisés pour mieux s'adapter à la situation actuelle, entre autres avec l'enregistrement en ligne qui a débuté à l'automne 2020.

Statistiques de chasse

Le suivi des populations d'orignaux doit continuer de profiter des statistiques de chasse colligées lors de l'enregistrement des orignaux récoltés. Nous proposons l'utilisation :

- de la densité de récolte des mâles adultes comme principal indicateur d'abondance;
- du pourcentage des 1,5 an dans la récolte comme indicateur de productivité;
- du pourcentage et de l'âge moyen des mâles adultes dans la récolte comme indicateurs du taux d'exploitation.

Considérant ce qui précède, il est crucial que la collecte des données suivantes soit maintenue : le sexe, le lieu de récolte et l'âge (échantillon de dents). Avec la venue de l'enregistrement en ligne, un nouveau protocole devra être élaboré pour assurer un échantillonnage adéquat de dents. Le nombre de permis vendus par zone est également une variable d'intérêt, car il permet d'évaluer le succès de chasse annuel.

Lorsque les modalités de gestion ne changent pas, l'utilisation de la densité de la récolte permet d'assurer un suivi adéquat des tendances des populations d'orignaux. Par contre, cet indicateur peut mener à des conclusions erronées lorsque les modes de gestion sont modifiés. Pour corriger cette problématique, nous suggérons l'utilisation d'un nouvel indicateur, soit la densité d'observation ou des OPUE. Le sexe et la classe d'âge (faon/adulte) des animaux observés devraient également être enregistrés pour accroître l'utilité de cet indicateur. Ces indicateurs ne sont pas influencés par les restrictions de prélèvement et ont un pouvoir prédictif plus élevé que la densité de récolte ou le succès de chasse pour estimer la densité d'orignaux sur un territoire. Il faudra toutefois sensibiliser les chasseurs à l'importance de noter leurs observations afin de s'assurer de leur qualité. Ces informations, de même que le nombre de journées chassées, devraient être colligées lors de l'enregistrement de l'animal abattu ou par un sondage envoyé aux chasseurs si l'on souhaite obtenir de l'information des chasseurs n'ayant pas eu de succès. Afin de s'assurer d'un échantillon suffisant pour effectuer une gestion adéquate des orignaux au Québec, le sondage devrait être obligatoire pour tous les chasseurs et pas seulement ceux qui ont abattu un orignal, comme cela se fait en Ontario. Une seconde option serait de développer une application pour le téléphone intelligent comme cela a été fait en Alberta. Enfin, les OPUE et le nombre de demi-journées chassées devraient aussi être récoltés dans les territoires structurés.

Inventaires aériens

Malgré la robustesse des indicateurs indirects, les inventaires aériens doivent demeurer un des outils à la base de la gestion de l'orignal au Québec. Les constats et réflexions faits dans ce document nous suggèrent cependant de modifier l'approche préconisée pour leur planification et d'élaborer un nouveau cadre pour établir les priorités de réalisation des inventaires. En effet, les inventaires aériens doivent servir à documenter une situation problématique et favoriser la prise de décisions pour la gestion. Le choix de réaliser ou non un inventaire serait donc justifié par des critères clairement définis afin que le ministère puisse prendre des décisions éclairées et objectives.

Tableau 19 Indicateurs à prioriser selon le paramètre de la population à estimer

Paramètre	Indicateurs à prioriser	Fréquence
Tendance	- Densité de la récolte des mâles adultes	Annuelle
	- OPUE	Annuelle ou bisannuelle
	- Succès de chasse	Annuelle
	- Densité de récolte	Annuelle
Abondance	- Densité d'orignaux (inventaire aérien)	Au besoin
	- OPUE	Annuelle ou bisannuelle
Productivité	- Pourcentage de femelles en lactation dans la récolte	Annuelle
	- Pourcentage de 1,5 an dans la récolte	Annuelle
	- Faons/100 femelles adultes (inventaire aérien, OPUE)	Annuelle ou bisannuelle
Taux d'exploitation	- Pourcentage des mâles adultes dans la récolte	Annuelle
	- Âge moyen des mâles adultes dans la récolte	Annuelle
	- Taux d'exploitation (inventaire aérien, OPUE)	Annuelle ou bisannuelle
Mortalité naturelle	- Accidents routiers	Annuelle
Santé	- Prévalence de la tique d'hiver	Annuelle
	- Degré d'infestation de la tique d'hiver	Annuelle
	- Suivi des maladies	Annuelle
Habitat	- Évaluation la qualité de l'habitat de l'orignal	Au besoin

Le comité tient à réitérer que les inventaires demeurent le meilleur moyen de caractériser une population d'orignaux et de déterminer quand il devient nécessaire de modifier les modalités de gestion pour en assurer une mise en valeur optimale.

Suivi de la santé des orignaux

Le nouveau système de suivi doit être robuste et adapté aux conditions environnementales changeantes, notamment à l'égard des effets anticipés des changements climatiques. En effet, dans le sud de son aire de répartition, à cause des conditions hivernales plus clémentes, l'orignal sera exposé à une présence accrue de la tique d'hiver. L'effet de ce parasite étant également dépendant des densités d'orignaux, cet élément doit être considéré dans la gestion de cette espèce. De plus, au sud et au centre de la province, une augmentation de l'abondance du cerf de Virginie ainsi que l'amélioration des conditions environnementales pour les gastéropodes exposeront davantage l'orignal à certains parasites comme le ver des méninges, la douve du foie et le ver artériel. Les populations d'orignaux seraient ainsi plus fragiles face aux facteurs affectant les paramètres démographiques.

Comme il a été démontré que la tique d'hiver a le potentiel de constituer un facteur de mortalité significatif dans une population d'orignaux sous certaines conditions, il est pertinent de maintenir le suivi de l'infestation par la tique d'hiver dans les régions concernées par cette problématique et de poursuivre les analyses des données, dans le contexte où les changements climatiques sont susceptibles d'augmenter la présence de ce parasite au Québec. L'Ontario a développé un indice d'infestation par la tique d'hiver basé sur la proportion du corps touchée par l'alopecie. Le Québec pourrait vérifier si la science collaborative permettrait de développer un outil similaire. L'analyse des données provenant d'un projet de recherche qui a débuté en 2019 permettra également de comprendre et de prévoir la dynamique des interactions entre la tique d'hiver et l'orignal, de même que les effets cumulatifs de différents parasites internes de l'orignal dans l'est du Canada en fonction des conditions climatiques. La gestion des populations d'orignaux au Québec intégrera donc les résultats de cette étude au cours des prochaines années.

Références

- Anderson RC (1972). The ecological relationships of meningeal worm and native cervids in North America. *Journal of Wildlife Diseases* 8 : 304-310.
- Anderson CR JR, Lindzey FG (1996). Moose sightability model developed from helicopter surveys. *Wildlife Society Bulletin* 24 : 247-259.
- Andreozzi HA, Pekins PJ, Langlais ML (2014). Impacts of moose browsing on forest regeneration in northeastern Vermont. *Alces* 50 : 67-79.
- Apollonio M, Belkin VV, Borkowski J, Borodin OI, Borowik T, Cagnacci F, Danilkin AA, Danilov PI, Faybich A, Ferretti F, Gaillard JM, Hayward M, Heshtaut P, Heurich M, Hurynovich A, Kashtalyan A, Kerley GIH, Kjellander P, Kowalczyk R, Kozorez A, Matveytchuk S, Milner JM, Mysterud A, Ozoliņš J, Panchenko DV, Peters W, Podgórski T, Pokorný B, Rolandsen CM, Ruusila V, Schmidt K, Spiko TP, Veeroja R, Velihurau P, Yanuta G (2017). Challenges and science-based implications for modern management and conservation of European ungulate populations. *Mammalian Research* 62 : 209-217.
- Bannerot SP, Austin CB (1983). Using frequency distributions of catch per unit effort to measure fish-stock abundance. *Transactions of the American Fisheries Society* 112 : 608-617.
- Barber-Meyer SM, Mech DL (2017). White-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) subsidize gray wolves (*Canis lupus*) during a moose (*Alces americana*) decline : a case of apparent competition ? *Canadian Field-Naturalist* 130 : 308-314.
- Bédard J, Crête M, Audy E (1978). Short-term influence of moose upon woody plants of an early seral wintering site in Gaspé Peninsula, Quebec. *Canadian Journal of Forest Research* 8 : 407-415.
- Bergeron DH, Pekins PJ (2014). Evaluating the usefulness of three indices for assessing winter tick abundance in northern New Hampshire. *Alces* 50 : 1-15.
- Bissonnette V, Lussier B, Doizé B, Arsenault J (2018). Impact of a trap-neuter-return event on the size of free-roaming cat colonies around barns and stables in Quebec: A randomized controlled trial. *Canadian Journal of Veterinary Research* 82 : 192-197.
- Bogaczyk BA, Krohn WB, Gibbs HC (1993). Factors affecting *Parelaphostrongylus tenuis* in white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) from Maine. *Journal of Wildlife Diseases* 29 : 266-272.
- Bolen EG (2000). Waterfowl management: yesterday and tomorrow. *Journal of Wildlife Management*, 64 : 323-335.
- Bottan B, Euler D, Rempel R (2002). Adaptive management of moose in Ontario. *Alces* 38 : 1-10.
- Boyce MS, Corrigan R (2017). Moose survey app for population monitoring. *Wildlife Society Bulletin* 41 : 125-128.
- Boyce MS, Baxter PWJ, Possingham HP (2012). Managing moose harvest by the seat of your pants. *Theoretical Population Biology* 82 : 340-347.
- Breton L (1991). Compte rendu du neuvième atelier sur la grande faune tenue à Québec du 30 avril au 2 mai 1991. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction de la gestion des espèces et des habitats, 351 pages.

- Brown GS (2011). Patterns and causes of demographic variation in a harvested moose population : evidence for the effects of climate and density-dependent drivers. *Journal of Animal Ecology* 80 : 1288-1298.
- Bubnicki JW, Churski M, Kuijper DPJ (2016). Trapper : an open source web-based application to manage camera trapping projects. *Methods in Ecology and Evolution* 7 : 1209-1216.
- Caravaggi A, Gatta M, Vallely MC, Hogg K, Freeman M, Fadaei E, Dick JTA, Montgomery WI, Reid N, Tosh DG (2018). Seasonal and predator-prey effects on circadian activity of free-ranging mammals revealed by camera traps. *PeerJ* 6 : e5827.
- Caughley G (1974). Productivity, offtake and rate of increase. *Journal of Wildlife Management*, 38 : 566-567.
- Christopherson V, Tremblay JP, Gagné PN, Bérubé J, St-Laurent MH (2019). Meeting caribou in the alpine: Do moose compete with caribou for food?. *Global Ecology and Conservation* 20 : e00733.
- Cobb MA, Gogan PJP, Kozie KD, Olexa EM, Lawrence RL, Route WT (2004). Relative spatial distributions and habitat use patterns of sympatric moose and white-tailed deer in Voyageurs National Park, Minnesota. *Alces* 40 fcobb : 169-191.
- Courtois R (1989). Analyse du système de suivi de l'orignal au Québec. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction de la gestion des espèces et des habitats, Québec, 48 p.
- Courtois R (1991). Résultats du premier plan quinquennal d'inventaires aériens de l'orignal au Québec, 1987-1991. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction de la gestion des espèces et des habitats, Québec, 36 p.
- Courtois R, Dussault C, Potvin F, Daigle G (2002). Habitat selection by moose (*Alces alces*) in clearcut landscapes. *Alces* 38 : 177-192.
- Courtois R, Lamontagne G (1991). Modalités de chasse utilisables pour l'exploitation de l'orignal. *Echo-Faune* 1 : 1-4.
- Courtois R, Maltais J, Leblanc Y (1991). Validation et simplification des statistiques de chasse de l'orignal. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction de la gestion des espèces et des habitats. 37 pages.
- Crete M (1989). Approximation of K carrying capacity for moose in eastern Quebec. *Canadian Journal of Zoology* 67 : 373-380.
- Crête M, Courtois R (1997). Limiting factors might obscure population regulation of moose (*Cervidae: Alces alces*) in unproductive boreal forests. *Journal of Zoology* 242 : 765-781.
- Crête M, Dussault C (1986). Interprétation des statistiques de chasse de l'orignal. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction générale de la faune, 27 pages.
- Crête M, Messier F (1987). Evaluation of indices of gray wolf, *Canis lupus*, density in hardwood-conifer forests of southwestern Quebec. *Canadian field-naturalist* 101 : 147-152.
- Crête M, Taylor RJ, Jordan PA (1981). Optimization of moose harvest in southwestern Quebec. *Journal of Wildlife Management* 45 : 598-611.
- Dantas-Torres F (2015). Climate change, biodiversity, ticks and tick-borne diseases : the butterfly effect. *International Journal of Parasitology : parasites and wildlife* 4 :452-461.

- Dawe KL, Boutin S (2016). Climate change is the primary driver of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) range expansion at the northern extent of its range; land use is secondary. *Ecology and Evolution* 6 : 6435-6451.
- DelGiudice GD, Peterson RO, Samuel WM (1997). Trends of winter nutritional restriction, ticks, and numbers of moose on Isle Royale. *Journal of Wildlife Management* 61 : 895-903.
- De Vriendt L, Thiffault N, Royo AA, Barrette M, Tremblay JP (2020). Moose Browsing Tends Spruce Plantations More Efficiently Than a Single Mechanical Release. *Forests* 11 : 1138.
- Drew ML, Samuel WM (1985). Factors affecting transmission of larval winter ticks, *Dermacentor albipictus* (Packard), to moose, *Alces alces* (L.) in Alberta, Canada. *Journal of Wildlife Diseases* 21 : 274-282.
- Drew ML, Samuel WM (1986). Reproduction of the winter tick, *Dermacentor albipictus* under field conditions in Alberta, Canada. *Canadian Journal of Zoology* 64 : 714-721.
- Dumont A, Crête M (1996). The meningeal worm, *Parelaphostrongylus tenuis*, a marginal limiting factor for moose, *Alces alces* in southern Quebec. *Canadian Field Naturalist* 11 : 413-418.
- Dusenge ME, Madhavji S, Way DA (2020). Contrasting acclimation responses to elevated CO₂ and warming between an evergreen and a deciduous boreal conifer. *Global Change Biology*.
- Dussault C, Ouellet JP, Courtoi, R, Huot J, Breton L, Jolicoeur H (2005). Linking moose habitat selection to limiting factors. *Ecography* 28 : 619-628.
- Dussault C, Courtois R, Ouellet JP (2006). A habitat suitability index model to assess moose habitat selection at multiple spatial scales. *Canadian Journal of Forest Research* 36 : 1097-1107.
- Dussault C, Ouellet JP, Courtois R, Huot J, Breton L, Larochelle J (2004). Behavioural responses of moose to thermal conditions in the boreal forest. *Ecoscience* 11 : 321-328.
- Drummer TD, Aho RW (1998). A sightability model for moose in upper Michigan. *Alces* 34 :15-19.
- Edenius L, Bergman M, Ericsson G, Danell K (2002). The role of moose as a disturbance factor in managed forests. *Silva Fennica* 36 : 57-67.
- Ericsson G, Wallin K (1999). Hunter observations as an index of moose *Alces alces* population parameters. *Wildlife Biology* 5 : 177-185.
- Ferguson SH (1993). Use of cohort analysis to estimate abundance, recruitment and survivorship for Newfoundland moose. *Alces* 29 : 99-113.
- Forbes GJ, Theberge JB (1993). Multiple landscape scales and winter distribution of moose, *Alces alces*, in a forest ecotone. *Canadian Field-Naturalist* 107 : 201.
- Francis AL, Procter C, Kuzyk G, Fisher JT (2021). Female Moose Prioritize Forage Over Mortality Risk in Harvested Landscapes. *The Journal of Wildlife Management*.
- Gasaway WC, DuBois SD, Reed DJ, Harbo SJ (1986). Estimating moose population parameters from aerial surveys. *Biological Papers University of Alaska, Fairbanks*. No. 22.
- Gasaway WC, Harkness DB, Rausch RA (1978). Accuracy of moose age determinations from incisor cementum layers. *Journal of Wildlife Management*, 42 : 558-563.

- Gauthier C, Roy M-H (1981). Répertoire de données sur les zones de chasse et les populations d'originaux (1971 et 1980). Québec, Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction de la recherche sur la faune, 6 pages.
- Gibbs JP, Snell HL, Causton CE (1999). Effective monitoring for adaptive wildlife management : lessons from the Galápagos Islands. *Journal of Wildlife Management* 63 : 1055-1065.
- Girardin DA (2012). Speciation of Lungworms in Maine Moose. Honors Thesis. University of Maine.
- Giudice JH, Fieberg JR, Lenarz MS (2011). Spending degrees of freedom in a poor economy: a case study of building a sightability model for moose in northeastern Minnesota. *Journal of Wildlife and Management* 76 : 75-87.
- Grenier P (1977). Nouveau diagnostic de l'exploitation de l'orignal au Québec. Ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche. Québec, 42 pages.
- Grunenwald CM, Butler E, Wunschmann A, Armien AG, Carstensen M, Hildebrand E, Moon RD, Gerhold RW (2018). Emergence of the arterial worm *Elaeophora schneideri* in moose (*Alces alces*) and tabanid fly vectors in northeastern Minnesota, USA. *Parasites & vectors* 11 : 507.
- Harley SJ, Myers RA, Dunn A (2001). Is catch-per-unit-effort proportional to abundance? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58 : 1760-1772.
- Heard DC, Walker ABD, Ayotte JB, Watts GS (2008). Using GIS to modify a stratified random block survey design for moose. *Alces* 44 : 111-116.
- Irwin A (2001). Constructing the scientific citizen : science and democracy in the biosciences. *Public Understanding of Science* 10 : 1-18.
- Jacqmain H, Dussault C, Courtois R, Bélanger L (2008). Moose–habitat relationships: integrating local Cree native knowledge and scientific findings in northern Quebec. *Canadian Journal of Forest Research* 38 : 3120-3132.
- Jaeger J, Spanowicz A, Bowman J, Clevenger A (2019). Clôtures et passages fauniques pour les petits et moyens mammifères le long de la route 175 au Québec : quelle est leur efficacité ? *Le Naturaliste Canadien* 143 : 69-80.
- Julianus E, Hollingsworth TN, McGuire AD, Kielland K (2020). Availability and use of moose browse in response to post-fire succession on Kanuti National Wildlife Refuge, Alaska. *Alces* : 55, 67-89.
- Jung TS, Czetwertynski SM, Schmiegelow FK (2018). Boreal forest titans do not clash: low overlap in winter habitat selection by moose (*Alces americanus*) and reintroduced bison (*Bison bison*). *European Journal of Wildlife Research* 64 : 25.
- Jones H, Pekins PJ, Kantar LE, O'Neil M, Ellingwood D (2017). Fecundity and summer calf survival of moose during 3 successive years of winter tick epizootics. *Alces* 53 : 85-98.
- Kindberg J, Ericsson G, Swenson JE (2009). Monitoring rare or elusive large mammals using effort-corrected voluntary observers. *Biological Conservation* 142 : 159-165.
- Koitzsch KB (2002). Application of a moose habitat suitability index model to Vermont Wildlife Management Units. *Alces* 38 : 89-107.

- Krawchuk MA, Meigs GW, Cartwright JM, Coop JD, Davis R, Holz A, Kolden C, Meddens AJ (2020). Disturbance refugia within mosaics of forest fire, drought, and insect outbreaks. *Frontiers in Ecology and the Environment* 18 : 235-244.
- Kretser H, Glennon M, Whitelaw A, Hurt A, Pilgrim K, Schwartz M (2016). Scat-detection dogs survey low density moose in New York. *Alces* 52 : 55-66.
- LaBonte AM, Barclay JS, Ortega IM, Ricard RM (2011). An assessment of moose (*Alces alces Americana*) and moose management in Connecticut. University of Connecticut, 142 pages.
- Lamontagne G, Jean D (1999). Plan de gestion de l'orignal 1999-2003. Faune et Parcs Québec, 178 pages.
- Lamontagne G, Lefort S (2004). Plan de gestion de l'orignal 2004-2010. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction du développement de la faune, Québec, 265 pages.
- Lankester MW (2010). Understanding the impact of meningeal worm, *Parelaphostrongylus tenuis*, on moose populations. *Alces* 46 : 53-70.
- Larsen DG, Gauthier DA, Markel RL (1989). Causes and rate of moose mortality in the southwest Yukon. *Journal of Wildlife Management* 53 : 548-557.
- Laurian C, Ouellet JP, Courtois R, Breton L, St-Onge S (2000). Effects of intensive harvesting on moose reproduction. *Journal of Applied Ecology* 37 : 515-531.
- Leblond M, Dussault C, Ouelle, JP (2010). What drives fine-scale movements of large herbivores? A case study using moose. *Ecography* 33 : 1102-1112.
- Legendre L, Legendre P (1979). La structure des données écologiques, dans : *Écologie numérique*. Vol. 2, Masson, Paris et les Presses de l'Université du Québec, Montréal, 254 pages.
- Lefort S, Massé S (2015). Plan de gestion de l'orignal au Québec 2012-2019. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs - Secteur de la faune et des parcs, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats et Direction générale du développement de la faune, 443 pages.
- Lenarz MS (2009). A review of the ecology of *Parelaphostrongylus tenuis* in relation to deer and moose in North America. Pages 70-75 dans MW DonCarlos, RO Kimmel, JS Lawrence, et MS Lenarz, editors. *Summaries of Wildlife research Findings*. Minnesota Department of Natural Resources, St. Paul, Minnesota, USA.
- Lankester MW, Foreyt WJ (2011). Moose experimentally infected with giant liver fluke (*Fascioloides magna*). *Alces* 47 : 9-15.
- Lesmerises F, Johnson CJ, St-Laurent MH (2017). Refuge or predation risk? Alternate ways to perceive hiker disturbance based on maternal state of female caribou. *Ecology and Evolution* 7 : 845-854.
- Lessage L, Crête M, Huot J, Dumont A, Ouellet J-P (2000). Seasonal home range size and philopatry in two northern white-tailed deer populations. *Canadian Journal of Zoology* 78 : 1930-1940.
- MacCracken JG, Viereck LE (1990). Browse regrowth and use by moose after fire in interior Alaska. *Northwest Science* 64 : 11-18.
- Maine Historical Society (2017). Maine history online : hunting season. <https://www.mainememory.net/sitebuilder/site/182/slideshow/216/display?format=list>. Visité le 10 novembre 2017.

- Månsson J, Hauser CE, Andrén H, Possingham HP (2011). Survey method choice for wildlife management : the case of moose *Alces alces* in Sweden. *Wildlife Biology* 17 : 176-190.
- Massé S, Cheveau M, Dussault C, Blanchette P (2013). Guide de l'utilisateur. Extension Faune-MQH 1.2.6 pour ArcGIS : modèles de qualité de l'habitat pour la faune, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Gouvernement du Québec, ISBN 978-2-550-69095-5, 42 p.
- McCarty JP (2001). Ecological consequences of recent climate change. *Conservation biology* 15 : 320-331.
- McCarthy MS, Després-Einspenne, ML, Samuni L, Mundry R, Lemoine S, Preis A, Wittig RM, Boesch C, Kühl HS (2018). An assessment of the efficacy of camera traps for studying demographic composition and variation in chimpanzees (*Pan troglodytes*). *American journal of primatology* 80 : e22904.
- McInnes PF, Naiman RJ, Pastor J, Cohen Y (1992). Effects of moose browsing on vegetation and litter of the boreal forest, Isle Royale, Michigan, USA. *Ecology* 73 : 2059-2075.
- McLaren BE, Mercer WE (2005). How management unit license quotas relate to population size, density, and hunter access in Newfoundland. *Alces* 41 : 75-84.
- Mekonnen ZA, Riley WJ, Randerson JT, Grant RF, Rogers BM (2019). Expansion of high-latitude deciduous forests driven by interactions between climate warming and fire. *Nature plants* 5 : 952-958.
- Messier F, Crête M (1985). Moose-wolf dynamics and the natural regulation of moose populations. *Oecologia* 65 : 503-512.
- Michel M-D, Courtois R, Ouellet J-O (1994). Simulation de l'effet de différentes stratégies d'exploitation sur la dynamique des populations d'orignaux (*Alces alces*). Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Service de la faune terrestre, Québec, Canada, 48 pages.
- Miller DA, Nichols JD, McClintock BT, Campbell Grant EH, Bailey LL, Weir LA (2011). Improving occupancy estimation when two types of observational error occur : non-detection and species misidentification. *Ecology* 92 : 1422-1428.
- Milner JM, van Beest FM, Storaas T (2013). Boom and bust of a moose population: a call for integrated forest management. *European journal of forest research* 132 : 959-967.
- Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche (1993). Plan de gestion de l'orignal 1994-1998 : objectifs de gestion et scénarios d'exploitation. Québec, 139 pages.
- Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche (1985). Plan tactique - orignal. Québec, 57 pages.
- Mooring MS, Samuel WM (1998). The biological basis of grooming in moose: programmed versus stimulus-driven grooming. *Animal Behaviour* 56 : 1561-1570.
- Mumma MA, Gillingham MP, Marshall S, Procter C, Bevington AR, Scheideman M (2020). Regional moose (*Alces alces*) responses to forestry cutblocks are driven by landscape-scale patterns of vegetation composition and regrowth. *Forest Ecology and Management* : 118763.
- Murray DL, Cox EW, Ballard WB, Whitlaw HA, Lenarz MS, Custer TW, Barnett T, Fuller TK (2006). Pathogens, nutritional deficiency, and climate influences on a declining moose population. *Wildlife Monograph* 166 : 1-29.
- Musante AR, Pekins PJ, Scarpitti DL (2007). Metabolic impacts of winter tick infestations on calf moose. *Alces* 43 : 101-110.

- Mysterud A, Edmunds DR (2019). A review of chronic wasting disease in North America with implications for Europe. *European Journal of Wildlife Research* 65 : 26.
- New York State Department of Environmental Conservation (2017). Moose. <http://www.dec.ny.gov/animals/6964.html>. Visité le 10 novembre 2017.
- Nolan C, Overpeck JT, Allen JR, Anderson PM, Betancourt JL, Binney HA, Brewer S, Bush MB, Chase BM, Cheddadi R, Djamali M, Dodson J, Eswards ME, Gosling WD, Haberle S, Hotchkiss SC, Huntley B, Ivory SJ, Kershaw AP, Kim S-H, Latorre C, Leydet M, Lézine A-M, Liu K-B, Liu Y, Lozhkin AV, McGlone MS, Marchant RA, Momohara A, Moreno PI, Müller S, Otto-Bliesner BL, Shen C, Stevenson J, Takahara H, Tarasov PE, Trpton J, Vincens A, Weng C, Xu Q, Zheng Z, Jackson ST (2018). Past and future global transformation of terrestrial ecosystems under climate change. *Science* 361 : 920-923.
- Nova Scotia Department of Natural Resources (2017). Mainland Moose <https://novascotia.ca/natr/wildlife/sustainable/mainlandmoose.asp> Visité le 10 novembre 2017.
- Osko TJ, Hiltz MN, Hudson RJ, Wasel SM (2004). Moose habitat preferences in response to changing availability. *Journal of Wildlife Management* 68 : 576-584.
- Ouellet R (1977). Une méthode améliorée dans la préparation des incisives des ongulés. Ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche, 27 pages.
- Parks Canada (2011). Hyperabundant moose management plan for Gros Morne National Park. Parks Canada, Rocky Harbour, NL.
- Parry L, Peres CA (2015). Evaluation the use of local ecological knowledge to monitor hunted tropical-forest wildlife over large spatial scales. *Ecology and Society* 20 : 15.
- Patterson BR, Benson JF, Middel KR, Mills KJ, Silver A, Obbard ME (2013). Moose calf mortality in central Ontario, Canada. *The Journal of wildlife management* 77 : 832-841.
- Persson I-L, Danell K, Bergström R (2005). Different moose densities and accompanied changes in tree morphology and browse production. *Ecological Applications* 15 : 1296-1305.
- Pollock KH, Nichols JD, Simons TR, Farnsworth GL, Bailey LL, Sauer JR (2002). Large scale wildlife monitoring studies : statistical methods for design and analysis. *Environmetrics* 13 : 105-119.
- Potvin F, Breton L, Courtois R (2005). Response of beaver, moose, and snowshoe hare to clear-cutting in a Quebec boreal forest : a reassessment 10 years after cut. *Canadian Journal of Forest Research* 35 : 151-160.
- Potvin F, Courtois R, Dussault C (2001). Fréquentation hivernale de grandes aires de coupe récentes par l'original en forêt boréale. *Société de la faune et des parcs du Québec*, 35 pages.
- Pessier AP, Hamilton VT, Foreyt WJ, Parish S, McElwain TL (1998). Probable elaeophorosis in a moose (*Alces alces*) from eastern Washington state. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 10 : 82-84.
- Pybus MJ, Butterworth EW, Woods JG (2015). An expanding population of the giant liver fluke (*Fascioloides magna*) in elk (*Cervus canadensis*) and other ungulates in Canada. *Journal of Wildlife Diseases* 51 : 431-445.

- Rae LF, Whitaker DM, Warkentin IG (2013). Multiscale impacts of forest degradation through browsing by hyperabundant moose (*Alces alces*) on songbird assemblages. *Diversity and Distributions* 20 : 382-395.
- Rata B, Lankester M (2017). Moose and deer population trends in northwestern Ontario: A case history. *Alces* 53 : 159-179.
- Renecker LA, Hudson RJ (1986). Seasonal energy expenditures and thermoregulatory responses of moose. *Canadian Journal of Zoology* 64 : 322-327.
- Rempel RS (2011). Effects of climate change on moose populations: exploring the response horizon through biometric and systems models. *Ecological Modelling* 222 : 3355-3365.
- Rempel RS (2012). Effects of climate change on moose populations : a vulnerability analysis for the Clay Belt Ecodistrict (3E-1) in Northeastern Ontario. Ontario Ministry of Natural Resources, 13 pages.
- Rempel RS, Elkie PC, Rodgers AR, Gluck MJ (1997). Timber-management and natural-disturbance effects on moose habitat landscape evaluation. *Journal of Wildlife Management* 61 : 517-524.
- Riley SJ, Decker DJ, Carpenter LH, Organ JF, Siemer WF, Mattfeld GF, Parsons G (2002). *Wildlife Society Bulletin* 30 : 585-593.
- Rist J, Milner-Gulland EJ, Cowlshaw G, Rowcliffe M (2010). Hunter reporting of catch per unit effort as a monitoring tool in a bushmeat-harvesting system. *Conservation Biology* 24 : 489-499.
- Rivest L-P, Crépeau H, Crête M (1990). A two-phase sampling plan for the estimation of the size of a moose population. *Biometrics*. 46 : 163-176.
- Rodenhouse NL, Christenson LM, Parry D, Green LE (2009). Climate change effects on native fauna of northeastern forests. *Canadian Journal of Forest Research* 39 : 249-263.
- Rönnegård L, Sand H, Andrén H, Månsson J, Pehrson Å (2008). Evaluation of four methods used to estimate population density of moose *Alces alces*. *Wildlife Biology* 14 : 358-371.
- Roy M-H (1985). *Statistiques de la chasse à l'original*. Québec, Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction de la faune terrestre. Rapport non publié.
- Samuel WM (1991). Grooming by moose (*Alces alces*) infested with the winter tick, *Dermacentor albipictus* (Acari) : a mechanism for premature loss of winter hair. *Canadian Journal of Zoology* 69 : 1255-1260.
- Samuel WM (2007). Factors affecting epizootics of winter ticks and mortality of moose. *Alces* 43 : 39-48.
- Schmidt JI, Ver Hoef JM, Maier JAK, Bowyer RT (2005). Catch per unit effort for moose: a new approach using Weibull regression. *Journal of Wildlife Management* 69 : 1112-1124.
- Schmitz OJ, Nudds TD (1994). Parasite-mediated competition in deer and moose : how strong is the effect of meningeal worm on moose ? *Ecological Applications* 4 : 91-103.
- Schrempp TV, Rachlow JL, Johnson TR, Shipley LA, Long RA, Aycrigg JL, Hurley MA (2019). Linking forest management to moose population trends: The role of the nutritional landscape. *PloS one* 14 : e0219128.
- Searle EB, Chen HY (2017). Persistent and pervasive compositional shifts of western boreal forest plots in Canada. *Global Change Biology* 23 : 857-866.

- Seiler A (2004). Trends and spatial patterns in ungulate-vehicle collisions in Sweden. *Wildlife Biology* 10 : 301-313.
- Sergeant DE, Pimlott DH (1959). Age determination in moose from sectioned incisor teeth. *Journal of Wildlife Management* 23 : 315-321.
- Simkin DW (1965). Reproduction and productivity of moose in northwestern Ontario. *Journal of Wildlife Management*, 29 : 740-750.
- Smith R, Smith M, Paul C, Bellemore C (2015). Hyperabundant moose management plan : for North Mountain, Cape Breton Highlands National Park. Parks Canada Agency, 39 pages.
- Solberg EJ, Saether B_E (1999). Hunter observations of moose *Alces alces* as a management tool. *Wildlife biology* 5 : 107-117.
- Stenhouse GB, Latour PB, Kutny L, MacLean N, Glover G (1995). Productivity, survival, and movements of female moose in a low-density population, Northwest Territories, Canada. *Arctic* 48:57-62.
- Timmermann HR, Rodgers AR (2017). The status and management of moose in North America – circa 2015. *Alces* 53 : 1-22.
- US Fish and Wildlife Service (2018). History and background on aerial waterfowl surveys in North America. <https://www.fws.gov/waterfowlsurveys/forms/basictraining.jsp?menu=basictraining> Visité le 4 mai 2018.
- Vieira M (2006). Moose management plan : Data analysis unit M-2, Laramie River Herd. Colorado Division of Wildlife, 23 pages.
- West RL (2009). Moose conservation in the National Wildlife Refuge system, USA. *Alces* 49 : 65-81.
- Whitlaw HA, Lankester MW (1994). The co-occurrence of moose, white-tailed deer and *Parelaphostrongylus tenuis* in Ontario. *Canadian Journal of Zoology* 72: 819-825.
- Williams ES (2005). Chronic wasting disease. *Veterinary pathology* 42 : 530-549.
- Witmer GW (2005). Wildlife population monitoring : some practical considerations. *Wildlife Research* 32 : 259-263.

Annexe 1. Sondage envoyé aux biologistes régionaux responsables de la gestion de l'orignal

NOM DU RÉPONDANT :

NUMÉRO DE ZONE(S) DE CHASSE ASSOCIÉE(S) À VOTRE RÉGION :

Dans le but de savoir si les mêmes indicateurs sont utilisés de manière semblable par un gestionnaire pour chacune des différentes zones incluses dans sa gestion : si plusieurs zones sont sous votre responsabilité ET que les indicateurs utilisés diffèrent entre ces zones, veuillez remplir un nouvel onglet formulaire identifié (nom du répondant et zone de chasse) pour chacune des zones à modalité différente.

Sondage sur les différents indicateurs de suivi des populations d'orignal utilisés actuellement au Québec

Question 1 : Est-ce que vous utilisez cet indicateur pour la gestion des populations d'orignal sous votre responsabilité ?

Question 2. À quelle fréquence recueillez-vous cette information ? Pour les fréquences « Autre », spécifiez la valeur dans la colonne « Autres commentaires ».

Question 3. Quel est le coût approximatif (en \$) (hébergement, transport, matériel) pour acquérir cette information à chaque fois ?

Question 4. Quel est le coût approximatif (en jours-personne), pour le temps régulier et le temps supplémentaire, pour acquérir cette information à chaque fois ?

Question 5 : Selon votre expérience, quelle est la fiabilité de ce paramètre ? On considérera ici un paramètre comme étant fiable lorsque celui-ci aura affiché de façon récurrente, pendant la majorité de la période de référence, une tendance semblable à la situation observée et à celle des paramètres de suivi jugés les plus performants. Classez vos paramètres selon leur degré de fiabilité sur une échelle de 1 à 10, 1 étant attribué à un paramètre très peu fiable et 10 au plus fiable. Vous pouvez donner la même valeur à plus d'un paramètre.

Question 6 : Quelle est l'influence de ce paramètre dans vos décisions de gestion ? Classez vos paramètres selon leur degré d'influence sur une échelle de 1 à 10, 1 étant attribué à un paramètre très peu influent et 10 au plus influent. Vous pouvez donner la même valeur à plus d'un paramètre.

Question 7 : Quelle variable est prédite par l'indicateur utilisé ? Mettez un « x » dans la case correspondant à la variable prédite pour chacun des indicateurs utilisés. Si « Autres », expliquez dans la section « Autres commentaires ».

Question 8 : Est-ce que l'alternance nuit à votre interprétation de l'indicateur considéré (fiabilité/influence/disponibilité de la donnée) ? Indiquez Oui ou Non et indiquez pourquoi et/ou comment dans « Limites observées ou anticipées ».

Tableau des indicateurs utilisés :

- 1- Indicateur de suivi (voir la liste plus bas)
- 2- Utilisation (choix de réponse : oui; non)
- 3- Fréquence d'utilisation (choix de réponse : annuelle; plan de gestion; irrégulière)
- 4- Coût (\$)
- 5- Coût (jours-personne : temps régulier et temps supplémentaire)
- 6- Fiabilité (choix de réponse : échelle de 1 à 10)
- 7- Influence (choix de réponse : échelle de 1 à 10)
- 8- Variable prédite (choix de réponse : tendance de la population; densité d'orignaux; recrutement ou productivité; taux d'exploitation; pourcentage de mâles adultes; autre)
- 9- Alternance (choix de réponse : oui; non)
- 10- Limites observées ou anticipées de l'indicateur (s'il y a lieu)
- 11- Suggestions d'amélioration ou besoins en termes de développement
- 12- Autres commentaires

Liste des indicateurs :

- 1- Densité de récolte de mâles adultes : nombre moyen de mâles adultes récoltés durant la saison de chasse/10 km²
- 2- Densité de récolte : nombre moyen d'orignaux récoltés durant la saison de chasse/10 km²
- 3- Mortalité selon accidents routiers : nombre d'accidents routiers avec dommages corporels ou matériels impliquant l'original compilés par la SAAQ
- 4- Faons/100 femelles adultes dans la récolte : nombre de faons récoltés par 100 femelles adultes ($\geq 2,5$) durant la chasse et enregistrés dans SEFAQ
- 5- Pourcentage de femelles en lactation : proportion de femelles $\geq 2,5$ ans en lactation
- 6- Faons mâles par 100 faons femelles dans la récolte : nombre de faons mâles par 100 faons femelles récoltés durant la chasse et enregistrés dans SEFAQ
- 7- Pourcentage ou proportion de mâles dans la récolte des adultes : nombre de mâles adultes ($\geq 1,5$) par 100 femelles adultes ($\geq 1,5$) récoltés durant la chasse et enregistrés dans SEFAQ
- 8- Pourcentage de 1,5 an chez les adultes ($\geq 1,5$) : nombre d'orignaux de 1,5 an dans la récolte totale des adultes ($\geq 1,5$)
- 9- Pourcentage de 2,5 ans chez les adultes ($\geq 2,5$) : nombre d'orignaux de 2,5 ans et plus dans la récolte totale des adultes ($\geq 2,5$)
- 10- Inventaire aérien : densité d'orignaux estimée selon la technique d'échantillonnage aléatoire stratifié ou d'échantillonnage aléatoire double
- 11- Âge moyen des femelles adultes : âge moyen des femelles ($\geq 2,5$) estimé à la suite de l'échantillonnage des dents aux stations d'enregistrement
- 12- Âge moyen des mâles adultes : âge moyen des mâles ($\geq 2,5$) estimé à la suite de l'échantillonnage des dents aux stations d'enregistrement
- 13- Succès total de chasse : proportion de la récolte totale sur le nombre de permis vendus
- 14- Succès de chasse aux mâles adultes : proportion de la récolte de mâles adultes sur le nombre de permis vendus
- 15- OPUE : observations par unité d'effort; nombre d'orignaux tués/vus selon le nombre d'heures/jours de chasse
- 16- Dénombrement des tiques : dénombrement des tiques sur l'original selon la méthode établie par le ministère responsable de la faune aux stations d'enregistrement
- 17- Mesure des bois chez les orignaux récoltés : estimation de la structure d'âge de la population
- 18- Modélisation des populations : estimation des populations à l'aide de logiciels spécialisés (spécifiez le logiciel utilisé dans la section « autres commentaires » : Pop 2-3, Simcon, Riskman)
- 19- Autre

Annexe 2. Sondage envoyé aux États et provinces voisins du Québec

Indicators for estimating moose population status:

<i>Indicator type</i>	<i>Description</i>	<i>Explanation</i>	<i>Parameters to be estimated</i>	<i>Reliability (1 to 10)</i>	<i>Influence (1 to 10)</i>
Habitat indicators	•	•			
	•	•			
	•	•			
Hunting statistics indicators	•	•			
	•	•			
	•	•			
Moose population indicators	•	•			
	•	•			
	•	•			
Other indicators	•	•			
	•	•			
	•	•			



**Environnement,
Lutte contre
les changements
climatiques,
Faune et Parcs**

Québec 