

Rapport sur la révision du système de suivi des populations de cerfs de Virginie au Québec

Une approche simplifiée, scientifiquement appuyée

MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS



Équipe de réalisation

Coordination et rédaction :

François Lebel, biologiste, M. Sc., DEFTHA¹

Équipe d'analyse et de rédaction :

André Dumont, biologiste, Ph. D., DGFa Outaouais

Jean-François Dumont, biologiste, DGFa Capitale-Nationale–Chaudière-Appalaches

Éric Jaccard, biologiste, DGFa² Estrie–Montréal–Montérégie–Laval

Sonia de Bellefeuille, biologiste, M. Sc., DEFTHA

Soutien statistique :

Hélène Crépeau, M. Sc., P. Stat., consultante en statistique, Université Laval

Ont collaboré à cet ouvrage :

Catherine Ayotte, biologiste, M. Sc., DGFa Côte-Nord

Émilie Bilodeau, biologiste, M. Sc., DEFTHA

Yannick Bilodeau, biologiste, DGFa Lanaudière–Laurentides

Édith Cadieux, biologiste, Ph. D., DGFa Mauricie–Centre-du-Québec

Martin Dorais, biologiste, DGFa Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine

Claude Dussault, biologiste, Ph. D., DGFa Saguenay–Lac-Saint-Jean

Élise Roussel-Garneau, biologiste, DGFa Bas-Saint-Laurent

Caroline Trudeau, biologiste, M. Sc., DGFa Abitibi-Témiscamingue

¹ Direction de l'expertise sur la faune terrestre, l'herpétofaune et l'avifaune.

² Direction de la gestion de la faune.

LEBEL, F., A. DUMONT, J.-F. DUMONT, É. JACCARD et S. DE BELLEFEUILLE (2020). *Rapport sur la révision du système de suivi des populations de cerfs de Virginie au Québec : une approche simplifiée, scientifiquement appuyée*, 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 des Forêts, de la Faune et des Parcs, 76 p.

La version intégrale de ce document est accessible sur le site Internet :

<https://mffp.gouv.qc.ca/la-faune/plans-de-gestion/cerf/>

© Gouvernement du Québec

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Dépôt légal - Bibliothèque et Archives nationales du Québec, juillet 2020

ISBN (version imprimée) : 978-2-550-86056-3

ISBN (PDF) : 978-2-550-86054-9

Remerciements

Cette révision exhaustive du système de suivi du cerf de Virginie au Québec n'aurait pu être réalisée sans la grande collaboration des biologistes responsables de la gestion de cette ressource du Québec et de l'ensemble du Nord-Est américain. L'exercice est aussi tributaire de l'énorme travail accompli par nos prédécesseurs, chercheurs, biologistes et techniciens, qui a permis d'acquérir une quantité impressionnante de connaissances sur la dynamique des populations de cette espèce à la limite nordique de son aire de répartition. Grâce à l'expérience de toutes ces personnes, un système de suivi des populations de cerfs, indispensable à leur conservation et leur mise en valeur, a pu être développé et adapté au fil du temps pour accroître son efficacité. Enfin, merci à toutes les personnes qui ont commenté des versions préliminaires du document et participé à sa mise en forme.

Table des matières

Équipe de réalisation	III
Remerciements	V
Table des matières	1
Liste des figures	3
Liste des tableaux.....	4
Introduction.....	6
Utilité d'un système de suivi.....	7
Historique des systèmes de suivi au Québec.....	8
Indicateurs	8
Indicateurs de population	9
Indicateurs de mortalité/survie	10
Indicateurs de reproduction/recrutement.....	11
Indicateurs de la santé de la population	11
Indicateurs de la qualité de l'habitat	12
Systèmes de suivi antérieurs	13
Utilisation et degré de confiance accordé aux indicateurs utilisés aujourd'hui au Québec	15
Utilisation et degré de confiance accordé aux indicateurs utilisés dans le Nord-Est américain	18
Indicateurs de l'état de la population.....	21
Indicateurs de mortalité/survie	21
Indicateurs de reproduction/recrutement.....	21
Indicateurs de santé de la population.....	22
Indicateurs de qualité de l'habitat.....	22
Comparaison des indicateurs utilisés par les administrations semblables au Québec du point de vue climatique.....	22
Analyse de la fiabilité des indicateurs utilisés au Québec	24
Indicateurs de l'état de la population.....	27
Indicateurs de mortalité/survie	31
Indicateurs de santé de la population.....	32
Modèle prédictif de l'état des populations	34
Constatations résultant de l'analyse de la fiabilité des indicateurs utilisés au Québec	36
Revue de la littérature sur les indicateurs de suivi des populations de cerfs de Virginie	37

Recommandations et mise en œuvre du nouveau système de suivi.....	48
Indicateurs de l'état de la population.....	48
Indicateurs de mortalité/survie	50
Indicateurs de reproduction/recrutement.....	51
Indicateurs de santé de la population.....	52
Indicateurs de qualité de l'habitat.....	53
Intrants socioéconomiques	55
Clientèle de chasseurs.....	55
Déprédation	55
Collisions routières.....	55
Conclusion.....	57
Références bibliographiques	58
Annexes	66
Annexe 1. Indicateurs de suivi des populations de cerfs de Virginie en place et recommandés lors des révisions du système de suivi réalisées en 1980, 1989 et 1994.	67
Annexe 2. Liste des indicateurs de suivi des populations de cerfs inclus dans le sondage transmis aux biologistes régionaux afin de connaître les indicateurs de suivis utilisés au Québec en 2016. ..	68
Annexe 3. Questionnaire du sondage transmis aux biologistes régionaux afin de connaître les indicateurs de suivi utilisés au Québec en 2016.	69
Annexe 4. Formulaire transmis aux administrations américaines et canadiennes sondées pour recueillir l'information sur les indicateurs de suivi utilisés.....	70
Annexe 5. Carte des centroïdes des zones de chasse utilisés pour la modélisation statistique.	71
Annexe 6. Centroïdes des zones de chasse utilisés pour la modélisation statistique.....	72
Annexe 7. Régressions multiples mettant en relation les densités de cerf de Virginie issues d'inventaires aériens avec les collisions routières, la récolte de mâles adultes/km ² d'habitat, la rigueur hivernale (NIVA) et la situation géographique.	73
Annexe 8. Régressions multiples mettant en relation la récolte de mâles adultes/km ² d'habitat avec les données de rigueur hivernale (NIVA) et la situation géographique.....	74
Annexe 9. Régressions multiples mettant en relation la récolte de mâles adultes/nombre de chasseurs avec la rigueur hivernale (NIVA) et la situation géographique.....	74
Annexe 10. Régressions multiples mettant en relation la proportion de mâles de 1,5 an récoltés pendant la première fin de semaine de chasse à l'arme à feu avec la récolte de mâles adultes/km ² d'habitat, la rigueur hivernale (NIVA) et la situation géographique.	75
Annexe 11. Régressions multiples mettant en relation différentes mesures morphométriques des cerfs mâles de 1,5 an selon la récolte de mâles adultes/km ² d'habitat, la rigueur hivernale (NIVA) et la situation géographique.....	76

Liste des figures

Figure 1. Groupes d'indicateurs servant à évaluer les tendances des populations de cerfs de Virginie.	9
Figure 2. Nombre d'indicateurs utilisés par les biologistes responsables de la gestion du cerf de Virginie dans les différentes régions du Québec en 2016.	15
Figure 3. Fiabilité perçue et influence moyennes des indicateurs les plus utilisés au Québec pour la gestion du cerf de Virginie.	16
Figure 4. Relation entre la densité de cerf par kilomètre carré d'habitat obtenue par inventaire aérien dans les différentes zones de chasse et la récolte de mâles adultes/km ² d'habitat lors de la saison de chasse précédente.	28
Figure 5. Relation entre la densité de cerf par kilomètre carré d'habitat estival dans les différentes zones de chasse (transformée en logarithme) et la rigueur de l'hiver (NIVA) de l'année précédente.	29
Figure 6. Relation entre la densité de cerf par kilomètre carré d'habitat estival (transformée en logarithme) et la latitude du centroïde des différentes zones de chasse.	29
Figure 7. Relation entre la rigueur de l'hiver (indice NIVA) et la latitude du centroïde des différentes zones de chasse.	30
Figure 8. Relation entre la récolte de mâles adultes par kilomètre carré d'habitat dans les différentes zones de chasse (transformée en logarithme) et la rigueur de l'hiver (indice NIVA) évaluée la même année (a) ou l'année précédente (b).	30
Figure 9. Relation entre la récolte de mâles adultes par kilomètre carré d'habitat (transformée en logarithme) et la latitude du centroïde des différentes zones de chasse.	31
Figure 10. Relation entre le diamètre moyen des merrains chez les cerfs mâles de 1,5 an récoltés à l'automne et la rigueur de l'hiver précédent déterminée par l'indice NIVA.	33
Figure 11. Indicateurs permettant de suivre les populations de cerfs de Virginie dans le nouveau système de suivi.	54
Figure 12. Indicateurs permettant de suivre l'acceptabilité sociale à l'égard du cerf de Virginie dans le nouveau système de suivi.	56

Liste des tableaux

Tableau 1. Résumé des indicateurs inclus dans les trois systèmes de suivi des populations de cerfs de Virginie utilisés historiquement au Québec selon la fréquence des mesures. Les indicateurs reconduits dans les systèmes de suivi subséquents sont en caractères gras.	14
Tableau 2. Bilan des indicateurs de suivi des populations de cerfs de Virginie les plus utilisés et considérés comme les plus fiables et influents par les biologistes responsables de la gestion du cerf de Virginie dans les différentes régions du Québec. Les trois indicateurs qui ont obtenu les pointages les plus élevés en matière de fiabilité et d'influence sont en gris.	17
Tableau 3. Administrations de l'Est américain contactées pour répondre à un sondage sur les indicateurs de suivi des populations de cerfs de Virginie qu'elles utilisent.	18
Tableau 4. Indicateurs de suivi des populations de cerfs de Virginie les plus utilisés dans la gestion de cette espèce par les administrations américaines et canadiennes sondées.	19
Tableau 5. Indicateurs de suivi des populations de cerfs de Virginie les moins utilisés dans la gestion de cette espèce par les administrations américaines et canadiennes sondées.	20
Tableau 6. Résumé des indicateurs utilisés par les administrations semblables au Québec sur le plan climatique et de la confiance accordée à chacun. Les trois indicateurs les plus utilisés et dont le degré de confiance est élevé sont en gris.	23
Tableau 7. Les 14 modèles de régression élaborés pour déterminer les relations existant entre les différents indicateurs utilisés pour la gestion du cerf de Virginie au Québec.	25
Tableau 8. Modèle prédictif pour évaluer les densités de cerfs/km ² d'habitat dans les différentes zones de chasse selon le NIVA (indice de rigueur hivernale; jours-cm d'enfoncement), calculé aux stations de neige, et la récolte de mâles adultes/km ² d'habitat.	34
Tableau 9. Densités de cerfs/km ² d'habitat prédites par le modèle final pour trois zones de chasse où des inventaires aériens de population ont eu lieu à l'hiver 2017.	35
Tableau 10. Indicateurs de suivi des populations de cerfs de Virginie analysés dans la revue de la littérature.	37
Tableau 11. Avantages et inconvénients des divers indicateurs utilisés pour évaluer l'état d'une population de cerfs de Virginie selon la littérature.	38
Tableau 12. Avantages et inconvénients des divers indicateurs utilisés pour estimer le taux de mortalité d'une population de cerfs de Virginie selon la littérature.	40
Tableau 13. Avantages et inconvénients des divers indicateurs utilisés pour estimer les taux de reproduction et de recrutement d'une population de cerfs de Virginie selon la littérature.	41
Tableau 14. Avantages et inconvénients des divers indicateurs de condition corporelle mesurés sur des cerfs abattus à la chasse et utilisés pour estimer la santé d'une population de cerfs de Virginie selon la littérature.	43

Tableau 15. Avantages et inconvénients des divers indicateurs utilisés pour estimer la qualité de l'habitat pour le cerf de Virginie selon la littérature..... 46

Tableau 16. Indicateurs de suivi des populations de cerfs de Virginie les plus efficaces selon la revue de la littérature réalisée..... 47

Introduction

Le niveau des populations de cerfs de Virginie fluctue en fonction de différentes variables. Bien que maintenant elle occupe la plupart des régions du Québec, cette espèce est à la limite septentrionale de son aire de distribution et la rigueur de l'hiver influence grandement son taux de mortalité (Potvin et Breton, 1992a; Dumont et coll., 2000). Les principaux autres facteurs susceptibles d'influencer, à divers degrés, les populations de ce cervidé sont l'exploitation par la chasse sportive, la qualité de l'habitat, la prédation, les maladies et les collisions routières (Vreeland et coll., 2004).

Dans les dernières décennies, plusieurs régions du monde, telles que l'Amérique du Nord et le nord-ouest de l'Europe, ont connu une augmentation importante des populations de cervidés et des conséquences associées à de fortes densités (McShea et coll., 1997; Crête et coll., 2001; Côté et coll., 2004). Le Québec ne fait pas exception. Après avoir connu un fort déclin dans la province de 1965 à 1975 (Potvin, 1986), le cerf de Virginie a vu ses populations croître de manière importante au cours des 40 dernières années. Les principaux facteurs qui ont favorisé sa prolifération dans plusieurs régions du Québec sont une réglementation de la chasse plus stricte (stratégie d'exploitation axée sur les mâles adultes depuis l'application de la Loi du mâle en 1974), l'amélioration de l'habitat engendrée par des pratiques sylvicoles et agricoles favorisant l'entremêlement de la nourriture et du couvert et, enfin, la diminution de la fréquence des hivers rigoureux au Québec (Potvin et coll., 1986; Côté et coll., 2004; Environnement Canada, 2011, données non publiées).

Le cerf de Virginie est un gros gibier très prisé des chasseurs québécois. Chaque année, plus de 140 000 d'entre eux chassent cette espèce et l'activité engendre des retombées économiques importantes pour le Québec. Une analyse économique des activités de chasse a montré qu'en 2012 les dépenses des chasseurs québécois de cerf de Virginie dans les différentes régions de la province, y compris l'île d'Anticosti, atteignaient 120 millions de dollars (ÉcoRessources, 2014). Ces répercussions positives soulignent l'importance d'assurer une pleine mise en valeur du cerf de Virginie par la chasse sportive en conservant des niveaux de populations intéressants pour la clientèle. Cette mise en valeur doit cependant viser le respect de certains seuils de densité maximale, car une trop grande abondance de cerfs peut avoir des conséquences négatives, notamment l'augmentation de collisions routières impliquant cet animal et l'augmentation des dommages (déprédation) subis par les cultures en milieux agricoles et forestiers ainsi que par les plantations ornementales. Ces effets néfastes découlant d'une trop forte densité de cerf engendrent une diminution de l'acceptabilité sociale envers l'espèce.

L'équilibre entre la protection et la mise en valeur des ressources fauniques et les besoins des citoyens, propriétaires ou utilisateurs du milieu forestier et agricole, est au cœur des préoccupations du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec (MFFP). Afin d'assurer une mise en valeur optimale du cerf de Virginie, le système de suivi des populations, composé de divers indicateurs, permet aux gestionnaires de cette espèce de détecter les écarts au regard des objectifs de gestion et d'adapter les modalités d'exploitation en fonction des fluctuations des populations dans le but d'atteindre ou de conserver cet équilibre.

La dernière révision complète du système de suivi du cerf de Virginie a été réalisée il y a plus de 25 ans (Potvin, 1994). Les densités de population de cerfs dans les différentes régions, de même que les

modalités d'exploitation et la pratique de la chasse à ce gibier, ont beaucoup évolué depuis ce temps. L'habitat du cerf ainsi que l'état des populations de ses principaux prédateurs (p. ex., loup, coyote) ont également subi des modifications (MFFP, Plan de gestion des animaux à fourrure 2018-2025, en préparation). Enfin, le suivi effectué dans les dernières décennies a généré une quantité suffisante de données pour permettre l'analyse et la comparaison des principaux indicateurs utilisés. Pour ces raisons et parce que des indicateurs de suivi sont parfois utilisés sans connaître parfaitement leur fiabilité et leur précision, il est apparu pertinent d'amorcer une réflexion approfondie sur le système de suivi des populations de cerfs de Virginie afin de le mettre à jour.

La présente démarche de révision du système de suivi a pour principal objectif d'en optimiser la performance en s'assurant que celui-ci est actuel, uniforme, structuré et appliqué rigoureusement et scientifiquement dans l'ensemble des régions du Québec. **Il est à noter qu'elle n'intègre cependant pas l'île d'Anticosti où la gestion du cerf répond à des enjeux très différents de ceux propres au continent.**

La révision s'est faite en plusieurs étapes et a nécessité la réalisation des activités suivantes :

- 1) Historique du développement du système de suivi actuel afin de bien comprendre les décisions ayant mené à son élaboration;
- 2) Bilan du système de suivi par un sondage des biologistes responsables de la gestion du cerf de Virginie au Québec dans le but de connaître les différents indicateurs de suivi des populations qu'ils utilisent, les coûts qui leur sont associés ainsi que la fiabilité et l'influence accordées à chacun;
- 3) Reprise de l'exercice de validation précédent avec les biologistes responsables de la gestion du cerf de Virginie dans les régions du Nord-Est américain pour comparer ce nouveau système de suivi à celui des administrations voisines;
- 4) Analyses statistiques afin de comprendre les liens qui unissent les principaux indicateurs utilisés au Québec et tenter de cibler les plus performants;
- 5) Revue de la littérature décrivant les avantages et les inconvénients des différents indicateurs utilisés pour le suivi des populations de cerfs de Virginie en Amérique du Nord pour en compléter le profil et avoir en mains toutes les données nécessaires à l'analyse du système de suivi actuel.

À la suite de cette réflexion globale, des recommandations sont faites pour la mise en œuvre d'un nouveau système de suivi du cerf de Virginie modernisé et simplifié.

Utilité d'un système de suivi

La population de cerfs de Virginie du Québec est estimée à plus de 400 000 individus répartis sur un immense territoire. Il est donc irréaliste d'en faire le décompte total annuellement en raison des coûts que cela engendrerait. De plus, l'inventaire aérien dépend largement des conditions météorologiques pour sa réalisation et, lorsqu'il est possible de le faire, il ne fournit qu'une image ponctuelle de l'état de la population à un moment précis de l'année. Un système de suivi de l'évolution des populations de cerfs multicritère, composé de plusieurs indicateurs intégrant divers aspects de la dynamique des populations, est donc essentiel pour assurer la conservation et la mise en valeur optimale de l'espèce.

Comme le soulignait le groupe de travail sur la faune terrestre lors du suivi du Sommet québécois sur la faune (Potvin, 1989), un bon système de suivi doit non seulement permettre d'évaluer fiablement l'état des populations, mais être composé d'indicateurs qui peuvent expliquer les causes des fluctuations annuelles de population détectées. Cela signifie que, si la population est en baisse, le système doit pouvoir en expliquer les raisons (p. ex., un prélèvement trop élevé, un recrutement déficient, un taux de mortalité hivernale particulièrement fort, etc.). À l'inverse, si la population est à la hausse, le système doit permettre de déterminer l'augmentation de prélèvement souhaitable pour conserver les densités à un seuil socialement acceptable.

Une gestion du cerf sans fluctuations de populations en « dents-de-scie » apporte à la collectivité québécoise des bénéfices importants qui se mesurent par les retombées associées à la dépense d'une clientèle active, à l'effet sociotouristique que génère chaque saison de chasse et par un équilibre faune-société qui limite les conséquences négatives liées à la présence du cerf.

Historique des systèmes de suivi au Québec

Un moment décisif dans la gestion du cerf est survenu en 1955, lors de la mise en place d'un système d'enregistrement des cerfs récoltés à la chasse sportive obligeant les chasseurs à présenter leurs prises à un garde-chasse dans un délai de 48 heures. Il est alors devenu possible de suivre la récolte annuelle de cerfs et d'entamer une réflexion sur les fluctuations notables parfois observées, ce qui a graduellement donné naissance au premier système de suivi des populations de cerfs au Québec mis en place en 1980.

Ce système a par la suite été bonifié par de nouvelles méthodes d'estimation des populations et par les résultats d'analyses visant à répertorier les causes des variations des populations de cerfs. Les dernières modifications notables apportées au système de suivi ont été effectuées dans le cadre de l'élaboration du Plan de gestion du cerf de Virginie au Québec 1996-2000 (Potvin, 1994a).

Indicateurs

Plusieurs rapports ont été rédigés depuis les années 1970 dans le but de présenter les résultats d'analyses de données provenant de la chasse sportive (p. ex., nombre de cerfs récoltés, mesures morphométriques des carcasses issues de la chasse sportive), d'inventaires de l'habitat et de mesures de conditions météorologiques (Bouchard et Huot, 1973; Stephenson, 1973; Comité consultatif, 1980; Boucher et coll., 2003). Les propositions d'indicateurs de suivi des populations de cerfs découlaient ensuite de recommandations issues de ces rapports et de la découverte de nouvelles méthodes d'inventaires (Comité consultatif sur le cerf, 1977, 1980; Potvin, 1989, 1994). Les indicateurs utilisés au cours des années peuvent être rassemblés en cinq groupes qui renseignent sur l'état des populations de cerfs et leur dynamique (Figure 1).



Figure 1. Groupes d'indicateurs servant à évaluer les tendances des populations de cerfs de Virginie.

Indicateurs de population

Le groupe d'indicateurs de l'état de la population renseigne sur le nombre de cerfs de Virginie occupant un territoire donné, une information difficile à obtenir chez cette espèce qui possède une vaste aire de répartition et qui fréquente plusieurs types d'habitats.

Différentes méthodes ont été utilisées au cours des années pour connaître l'abondance des populations de cerfs. Des méthodes directes, tel l'inventaire

© MFFP



aérien, consiste à dénombrer les individus alors que des méthodes indirectes, comme des décomptes de fèces, permettent d'obtenir des estimations de la population (abondance relative).

Étant donné les coûts souvent élevés des travaux liés à ce type d'indicateurs, ceux-ci ne sont généralement pas évalués annuellement, mais plutôt tous les cinq ans. L'inventaire des populations de cerfs de Virginie par la méthode du décompte de fèces réalisé en hiver dans certains ravages a été le premier indicateur de densité de population intégré au système de suivi (Comité consultatif sur le cerf, 1980; Potvin, 1989). Toutefois, avec le développement d'une méthode efficace d'inventaire aérien des populations de cerfs de Virginie à la fin des années 1980 (méthode du double décompte; Potvin et coll.,

1992), l'intégration de cet indicateur au système de suivi a été recommandée (Potvin, 1994a; Potvin et coll., 2002) et il est devenu l'indicateur privilégié pour déterminer la densité des populations.

La situation du cerf varie selon les régions du Québec, et la nécessité d'obtenir de l'information précise et fréquente sur son abondance se fait davantage sentir dans les zones de chasse qui font face à des enjeux de fortes densités que dans les zones où la croissance des populations est limitée par le climat. Selon les zones de chasse dont ils sont directement responsables, les équipes régionales doivent donc pouvoir compter sur des indicateurs permettant de détecter à plus ou moins court terme des hausses ou des baisses importantes d'effectif. C'est pourquoi de nombreux autres indicateurs liés à l'abondance relative des cerfs sont utilisés pour suivre les fluctuations des populations dans le temps, comme les données de récolte, les observations par unité d'effort (OPUE), les collisions routières par unité de surface, etc.

Indicateurs de mortalité/survie



Les données sur le taux de mortalité des individus dans une population sont importantes pour la gestion de la faune exploitée par la chasse. Cette information est d'autant plus pertinente au Québec où le cerf de Virginie vit à la limite nordique de son aire de distribution en Amérique du Nord et que la rigueur de l'hiver peut être responsable de variations importantes des populations.

Au fil des années, plusieurs scientifiques se sont penchés sur le développement d'indicateurs permettant d'évaluer le taux de mortalité et de survie du cerf, notamment au Québec (Potvin et Breton, 1992a; Dumont

et coll., 2000) ainsi que dans les États américains et les provinces canadiennes susceptibles de connaître des hivers rigoureux (Verme, 1968; DelGuidice et coll., 2002). Chez les populations de cerfs de Virginie vivant aux latitudes nordiques, le taux de mortalité par inanition est important durant les hivers rigoureux, notamment chez les juvéniles. La rigueur hivernale est considérée comme le facteur le plus limitant pour le cerf (Potvin et Breton, 1992a; Dumont et coll., 2000). Des hivers rigoureux peuvent faire fluctuer très rapidement une population de cerfs de Virginie. À l'inverse, plusieurs hivers cléments peuvent engendrer des augmentations de population notables, et ce, même dans des zones de chasse où l'effectif est normalement faible ($< \pm 2$ cerfs/km²).

Bruce Stephenson (1973) a été l'un des premiers biologistes à documenter les facteurs nuisant aux populations de cerfs à la limite nord de leur aire de distribution. Ses recommandations sur l'importance de compiler annuellement les conditions hivernales ont engendré l'établissement d'un réseau permanent de stations de suivi des conditions d'enneigement dans l'ensemble des grandes aires de confinement du cerf en 1976 (Crête et Goudreault, 1974; Potvin et Breton, 1986).

Outre le climat, la récolte à la chasse sportive influence également le taux de mortalité chez le cerf de Virginie. Depuis la mise en place du système d'enregistrement de la grande faune (SEFAQ) et l'obligation d'enregistrer les cerfs récoltés à la chasse sportive, les données recueillies permettent d'évaluer cette

cause de mortalité chez les populations de cerfs, et leur suivi a été recommandé par plusieurs au cours des années (Comité consultatif sur le cerf, 1980; Potvin, 1989, 1994). En complément aux outils de suivi développés, notons que des inventaires de carcasses ont été utilisés à l'occasion pour déterminer la cause de la mort associée aux conditions hivernales (Potvin, 1978; Hénault, 1975). Des études scientifiques menées au Québec et impliquant le suivi télémétrique de cerfs ont également fourni des données sur les causes de mortalité et le prélèvement par la chasse (Dumont et coll., 2000; Lavoie et coll., 2010).

Indicateurs de reproduction/recrutement



© MFFP François Label

L'obtention de données sur la reproduction et le recrutement est très utile pour la gestion d'une espèce en permettant de mieux comprendre la dynamique des populations et d'expliquer les fluctuations de densités (Fortin et coll., 2015).

Bien que des recommandations aient été faites afin de collecter des données pour ce groupe d'indicateurs (Comité consultatif sur le cerf, 1980; Potvin, 1989, 1994), peu de données de cette nature sont actuellement disponibles. Les données obtenues jusqu'à présent sont issues de l'examen de cerfs de Virginie récoltés à la chasse sportive. Des tentatives de développement d'indicateurs de recrutement visant, entre autres, à définir la structure d'âge des animaux prélevés, mâles et femelles, dans le but de calculer par la suite des taux de recrutement et de productivité pour les différentes populations (Stephenson, 1973; Comité consultatif sur le cerf, 1980) ont été peu concluantes.

D'autres indicateurs de reproduction et de recrutement ont également été testés (détection de lait chez les femelles récoltées à la chasse sportive, proportion de mâles de 1,5 an dans la récolte) ou recommandés (examen des ovaires en laboratoire pour obtenir l'historique de la reproduction chez les femelles) (Stephenson, 1973; Comité consultatif sur le cerf, 1980; Potvin, 1985).

Indicateurs de la santé de la population

Certains indicateurs permettent de décrire la santé d'une population. Ceux-ci visent d'une part à mesurer la croissance et la condition physique des cerfs et, d'autre part, à quantifier le taux de prévalence des maladies et des parasites.

Plusieurs données ont été accumulées depuis près de 40 ans pour documenter la condition physique des cerfs dans différentes régions du Québec. Différentes mesures ont été effectuées sur plus de 15 000 cerfs récoltés à la chasse sportive. Ces données ont été analysées pour décrire l'évolution de divers indices corporels dans le temps ou pour lier certains indicateurs avec d'autres facteurs limitant la population (Comité consultatif sur le cerf, 1980; Potvin, 1988; Boucher et coll., 2003). Les recommandations concernant la collecte de données ont divergé passablement au fil du temps, passant de la mesure de quelques indices corporels chez certains



© Wyoming Fish and Game Department

segments bien définis de la population (Bouchard et Huot, 1973) au suivi quinquennal de la condition physique des mâles de 1,5 an (poids, nombre de pointes et diamètre des merrains) (Comité consultatif sur le cerf, 1980; Potvin, 1994). Aucun indicateur de l'état de santé (maladies ou parasites) ne semble avoir été suivi ou recommandé avant le début des années 2000, et seuls des travaux portant sur la prévalence du ver des méninges chez le cerf dans l'est de la province ont été réalisés conjointement aux efforts de conservation du caribou de la Gaspésie (Claveau et Fillion, 1984). À partir de 2007, un suivi de la maladie débilitante chronique (MDC) a été amorcé dans le sud du Québec dans le but de déceler une éventuelle introduction de cette maladie à partir des États limitrophes où quelques cas de cerfs d'élevage et sauvages infectés ont été détectés en 2005 (Laurion et coll., 2008; NYSDEC, 2018).

Indicateurs de la qualité de l'habitat

Pendant la période hivernale, les cerfs des régions tempérées nordiques présentent un bilan énergétique négatif parce que la nourriture alors disponible fournit peu d'énergie et est de surcroît peu digestible. La survie des cerfs, influencée par la rigueur de l'hiver, dépendra alors de la quantité de réserves corporelles accumulées au cours de la période sans neige. Dans ce contexte, la qualité de l'habitat hivernal fréquenté par les cerfs est d'une grande importance, puisque sa qualité influencera directement la vitesse d'utilisation des ressources corporelles accumulées. On reconnaît généralement la qualité d'un habitat hivernal par son abondance de nourriture (strate arbustive feuillue), la densité du couvert de conifères (interception de la neige) et le haut degré d'entremêlement des composantes nourriture et couvert (Potvin et coll., 1986; Dumont et coll., 1998).



© G. Paquet

Dans les régions tempérées nordiques du nord-est de l'Amérique du Nord, le cerf de Virginie a développé une intéressante stratégie de survie en se regroupant dans des peuplements forestiers qui présentent des caractéristiques particulières où il développe et entretient un réseau de sentiers. Chaque année, dès le début de la période hivernale, les cerfs migrent vers ces aires de confinement, communément appelées « ravages » (Verme, 1973; Lesage et coll., 2000). Sous certaines conditions, une aire de confinement du cerf de Virginie peut être désignée comme un habitat faunique en vertu du Règlement sur les habitats fauniques de la Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune (LCMVF) (chapitre C-61.1, r.18) et soumis à des règles d'aménagement particulières (Hébert et coll., 2013).

L'importance de suivre l'emplacement des aires de confinement du cerf est depuis longtemps clairement comprise (Stephenson, 1973; Comité consultatif sur le cerf, 1980; Potvin, 1989, 1994; Couturier et coll., 2011). Parallèlement, le développement d'indicateurs pour suivre la qualité et le taux d'utilisation des habitats hivernaux a été proposé (Potvin, 1995) et plusieurs travaux ont été réalisés en ce sens (Potvin et Gosselin, 1995; Cusson et coll., 2004). Le groupe d'indicateurs documentant l'habitat du cerf de Virginie est jugé important tant pour la gestion de cette espèce que du point de vue légal, la délimitation des aires de confinement utilisées étant essentielle à leur protection. Un manque de connaissances sur cette composante importante pourrait avoir des conséquences néfastes à long terme pour certaines populations de cerfs de Virginie.

Systèmes de suivi antérieurs

Jusqu'à présent, trois systèmes de suivi du cerf distincts ont été utilisés au Québec pour suivre les différents groupes d'indicateurs mentionnés précédemment. Le premier système de suivi a été structuré il y a plus de 30 ans à la suite d'une analyse globale de la situation du cerf de Virginie dans la province (Comité consultatif sur le cerf, 1980). Par la suite, des modifications mineures y ont été apportées en 1989 dans le cadre du Sommet québécois sur la faune (Potvin, 1989). Enfin, le dernier système de suivi a été proposé dans le cadre de l'élaboration du premier plan de gestion du cerf de Virginie au Québec couvrant la période de 1996 à 2000 (Potvin, 1994a). La liste des indicateurs recommandés dans le cadre de chacun des exercices est présentée à l'annexe 1. Plusieurs indicateurs, mesurés à des fréquences variables, ont été reconduits d'un système à l'autre, démontrant ainsi l'importance qui leur était accordée (Tableau 1).

Les différents systèmes de suivi proposaient d'évaluer la densité des populations tous les cinq ans par : 1) des inventaires terrestres (décomptes de fèces dans les ravages); ou 2) des inventaires aériens, à la suite de la mise au point de cette méthode, à la fin des années 1980. De plus, lors du Sommet québécois sur la faune en 1989, il a été recommandé d'estimer les populations avant chasse dans chaque zone grâce à un modèle statistique de simulation, une recommandation qui n'a pas été retenue pour le système de suivi subséquent en raison de la mise au point d'une technique d'inventaire aérien efficace et plus performante (Potvin, 1994a). Il était également conseillé, dans les trois systèmes de suivi, d'effectuer un suivi annuel de la récolte de cerfs à la chasse sportive. On recommandait alors de concentrer les analyses sur la récolte des mâles adultes abattus à l'aide d'une arme à feu et de prendre en compte la durée et les dates de cette saison de chasse, de même que les conditions qui y prévalaient (p. ex., neige au sol). Afin de bonifier ces données de récolte, il a été proposé d'effectuer, tous les cinq ans, une enquête postale auprès des chasseurs afin d'obtenir de l'information sur la fréquentation des zones de chasse et sur l'effort de chasse, ce qui n'a pas eu de suite.

Dans le groupe d'indicateurs mortalité/survie, le suivi du réseau des stations de neige a été un indicateur recommandé dans les différents systèmes, notamment pour l'obtention de données sur l'enneigement (nombre de jours avec plus de 50 cm de neige au sol) et l'enfoncement pour le cerf (nombre de jours-cm). Au début des années 1980, le Comité consultatif sur le cerf préconisait l'évaluation du taux de mortalité hivernale par le suivi des carcasses trouvées dans un ravage témoin dans chaque région. Pour documenter davantage le groupe d'indicateurs de la mortalité et de la survie, ce même comité avait proposé de suivre les collisions routières impliquant la grande faune, notamment le cerf de Virginie. Ces deux dernières recommandations n'ont pas été réitérées dans les systèmes suivants.

Afin d'obtenir des données sur le taux de recrutement et la productivité des populations de cerfs, les deux derniers systèmes de suivi ont proposé d'analyser annuellement la structure d'âge de biches récoltées à la chasse. La taille d'échantillon recherchée était de 100 biches par territoire (regroupements de zones de chasse). De plus, afin d'obtenir de l'information sur la survie des faons durant l'hiver précédent, il a été recommandé par le Comité consultatif sur le cerf (1980) d'évaluer le pourcentage de cerfs âgés de 1,5 an dans la récolte par la chasse, ce qui n'a pas été reconduit par la suite.

Tableau 1. Résumé des indicateurs inclus dans les trois systèmes de suivi des populations de cerfs de Virginie utilisés historiquement au Québec selon la fréquence des mesures. Les indicateurs reconduits dans les systèmes de suivi subséquents sont en caractères gras.

Groupe d'indicateurs	Indicateurs mesurés annuellement	Indicateurs mesurés tous les 5 ans
État de la population	Modèle de population avant chasse ²	Inventaire par dénombrement de fèces¹ ou inventaire aérien^{2, 3}
	Suivi de la récolte à la chasse sportive par l'enregistrement obligatoire^{1, 2, 3}	Enquête postale auprès des chasseurs^{1, 2, 3}
Mortalité/Survie	Suivi du réseau des stations de neige^{1, 2, 3}	
	Dénombrement de carcasses en hiver ¹	
	Collisions routières impliquant la grande faune ¹	
Reproduction/Recrutement	Structure d'âge des biches récoltées à la chasse^{2, 3}	
	% de cerfs âgés de 1,5 an dans la récolte ¹	
Santé de la population		Condition physique des cerfs mâles de 1,5 an dans la récolte^{2, 3}
Habitat		Inventaire aérien des ravages^{1, 2, 3}
		Utilisation de la nourriture dans les ravages^{2, 3}

¹ Comité consultatif sur le cerf, 1980.

² Potvin, 1989.

³ Potvin, 1994a.

Plusieurs analyses ont été effectuées par le passé afin de déterminer les meilleurs paramètres permettant de décrire la santé d'une population de cerfs. Il a été recommandé de documenter la condition physique des mâles âgés de 1,5 an dans la récolte tous les cinq ans, par la mesure de la masse éviscérée, du diamètre des merrains et du nombre de pointes sur chaque bois.

Enfin, en ce qui concerne le groupe d'indicateurs de la qualité de l'habitat, la réalisation d'un inventaire aérien des ravages tous les cinq ans dans chaque zone de chasse et la quantification de l'utilisation de la nourriture par le cerf dans les ravages ont été préconisées dans chacun des systèmes de suivi.

Utilisation et degré de confiance accordé aux indicateurs utilisés aujourd’hui au Québec

Afin de dresser le profil actuel du système de suivi des populations de cerfs, tous les biologistes responsables de la gestion du cerf de Virginie des différentes régions du Québec ont été invités à remplir un questionnaire destiné à répertorier les indicateurs de suivi qu’ils utilisent et à faire connaître le degré de confiance qu’ils accordent à chacun.

Le questionnaire transmis portait sur 41 indicateurs de suivi et offrait la possibilité d’en ajouter si nécessaire. En outre, 7 indicateurs supplémentaires ont été ajoutés par les régions pour un total de 48 indicateurs (Annexe 2). Les biologistes étaient invités à remplir un tableau en répondant à des questions relatives à chacun des indicateurs (Annexe 3).

Actuellement, 46 indicateurs sont utilisés par les biologistes responsables de la gestion du cerf de Virginie au Québec, un nombre plus élevé que la trentaine d’indicateurs répertoriés lors d’un exercice similaire réalisé en 2006 (Daigle, 2007). Chacun fait usage en moyenne d’une quinzaine d’indicateurs et, tout comme en 2006 (Daigle, 2007), il existe une variabilité interrégionale importante, puisque certains biologistes se servent de moins de 5 indicateurs pour suivre les populations de cerfs, alors que d’autres en utilisent plus de 20. Cette grande variabilité pourrait s’expliquer par des différences quant à la disponibilité des données liées aux indicateurs ainsi qu’à la précision requise dans la prise de décision en fonction de l’état des populations de cerfs et des différentes modalités d’exploitation en vigueur dans chaque région (Figure 2).

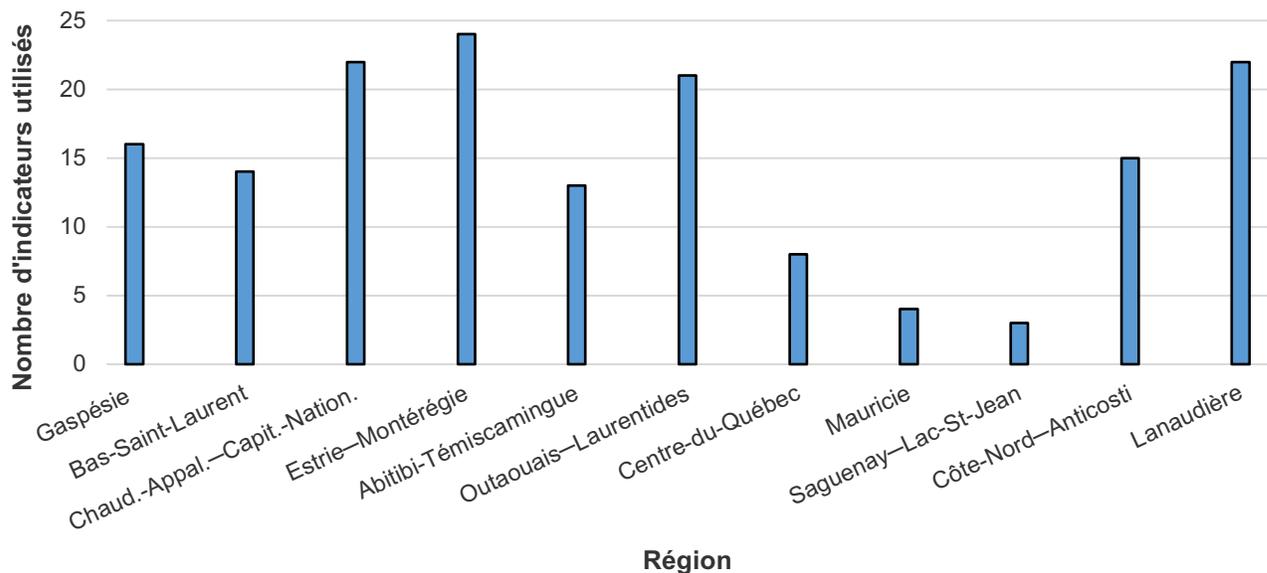


Figure 2. Nombre d’indicateurs utilisés par les biologistes responsables de la gestion du cerf de Virginie dans les différentes régions du Québec en 2016.

Parmi l'ensemble des indicateurs utilisés par les biologistes, 11 ont été utilisés dans au moins 6 régions et ont été considérés comme optimaux, puisqu'ils ont reçu des valeurs moyennes de fiabilité et d'influence sur les décisions de gestion de plus de 5,1 sur une échelle de 10 (Figure 3 et Tableau 2).

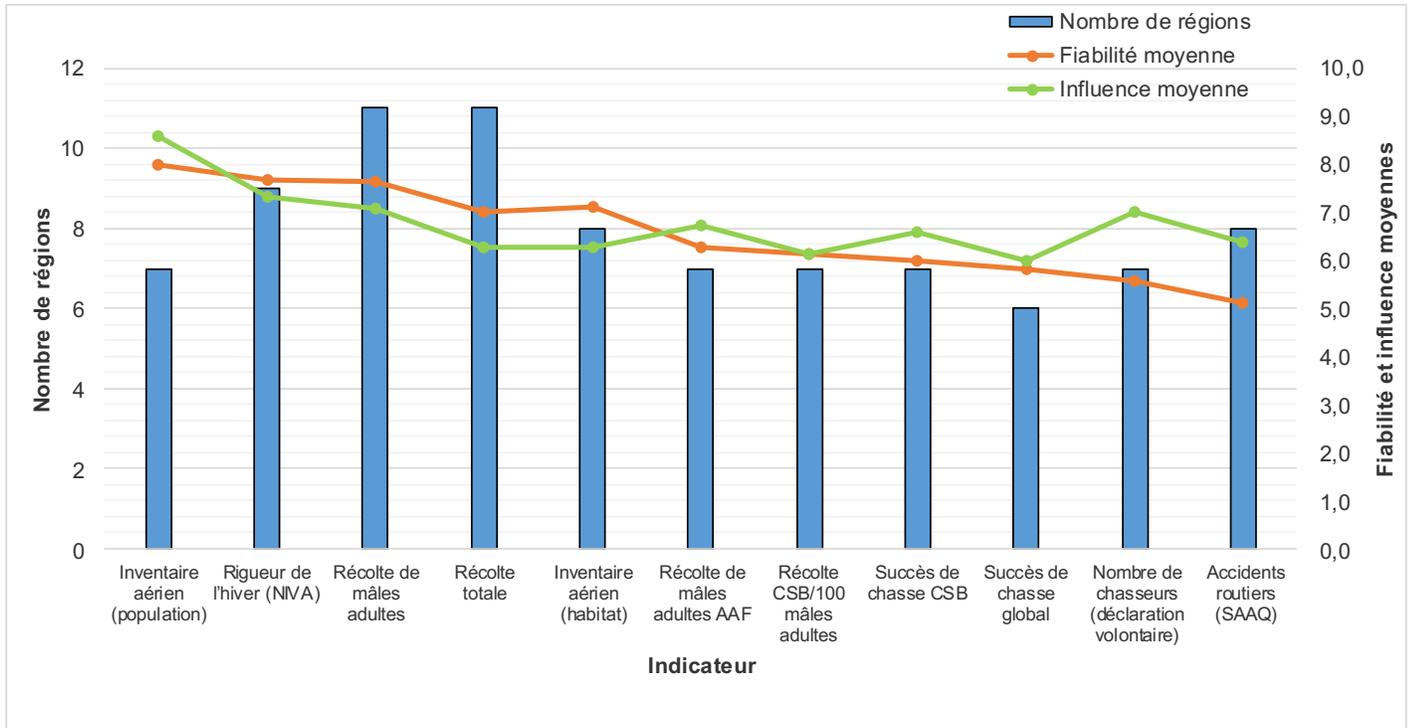


Figure 3. Fiabilité perçue et influence moyennes des indicateurs les plus utilisés au Québec pour la gestion du cerf de Virginie.

Tableau 2. Bilan des indicateurs de suivi des populations de cerfs de Virginie les plus utilisés et considérés comme les plus fiables et influents par les biologistes responsables de la gestion du cerf de Virginie dans les différentes régions du Québec. Les trois indicateurs qui ont obtenu les pointages les plus élevés en matière de fiabilité et d'influence sont en gris.

Indicateurs	Fréquence	Coût ¹	Nombre d'utilisateurs	Fiabilité moyenne (moy. ±é. t.)	Influence moyenne (moy. ±é. t.)
Récolte de mâles adultes totale	Annuelle	Faible	11	7,6 ±2,5	7,1 ±2,6
Récolte totale	Annuelle	Faible	11	7,0 ±2,4	6,3 ±2,6
Collisions routières (Société d'assurance automobile du Québec)	Annuelle	Faible	8	5,1 ±2,0	6,4 ±2,2
Inventaire aérien (population)	Quinquennale	Élevé	7	8,2 ±2,7	8,7 ±1,0
Récolte de mâles adultes pendant la période à l'arme à feu (carabine et fusil seulement)	Annuelle	Faible	7	6,3 ±2,2	6,7 ±1,3
Cerf sans bois/100 mâles adultes dans la récolte	Annuelle	Faible	7	6,1 ±2,2	6,1 ±2,0
Succès de chasse CSB	Annuelle	Faible	7	6,0 ±2,1	6,6 ±2,0
Estimation du nombre de chasseurs obtenu par déclaration volontaire	Annuelle	Faible	7	5,6 ±1,5	7,0 ±1,4
Succès de chasse global	Annuelle	Faible	6	5,8 ±2,6	6,0 ±2,2
Rigueur de l'hiver (indice NIVA)	Annuelle	Moyen	9	7,7 ±2,1	7,3 ±2,6

¹ Les coûts ont été divisés en trois catégories : faible (de 0 \$ à < 1 000 \$), moyen (≥ 1 000 \$ et < 20 000 \$), élevé (≥ 20 000 \$).

Utilisation et degré de confiance accordé aux indicateurs utilisés dans le Nord-Est américain

Pour mettre en perspective le profil du système québécois de suivi des populations de cerf de Virginie, un exercice similaire a été fait pour l'ensemble des provinces et des États de l'Est américain. À l'automne 2015, un questionnaire a été envoyé aux biologistes responsables de la gestion du cerf de Virginie de ces administrations afin de connaître quels indicateurs de suivi ils utilisaient (Tableau 3 et annexe 4).

Tableau 3. Administrations de l'Est américain contactées pour répondre à un sondage sur les indicateurs de suivi des populations de cerfs de Virginie qu'elles utilisent.

Canada	États-Unis	
Nouveau-Brunswick	Connecticut	New Jersey
Nouvelle-Écosse	Maine	New York
Ontario	Maryland	Pennsylvanie
Saskatchewan	Massachussets	Vermont
	Michigan	Virginie
	Minnesota	Wisconsin
	New Hampshire	

Les biologistes interrogés devaient décrire les indicateurs utilisés et les méthodes permettant de recueillir les données. Par la suite, ils devaient attribuer aux indicateurs une cote, échelonnée de 1 à 10, pour exprimer le niveau de confiance qu'ils accordent à chacun comme outil de gestion. Les indicateurs ont été classés selon les mêmes grands groupes énumérés précédemment (Tableau 4 et Tableau 5).

Tableau 4. Indicateurs de suivi des populations de cerfs de Virginie les plus utilisés dans la gestion de cette espèce par les administrations américaines et canadiennes sondées.

Groupe d'indicateurs	Indicateurs mesurés	Méthode de prise de données	Nombre d'administrations utilisant l'indicateur	Degré de confiance accordé à l'indicateur (moy. \pm é. t.)
État de la population	Collisions routières	Bases de données des compagnies d'assurances ou autres organisations	12	4,4 \pm 1,6
	Nombre de cerfs vus, effort de chasse, succès de récolte, opinion des chasseurs, observation et capture par unité d'effort (OPUE, CPUE)	Sondage auprès de la clientèle	10	6,4 \pm 2,1
	Récolte de mâles adultes	Consultation du système d'enregistrement obligatoire des cerfs récoltés	9	7,8 \pm 1,0
	Plaintes/opinions des intervenants du milieu et des chasseurs quant au niveau de population	Sondage, comité de travail, etc.	9	5,7 \pm 1,6
	Modèle de population intégrant différentes variables (structure d'âge et sexe chez les cerfs récoltés; effort de chasse; nombre d'individus récoltés)	Prise de données lors de l'enregistrement des cerfs récoltés (mâle ou femelle), sondage auprès de la clientèle	7	7,9 \pm 1,2
	Dénombrement de la population	Inventaire aérien	6	6,0 \pm 2,8
Mortalité/Survie	Température Accumulation de neige	Inventaire routier avec utilisation de projecteur ou par infrarouge (méthode DISTANCE)	5	7,2 \pm 2,1
		Stations de neige associées aux zones de chasse Bases de données météorologiques d'agences gouvernementales ou d'organismes Collaboration de citoyens encadrés par un programme	11	7,6 \pm 1,1
Reproduction/Recrutement	Structure d'âge et de sexe chez les cerfs récoltés	Prise de données lors de l'enregistrement des cerfs récoltés (mâle ou femelle)	7	7,9 \pm 1,2

Tableau 5. Indicateurs de suivi des populations de cerfs de Virginie les moins utilisés dans la gestion de cette espèce par les administrations américaines et canadiennes sondées.

Groupe d'indicateurs	Indicateurs mesurés	Méthode de prise de données	Nombre d'administrations utilisant l'indicateur	Degré de confiance moyen accordé à l'indicateur (moy. \pm é. t.)
État de la population	Récolte totale	Consultation du système d'enregistrement obligatoire	3	8,0 \pm 0
	Dénombrement de la population	Inventaire par transect de fèces	1	9,0
	Collisions routières (mâles)	Bases de données des compagnies d'assurances ou autres organisations	1	8,0
	Collisions routières (juvéniles en été)		1	7,0
	Récolte de mâles adultes à l'arme à feu	Consultation du système d'enregistrement obligatoire	1	7,0
	Nombre d'autorisations et permis délivrés pour récolter des cerfs à la suite des dommages causés aux cultures	Consultation des systèmes des permis	1	6,0
Mortalité/Survie	Récolte de cerfs sans bois	Consultation du système d'enregistrement obligatoire	3	8,0 \pm 0
	Récolte de femelles		2	8,0 \pm 0
	Succès global de chasse calculé pour la récolte des différents segments	Consultation des systèmes d'enregistrement obligatoire de la récolte et de la vente de permis	4	7,8 \pm 0,8
Reproduction/Recrutement	Succès d'accouplement, âge vs productivité	Autopsie chez les femelles impliquées dans une collision routière	4	5,8 \pm 2,1
Santé de la population	Condition physique des cerfs récoltés mâles (diamètre des merrains)	Prise de données lors de l'enregistrement des cerfs mâles	4	6,3 \pm 1,7
	Condition physique des cerfs récoltés (masse éviscérée)	Prise de données lors de l'enregistrement (mâle ou femelle)	2	6,0 \pm 1,4
Habitat	Utilisation de la nourriture par le cerf dans son habitat (p. ex., brout)	Inventaire de végétation (p. ex., brout, régénération)	4	5,8 \pm 1,7
	Distribution du cerf dans son habitat hivernal	Inventaire terrestre	1	7,0
		Inventaire aérien	1	4,0

Indicateurs de l'état de la population

Pour les biologistes des administrations contactées, la récolte de cerfs mâles à la chasse sportive est un indicateur de l'état de la population très utilisé et pour lequel le degré de confiance est parmi les plus élevés. Cette information est utilisée en la combinant à la récolte de mâles/100 km² d'habitat, la récolte de cerfs sans bois et la récolte totale. La construction de modèles de population intégrant différents indicateurs est aussi populaire dans plusieurs administrations et est considérée comme très fiable (Tableau 4).

En ce qui concerne les renseignements provenant des chasseurs, les observations et la récolte (capture) de cerfs par unité d'effort (OPUE et CPUE), l'effort de chasse et le succès de chasse déterminés au moyen des sondages effectués auprès des chasseurs sont des indicateurs très prisés par les administrations voisines et elles y accordent un bon niveau de confiance (Tableau 4).

Les inventaires aériens de population sont utilisés dans 6 des 17 administrations sondées et le degré de confiance associé à cet indicateur est généralement élevé. Ceux qui optent plutôt pour l'inventaire terrestre font des décomptes visuels de cerfs à l'aide ou non de détecteurs infrarouges ou de projecteurs, et ils utilisent l'approche statistique DISTANCE. Les biologistes qui suivent les populations de cerfs de cette manière ont plutôt confiance dans ces types d'indicateurs (Tableau 4).

Enfin, les statistiques de collisions routières avec le cerf sont utilisées par la très grande majorité des administrations voisines, mais le degré de confiance envers cet indicateur varie de moyen à faible, tout comme l'opinion des chasseurs et des intervenants du milieu recueillie par les sondages, des comités de travail ou autres (Tableau 5).

Indicateurs de mortalité/survie

Les données météorologiques provenant de différentes sources sont l'un des indicateurs de suivi des populations auquel les biologistes accordent le plus de confiance (Tableau 4). Les variables de températures et d'accumulation de neige sont utilisées par de nombreuses administrations pour obtenir un indicateur du taux de mortalité des populations de cerfs soumises à des hivers parfois rigoureux. Sept administrations utilisent des données provenant de leurs stations de neige et cinq utilisent des données provenant d'autres sources, seul le Michigan combine plus d'une source.

De plus, plusieurs administrations intègrent dans un modèle mathématique diverses variables météorologiques, comme les caractéristiques de la neige (p. ex., profondeur) et la température (p. ex., nombre de jours avec des températures sous 0 °F), pour former un indice de rigueur hivernale (*Winter Severity Index*). Les États américains qui incorporent plusieurs données dans un modèle mathématique sont ceux où les conditions hivernales sont les plus variables (modérées à rigoureuses), soit le Maine, le New Hampshire, New York, le Vermont, le Wisconsin, le Minnesota et le Michigan.

Indicateurs de reproduction/recrutement

L'analyse de la structure d'âge et de sexe dans les populations de cerfs en fonction des données recueillies lors de l'enregistrement est effectuée par plusieurs administrations pour estimer les taux de reproduction ou de recrutement. Les gestionnaires de la faune ont une confiance élevée dans cet

indicateur (Tableau 4). Par ailleurs, certains indicateurs, moins utilisés, mais considérés comme assez fiables pour évaluer le taux d'accouplement et la productivité des femelles, sont obtenus grâce à des nécropsies sur des femelles ayant succombé à une collision routière (Tableau 5).

Indicateurs de santé de la population

Les indicateurs renseignant sur la santé de la population de cerfs sont peu utilisés par les administrations du Nord-Est américain et ceux-ci sont généralement limités à des mesures de condition physique prises sur des cerfs récoltés à la chasse. Lorsque des mesures morphométriques sont prises, le diamètre du merrain chez les mâles de 1,5 an est la variable la plus populaire et celle à laquelle la plus grande confiance est accordée (Tableau 5).

Indicateurs de qualité de l'habitat

De manière générale, très peu d'indicateurs de la qualité de l'habitat du cerf de Virginie sont suivis par les administrations sondées. Celles qui utilisent ce genre d'indicateur font confiance notamment aux inventaires effectués sur le terrain d'habitat d'hiver (régénération, inventaire de brout, etc.) (Tableau 5).

Comparaison des indicateurs utilisés par les administrations semblables au Québec du point de vue climatique

Pour faciliter la comparaison avec les indicateurs utilisés dans notre province, un résumé des indicateurs de suivi les plus utilisés et considérés comme les plus fiables par huit administrations du Nord-Est américain où les conditions climatiques hivernales sont semblables aux nôtres a été produit (Tableau 6).

Toutes catégories confondues, l'indicateur de rigueur hivernale défini par certaines mesures météorologiques (ou le calcul d'un index de rigueur) est, sans surprise, celui qui est le plus populaire dans l'ensemble des administrations. Les manières de calculer cet indicateur diffèrent, mais le degré de confiance qui lui est accordé est élevé dans toutes les provinces et tous les États. L'estimation de la survie hivernale influence grandement la gestion annuelle des populations de cerfs, notamment pour le nombre de permis de chasse aux cerfs sans bois délivrés.

Tout comme au Québec, les données de récolte, particulièrement celles liées aux mâles adultes, sont très utilisées et considérées comme fiables par l'ensemble des administrations voisines pour estimer l'état des populations de cerfs et suivre leurs fluctuations. L'utilisation des statistiques de collisions routières impliquant des cerfs est également répandue pour répondre à ces objectifs, mais les différentes administrations leur accordent généralement une fiabilité moyenne ou faible.

Les données d'observations des chasseurs obtenues grâce à des sondages sont, quant à elles, rarement utilisées pour la gestion du cerf au Québec, mais celles-ci demeurent très populaires dans les autres administrations pour établir un suivi de l'état des populations (OPUE).

Enfin, contrairement au Québec, les administrations voisines réalisent rarement des inventaires aériens des populations et de l'habitat et, lorsqu'elles le font, le degré de confiance qui est accordé aux résultats obtenus par les biologistes responsables de la gestion du cerf de Virginie est très variable.

Tableau 6. Résumé des indicateurs utilisés par les administrations semblables au Québec sur le plan climatique et de la confiance accordée à chacun. Les trois indicateurs les plus utilisés et dont le degré de confiance est élevé sont en gris.

Indicateurs	Degré de confiance accordé à chaque indicateur par les provinces/États							
	ME	MI	MN	NH	VT	WI	NB	ON
Population								
Sondage (OPUE; observations par unité d'effort)	7			6	9	3	6	10
Sondage (CPUE; récolte par unité d'effort)	7							10
Inventaire aérien	1		8			6	5	
Récolte MA/superficie, MA/zone, Moyenne MA deux ans	8 ^a	8 ^b		9 ^b , 8 ^c		7 ^b		
Collisions routières		5		5	3	4	7	
Récolte de mâles adultes pendant la période à l'arme à feu					7			
Modèle de population			6			7	9	
Données récolte + Succès de chasse			8				8 ^d , 7 ^e	10
Récolte selon la structure d'âge et le sexe des cerfs	7					6		10
Récolte de cerfs sans bois		8						
Sondage (opinion) des chasseurs et des intervenants			6				6	6
Permis délivré pour déprédation		6						
Mortalité/Survie								
Mesures prises aux réseaux stations de neige	8 ^f	7 ^g		8 ^f	8 ^f	7 ^f	6 ^g	10 ^g
Index de rigueur hivernale avec autres données		8	7					
Reproduction/Recrutement								
Mesures sur les biches impliquées dans une collision routière	3				6			
Lactation chez biches récoltées à la chasse	1							
Taux de reproduction avec diam. de merrains 1,5 an récoltés	2							
Santé population								
Diamètre de merrains des mâles adultes récoltés à la chasse	4 ^h	6			7 ^h			
Masse éviscérée des mâles adultes récoltés à la chasse	5				7 ^h			
Structure d'âge des mâles adultes récoltés à la chasse					9			
Mesures prises chez les cerfs morts autrement qu'à la chasse						6	6	
Habitat								
Inventaire aérien	4							6
Inventaire terrestre				7				
Inventaire de nourriture					4			
Données qualitatives par divers intervenants			5					

^a Récolte de mâles adultes/superficie; ^b Récolte de mâles adultes/zone; ^c Moyenne Récolte de mâles adultes de deux ans; ^d Données de récolte + succès de chasse pour les mâles; ^e Données de récolte + succès de chasse pour les cerfs sans bois; ^f Neige et température; ^g Neige seulement; ^h Cerfs de 1,5 an.

Analyse de la fiabilité des indicateurs utilisés au Québec

Des données sont amassées depuis plusieurs années au Québec afin de suivre les différents indicateurs présentés précédemment. Dans le cadre d'une mise à jour du système de suivi des populations de cerfs de Virginie, il est apparu essentiel d'évaluer la fiabilité et l'utilité de chaque indicateur. Cette analyse est importante, puisqu'avec la multiplicité des indicateurs disponibles il apparaissait important de définir et d'optimiser l'utilisation de ceux qui offraient le meilleur rendement, sur les plans scientifique et financier. Une analyse exhaustive a donc été réalisée afin de répertorier les indicateurs à conserver impérativement. En contrepartie, cette analyse aura aussi servi d'outil d'aide à la décision, puisque la fiabilité de certains indicateurs n'avait encore jamais été évaluée. Cet exercice aura aussi permis de déterminer : 1) jusqu'à quel point certains indicateurs étaient, ou pas, corrélés à d'autres; 2) les indicateurs qui pourraient éventuellement être délaissés; et 3) les indicateurs dans lesquels il pourrait être intéressant d'investir afin de les rendre plus performants.

La première étape a consisté à créer une base de données regroupant toute l'information disponible pour les indicateurs utilisés au Québec depuis l'instauration du premier système de suivi des populations. Rappelons que ce premier système a vu le jour dans les années 1980 et ne concernait pas l'île d'Anticosti qui a été exclue des analyses à cause de sa réalité différente de celle du continent québécois. Par la suite, 14 modèles de régression ont été élaborés, ceux-ci intégrant les différents indicateurs pour lesquels suffisamment de données étaient disponibles pour la réalisation de tests statistiques (tableau 7). Des modèles de régression linéaire simple visant à évaluer la fiabilité des indicateurs pour la gestion du cerf à l'échelle provinciale ont d'abord été testés. L'analyse a par la suite été raffinée pour la gestion du cerf à l'échelle des zones de chasse en intégrant aux modèles la zone de chasse et sa localisation (latitude/longitude) afin de tenir compte de la variance liée à la position géographique des populations étudiées et de la dépendance des données à l'intérieur d'une zone. Cette dernière analyse a été réalisée par des modèles de régression linéaires à effets mixtes. L'unité d'échantillonnage utilisée pour la modélisation statistique correspond aux données associées à une zone de chasse pour une année.

Il était prévu de modéliser divers indicateurs de condition physique de mâles de 1,5 an avec la rigueur de l'hiver en plus de la densité de cerf évaluée par inventaire aérien une année donnée, mais cela a été impossible en raison d'une taille d'échantillon insuffisante. Les indicateurs intégrés dans les différents modèles sont les suivants :

- Récolte de mâles adultes par kilomètre carré d'habitat : correspond à la récolte annuelle totale des mâles adultes abattus à la chasse sportive et saisie dans le Système d'enregistrement de la grande faune. Les données proviennent des saisons de chasse 1994 à 2015. Puisque certaines zones de chasse ont été subdivisées en 2002, la récolte de cerfs des saisons précédentes a été rapportée dans les unités territoriales actuelles à l'aide des données disponibles sur la localisation de l'abattage. Enfin, pour obtenir des données comparables entre les zones, la récolte annuelle de mâles adultes a été divisée par la superficie d'habitat forestier disponible pour le cerf dans chaque zone (km²);

Tableau 7. Les 14 modèles de régression élaborés pour déterminer les relations existant entre les différents indicateurs utilisés pour la gestion du cerf de Virginie au Québec.

Modèle	Indicateurs intégrés au modèle	Échelle provinciale			Échelle zone de chasse	
		n	R ²	P	Pseudo R ²	Pr > Z
1	Densité cerf/km ² (année x) = N ^{bre} de collisions cerf (année x-1)	10	0,13	0,31	-	-
2	Densité cerf/km ² (année x) = Récolte MA/km ² (année x-1)	49	0,76	< 0,0001	0,79	0,07
3	Densité cerf/km ² (année x) = NIVA (année x-1)	54	0,41	< 0,0001	0,79	0,01
4	Densité cerf/km ² (année x) = NIVA (année x-1) + NIVA (année x-2)	52	0,67	< 0,0001	0,78	0,01
5	Récolte MA/km ² (année x) = NIVA (année x)	415	0,40	< 0,0001	0,75	0,002
6	Récolte MA/km ² (année x) = NIVA (année x) + NIVA (année x-1)	406	0,59	< 0,0001	0,78	0,002
7	Récolte MA/chasseur (année x) = NIVA (année x)	108	0,16	< 0,0001	0,18	0,035
8	Récolte MA/chasseur (année x) = NIVA (année x) + NIVA (année x-1)	108	0,35	< 0,0001	0,40	0,032
9	Proportion de mâles de 1,5 an (année x) = NIVA (année x) + récolte MA/km ² (année x)	43	0,05	0,34	0,10	0,34
10	Proportion de mâles de 1,5 an (année x) = NIVA (année x) + NIVA (année x-1) + Récolte MA/km ² (année x)	43	0,07	0,41	0,12	0,29
11	Masse des mâles de 1,5 an (année x) = NIVA (année x) + Récolte MA/km ² (année x)	56	0,06	0,21	0,25	0,21
12	LPA des mâles de 1,5 an (année x) = NIVA (année x) + Récolte MA/km ² (année x)	52	0,05	0,27	0,06	0,19
13	N ^{bre} de pointes des mâles de 1,5 an (année x) = NIVA (année x) + Récolte MA/km ² (année x)	66	0,03	0,38	0,04	1,00
14	DM des mâles de 1,5 an (année x) = NIVA (année x) + Récolte MA/km ² (année x)	59	0,25	< 0,001	0,31	0,29

Légende : LPA (longueur du pied arrière), DM (diamètre du merrain), NIVA (indice de rigueur hivernale).

- Densité de cerfs par kilomètre carré d'habitat : correspond au nombre de cerfs/km² d'habitat forestier déterminé par inventaire aérien selon la méthode du double décompte (Potvin et coll., 2002). Les données utilisées proviennent d'inventaires aériens réalisés de 1994 à 2014. Aucun inventaire de population de cerfs n'a été réalisé en 2015;
- Collisions routières impliquant le cerf : correspond aux données de collisions routières fournies par la Société d'assurance automobile du Québec (SAAQ). Ces données sont issues de rapports rédigés par les différents corps de police lors d'une collision routière impliquant au moins un véhicule routier et au moins un animal. Depuis 2010, une distinction est effectuée pour distinguer le cerf de Virginie des autres animaux. Les données utilisées couvrent les années 2010 à 2015;
- Rigueur de l'hiver (indice NIVA) : Un indice de rigueur de l'hiver appelé NIVA est calculé à partir des données prises dans le réseau provincial de stations nivométriques instauré en 1975 (Potvin et Breton, 1986) selon un protocole bien établi (Crête et Goudreault, 1974; Potvin et Breton, 1986). Cet indice, calculé pour chacune des stations, représente l'enfoncement cumulatif (jours-cm d'enfoncement) avec lequel un cerf doit composer lors de ses déplacements hivernaux (Potvin et Breton, 1992a). Le nombre de jours où l'enfoncement a dépassé 50 cm est aussi généralement utilisé pour décrire la rigueur de l'hiver, mais, en raison de sa forte autocorrélation avec l'enfoncement cumulatif et le fait que plusieurs stations n'atteignent pas le seuil des 50 cm (Potvin et Breton, 1992a), seul ce dernier a été retenu pour les analyses. Le NIVA annuel moyen est l'indicateur intégré dans les différents modèles. Les données utilisées couvrent les années 1994 à 2015;
- Récolte de mâles adultes selon le nombre de chasseurs : correspond à la récolte totale des mâles adultes abattus à la chasse sportive saisie dans le Système d'enregistrement de la grande faune, divisée par le nombre estimé de chasseurs dans chacune des zones de chasse. Le permis de chasse au cerf de Virginie n'étant pas associé à une zone, l'estimation du nombre de chasseurs actifs dans chacune est réalisée grâce à la déclaration volontaire du chasseur en vigueur depuis 2007. En effet, depuis ce temps, il est demandé aux chasseurs, lors de l'achat de leur permis de chasse au cerf de Virginie, de déclarer sur une base volontaire la principale zone où ils prévoient de chasser. Les données utilisées proviennent des saisons 2007 à 2015. Il est à noter que les données de déclaration volontaire n'incluent pas les subdivisions faites dans certaines zones de chasse;
- Proportion de mâles âgés de 1,5 an dans la récolte : correspond à une estimation de la proportion des mâles adultes âgés de 1,5 an abattus à la chasse sportive évaluée à quelques stations d'enregistrement lors de la première fin de semaine de chasse à l'arme à feu (méthode de Potvin, 1985). Le classement des mâles dans le groupe d'âge de 1,5 an est déterminé par l'examen visuel de la dentition pour vérifier le remplacement de la prémolaire tricuspide, une dent que possèdent habituellement seulement les individus âgés de moins de 18 mois. Les données utilisées proviennent de travaux réalisés aux stations d'enregistrement des zones de chasse 4, 6, 9, 10 est, 10 ouest, 11 est de 1999 à 2015;
- Mesures morphométriques chez les cerfs récoltés : correspond à la prise de mesures effectuée à différentes stations d'enregistrements sur des cerfs récoltés à la chasse sportive. Les données utilisées aux fins d'analyse sont les mesures prises chez les mâles âgés de 1,5 an. La masse

éviscérée (en kilogrammes), la longueur du pied arrière (en centimètres), la moyenne des diamètres des merrains (en millimètres) et le nombre total de pointes ont été analysées. Les données utilisées proviennent des mesures prises de 1994 à 2015.

En plus des indicateurs mentionnés précédemment, des variables ont été ajoutées aux modèles, soit :

- Latitude et longitude : ces variables correspondant au centroïde de chaque zone de chasse ont été intégrées aux modèles mixtes pour tenir compte de la variance liée à la position géographique de chaque zone (annexes 5 et 6);
- Zone de chasse : la zone de chasse a été ajoutée comme covariable aux modèles mixtes pour considérer la dépendance des données à l'intérieur d'une zone.

Indicateurs de l'état de la population

Quatre modèles de régression ont été élaborés afin d'établir la relation entre la densité de cerf (populations estimées par inventaire aérien), par kilomètre carré d'habitat, et d'autres indicateurs utilisés pour prévoir cette densité. Ces indicateurs sont : le nombre de collisions routières impliquant le cerf, la récolte de mâles adultes/km² d'habitat et l'indice de rigueur de l'hiver NIVA (modèles 1 à 4; Tableau 7 et annexe 7).

Le nombre de collisions routières impliquant le cerf une année donnée ne semble pas expliquer la densité de cerf/km² d'habitat mesurée l'hiver suivant par inventaire aérien. Le modèle 1 explique très peu la variance ($r^2 = 0,13$) et l'hypothèse nulle ne peut être rejetée avec une valeur de $p = 0,31$. Il est toutefois important de noter que la taille d'échantillonnage pour évaluer ce modèle est très faible ($n = 10$), car les données sur le nombre de collisions routières impliquant le cerf ne sont disponibles que depuis 2010 et seulement 10 inventaires aériens ont eu lieu depuis. Pour cette raison, les analyses à l'échelle de la zone de chasse n'ont pu être réalisées.

La récolte de mâles adultes/km² d'habitat à l'automne semble, pour sa part, être un indicateur très intéressant pour prédire les densités des populations l'hiver suivant (Figure 4). Tant à l'échelle provinciale qu'à celle des zones de chasse, cet indicateur est ressorti très significatif dans le modèle 2, expliquant notamment plus de 75 % de la variance à l'échelle provinciale ($r^2 = 0,76$; $p < 0,0001$; Tableau 7).

Dans les modèles 3 et 4, le pouvoir explicatif de la rigueur de l'hiver (indice NIVA) sur la densité de cerf a été évalué. La rigueur de l'hiver, observée l'hiver précédant l'inventaire de la population, a un effet significatif négatif sur les densités de cerfs (Figure 5). Le modèle 3 à l'échelle des zones de chasse explique davantage la variance avec un pseudo $r^2 = 0,79$, comparativement à 0,41 à l'échelle provinciale (Tableau 7). Il est intéressant de noter que la rigueur de l'hiver observée deux ans avant l'inventaire aérien joue également un rôle important dans la dynamique de la population de cerfs. Le modèle 4 intégrant les indices NIVA des deux hivers précédant l'inventaire aérien montrait une relation négative très significative avec la densité de cerf, tant à l'échelle provinciale ($r^2 = 0,67$) qu'à celle de la zone de chasse (pseudo $r^2 = 0,78$) (Tableau 7). À l'échelle des zones de chasse, le paramètre de la latitude intégré dans les modèles testés a montré une relation négative hautement significative pour expliquer la

répartition des densités de cerfs au Québec (Figure 6). La rigueur hivernale est entre autres étroitement liée à la latitude (Figure 7).

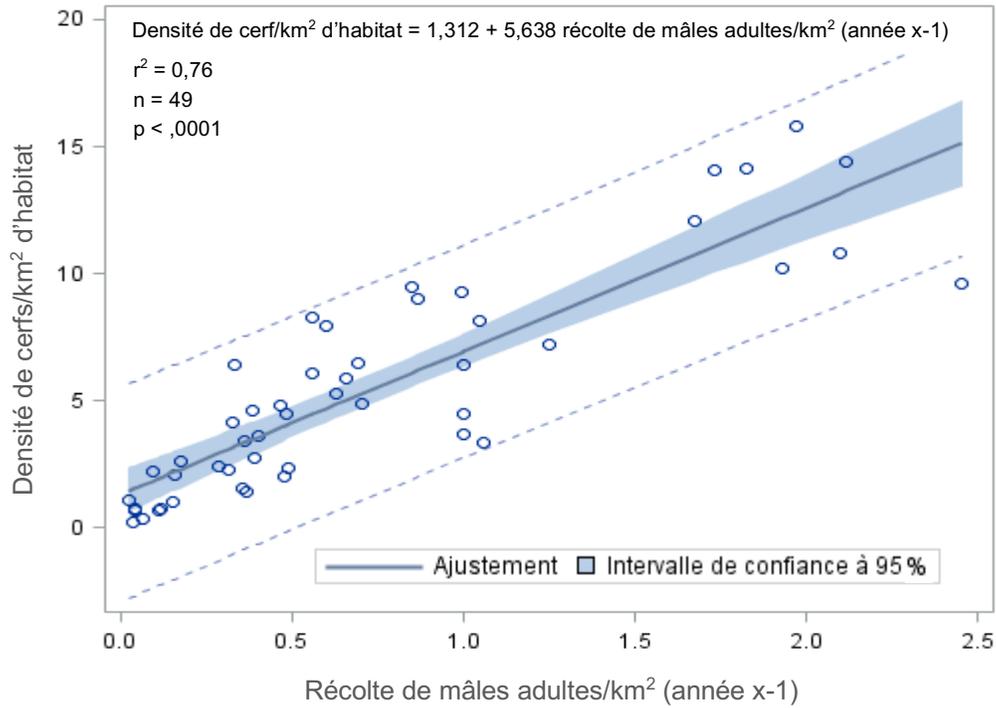


Figure 4. Relation entre la densité de cerf par kilomètre carré d'habitat obtenue par inventaire aérien dans les différentes zones de chasse et la récolte de mâles adultes/km² d'habitat lors de la saison de chasse précédente.

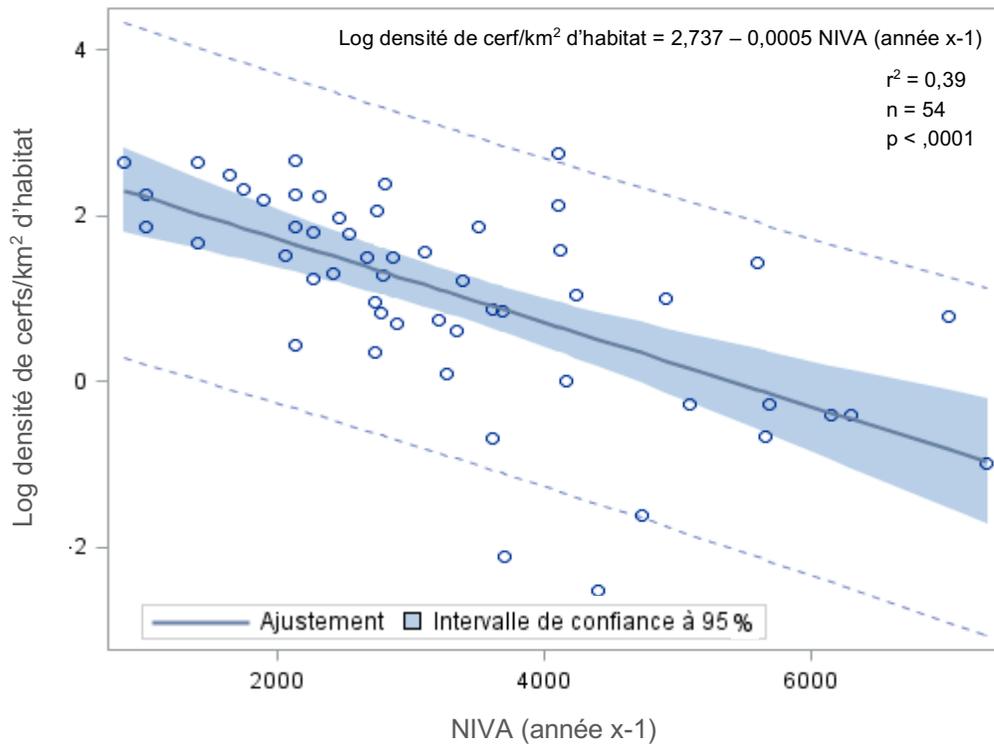


Figure 5. Relation entre la densité de cerf par kilomètre carré d'habitat estival dans les différentes zones de chasse (transformée en logarithme) et la rigueur de l'hiver (NIVA) de l'année précédente.

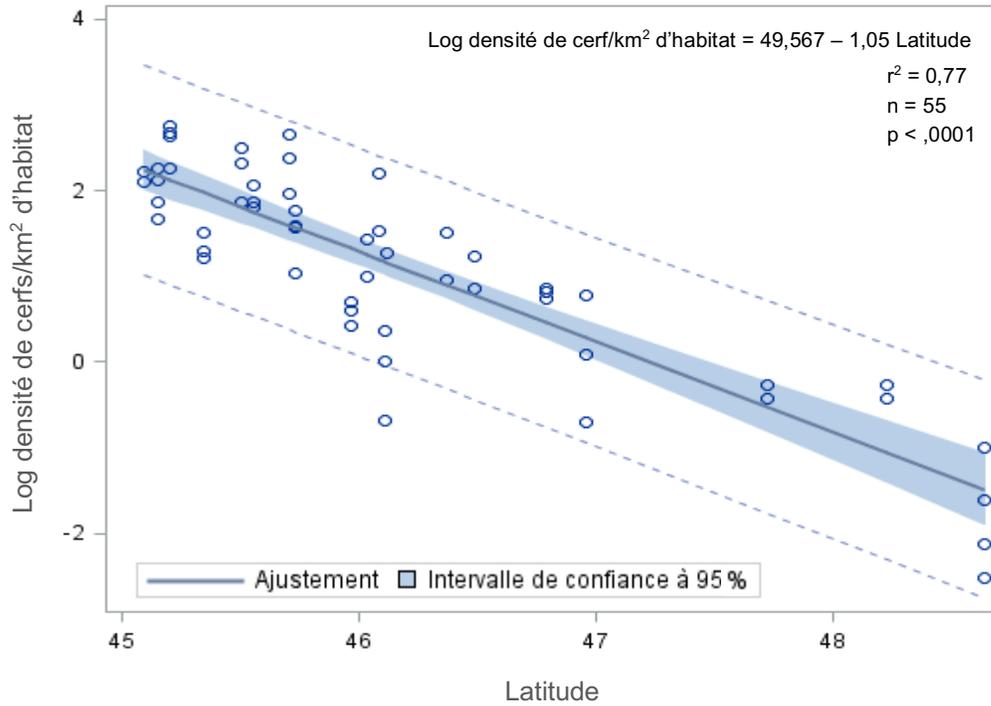


Figure 6. Relation entre la densité de cerf par kilomètre carré d'habitat estival (transformée en logarithme) et la latitude du centroïde des différentes zones de chasse.

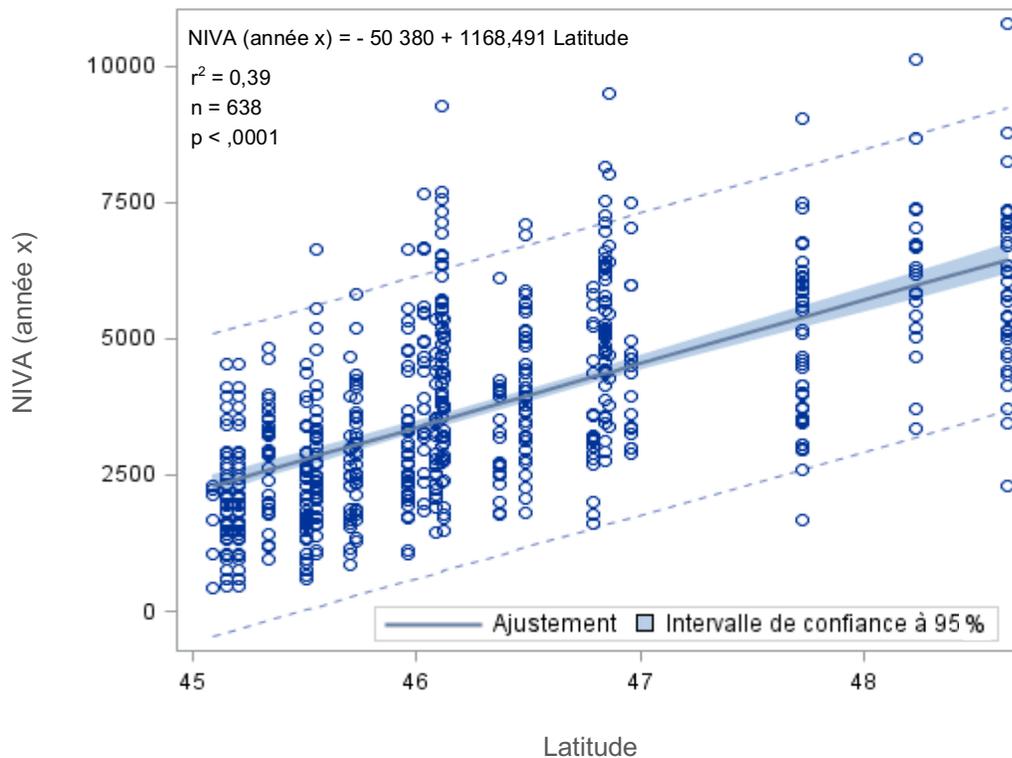


Figure 7. Relation entre la rigueur de l'hiver (indice NIVA) et la latitude du centroïde des différentes zones de chasse.

Deux autres modèles ont été produits pour vérifier les relations entre la récolte de mâles adultes par kilomètre carré d'habitat, à la chasse à l'automne, avec la rigueur de l'hiver (modèles 5 et 6; Tableau 7; annexe 8). La rigueur de l'hiver influence négativement la récolte de mâles adultes durant la saison de chasse suivante, aux deux échelles d'analyse (

Figure 8; Tableau 7). Le modèle 5 explique un peu plus de 40 % de la variance à l'échelle provinciale ($r^2 = 0,40$) et plus de 75 % à l'échelle de la zone de chasse (pseudo $r^2 = 0,75$). Il apparaît également que l'effet cumulatif de la rigueur des deux hivers qui ont précédé la saison de chasse (modèle 6) a une influence très importante sur la dynamique des populations de ce cervidé au Québec (

Figure 8). Les résultats de ce modèle montrent effectivement clairement les effets significatifs négatifs des indices NIVA et permettent d'expliquer davantage la variance des données aux deux échelles (provinciale : $r^2 = 0,59$; zone de chasse : pseudo $r^2 = 0,78$; Tableau 7).

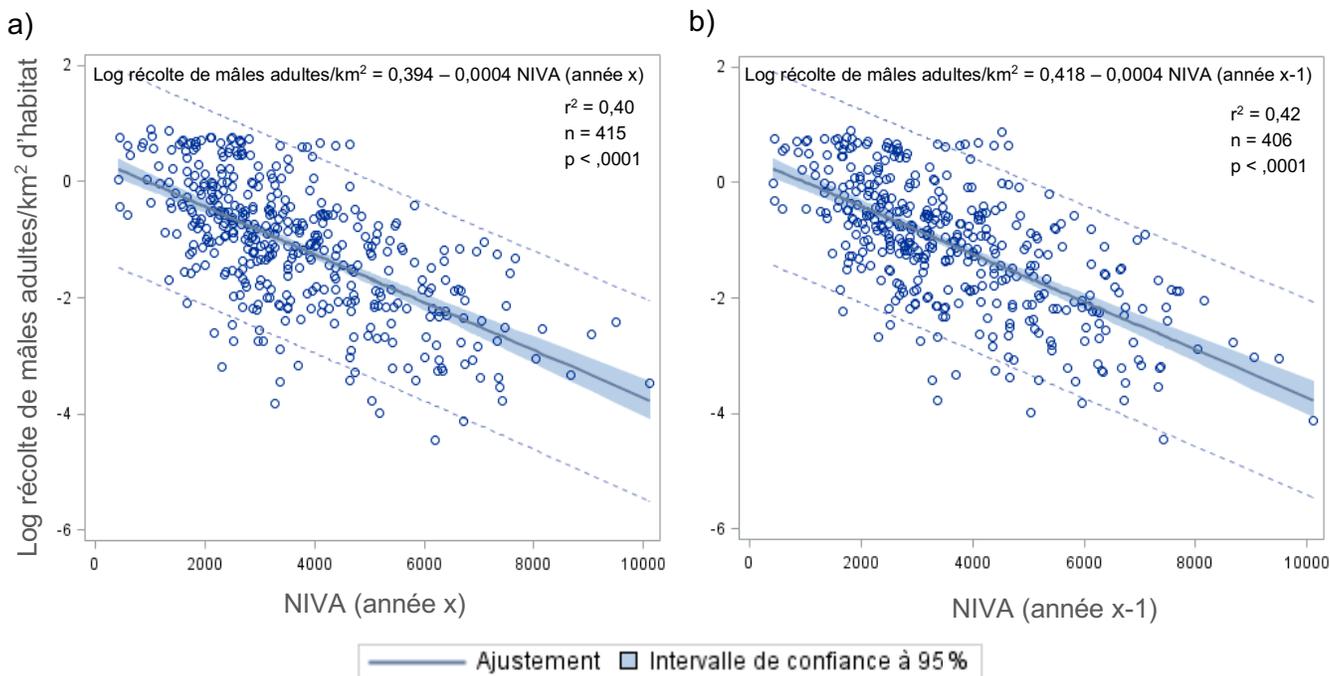


Figure 8. Relation entre la récolte de mâles adultes par kilomètre carré d'habitat dans les différentes zones de chasse (transformée en logarithme) et la rigueur de l'hiver (indice NIVA) évaluée la même année (a) ou l'année précédente (b).

Tel que démontré pour les indicateurs de densité de population, la latitude est une variable explicative importante dans tous les modèles à l'échelle de la zone de chasse et montre une relation négative significative avec la récolte de mâles adultes/km² d'habitat (Figure 9).

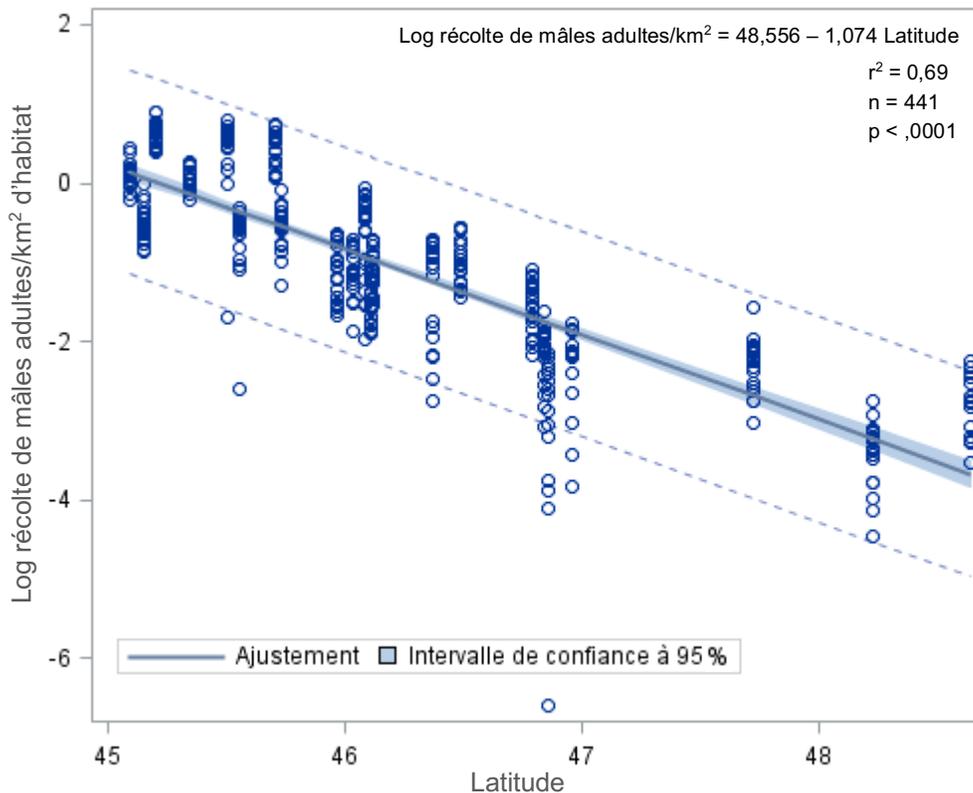


Figure 9. Relation entre la récolte de mâles adultes par kilomètre carré d'habitat (transformée en logarithme) et la latitude du centroïde des différentes zones de chasse.

Deux modèles ont également été élaborés afin, cette fois-ci, d'établir la relation entre la récolte de mâles adultes selon le nombre de chasseurs estimé pour chacune des zones de chasse, et l'indice de la rigueur de l'hiver NIVA (modèles 7 et 8; Tableau 7; annexe 9). Comme illustré précédemment, la rigueur de l'hiver, annuelle et cumulée sur deux ans, semble influencer négativement et significativement la récolte de mâles adultes/chasseur, et ce, aux deux échelles d'analyse. Par contre, ces modèles expriment une moins grande part de la variance (16 à 40 %) que ceux qui tentaient d'expliquer la récolte de mâles adultes/km² d'habitat (Tableau 7).

Indicateurs de mortalité/survie

Deux modèles de régression ont été construits afin d'expliquer la proportion de mâles âgés de 1,5 an dans la récolte lors de la première fin de semaine de chasse à l'arme à feu par les indicateurs de rigueur de l'hiver (indice NIVA) et la récolte de mâles adultes/km² d'habitat (modèles 9 et 10; Tableau 7; annexe 10).

Aucun de ces modèles n'a permis d'établir de relation entre les variables explicatives et la variable expliquée, tant à l'échelle provinciale qu'à l'échelle de la zone de chasse. De plus, une très faible proportion de la variance, soit de 5 à 12 %, a été expliquée par ces modèles (Tableau 7).

Indicateurs de santé de la population

La santé d'une population de cerfs peut être évaluée avec certains indicateurs qui demandent la prise de mesures morphométriques chez des individus. Pour tester ce type d'indicateur susceptible d'être influencé notamment par les conditions météorologiques et la qualité de l'habitat, quatre modèles de régression ont été élaborés (modèles 11 à 14; Tableau 7; annexe 11).

L'indice NIVA est l'une des variables explicatives intégrées à chacun des modèles afin d'évaluer son effet sur les différents indicateurs de santé de la population. Pour prendre en compte l'abondance de la population sur le territoire et, indirectement, la qualité de l'habitat, la récolte de mâles adultes/km² d'habitat a aussi été ajoutée à chaque modèle.

Les systèmes de suivi privilégient généralement les mesures sur les cerfs mâles de 1,5 an (Potvin, 1989; Boucher et coll., 2003) parce que ce segment de la population représente une forte proportion de la récolte des mâles adultes, qu'ils sont faciles à identifier et qu'ils sont réputés répondre plus fortement à des variations dans les conditions environnementales (Roseberry et Klimstra, 1975; Ashley et coll., 1998). Les analyses effectuées sur les indicateurs de santé de la population ont été réalisées uniquement sur les mâles de 1,5 an en raison de la plus grande disponibilité de données historiques pour cette classe d'âge dans les différentes régions.

Les résultats montrent que les conditions hivernales et l'indicateur d'abondance du cerf de Virginie sur le territoire (récolte de mâles adultes/km² d'habitat) influencent variablement les mesures morphométriques prises chez les cerfs mâles âgés de 1,5 an récoltés à la chasse sportive (modèles 11 à 14). Aucune relation significative n'a été établie avec les mesures de longueur du pied arrière et le nombre total de pointes chez les mâles de 1,5 an. Pour ces variables, à l'échelle provinciale et à l'échelle des zones de chasse, les modèles 12 et 13 ont expliqué moins de 6 % de la variance (Tableau 7).

La masse éviscérée chez les mâles de 1,5 an et les variables explicatives de la qualité de l'habitat et des conditions météorologiques hivernales (modèle 11) n'ont pas montré de relation significative, mais le modèle a expliqué un peu plus de 25 % de variance à l'échelle de la zone de chasse (pseudo $r^2 = 0,25$; Tableau 7). Une telle valeur de r^2 est considérée comme élevée dans la littérature scientifique portant sur la condition corporelle des cervidés, les mesures morphométriques pouvant être influencées par de multiples facteurs.

Parmi les mesures morphométriques analysées, le diamètre moyen des merrains chez les mâles âgés de 1,5 an a été celle la plus influencée par l'indice NIVA et la récolte de mâles adultes/km² d'habitat (Tableau 7; Figure 10). Le modèle 14 a expliqué près de 25 % de la variance à l'échelle provinciale ($r^2 = 0,25$) et 31 % à l'échelle des zones de chasse (pseudo $r^2 = 0,31$; Tableau 7). À ces deux échelles, la rigueur de l'hiver, relativement à l'indice NIVA, a influencé négativement et significativement le diamètre moyen des merrains chez les mâles de 1,5 an (annexe 11).

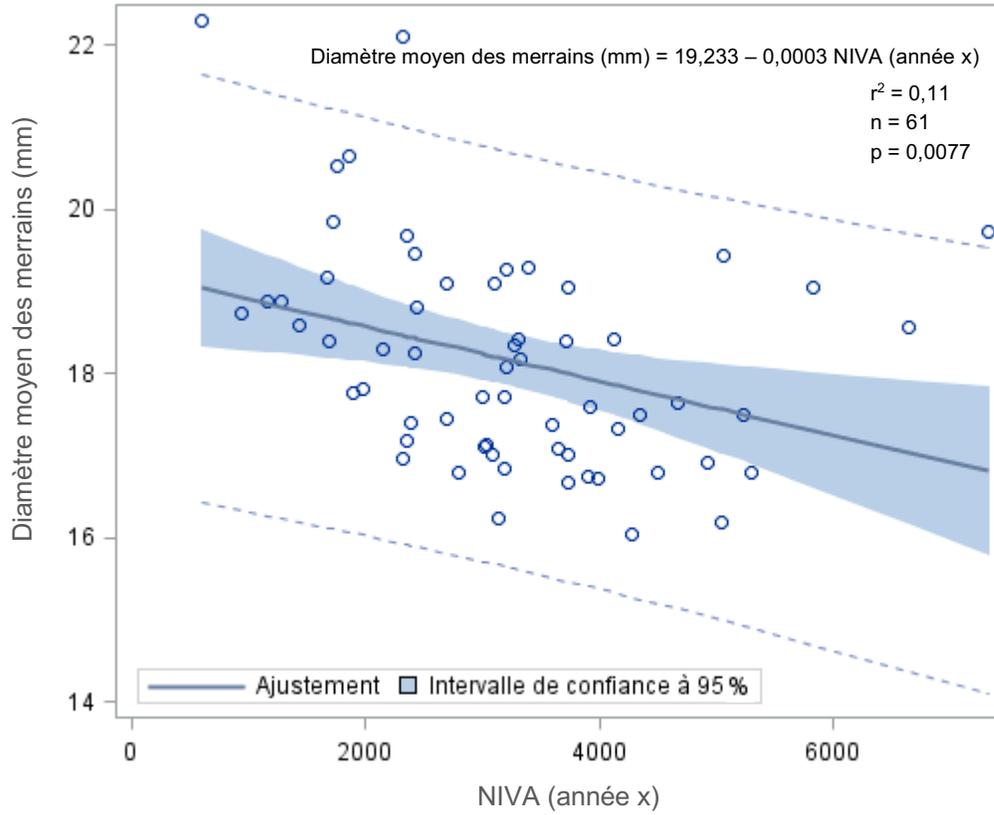


Figure 10. Relation entre le diamètre moyen des merrains chez les cerfs mâles de 1,5 an récoltés à l'automne et la rigueur de l'hiver précédent déterminée par l'indice NIVA.

Modèle prédictif de l'état des populations

Les résultats des modèles statistiques mettant en relation les différentes variables ont permis de sélectionner les meilleures variables explicatives et de produire un modèle final pour prédire les densités de cerfs/km² d'habitat à l'échelle de chacune des zones de chasse. La sélection des variables s'est faite en examinant leur pouvoir explicatif sur la densité de cerf/km² d'habitat par zone de chasse.

Pour expliquer la densité de cerf mesurée par inventaire aérien, une année donnée, les variables de la rigueur des deux hivers précédents (NIVA) et la récolte de mâles adultes/km² d'habitat l'automne précédent ont été incluses dans le modèle prédictif. De plus, étant donné que la latitude, qui est le reflet du climat, semblait jouer un rôle important dans les différents modèles de régression à l'échelle des zones de chasse, cette variable a également été incluse dans le modèle final.

Modèle prédictif :

$$\text{Densité cerf/km}^2 = \text{NIVA (année-1)} + \text{NIVA (année-2)} + \text{Récolte MA/km}^2 \text{ (année-1)} + \text{Latitude} + \text{Zone}$$

Le modèle prédictif explique une grande part de la variance (pseudo $r^2 = 0,84$) (Tableau 8). La récolte de mâles adultes/km² d'habitat l'année précédant l'inventaire aérien demeure une variable clé pour prédire les densités de cerfs/km² d'habitat et est ressortie très significative dans le modèle ($p = 0,0001$). De plus, la latitude est cruciale à considérer quand des estimations de populations de cerfs sont à réaliser à l'échelle des zones de chasse ($p = 0,0003$). Bien que la rigueur des deux hivers précédant l'inventaire aérien (indice NIVA) n'ait pas d'influence significative dans le modèle pour prédire les densités de cerfs/km² d'habitat, des tests ont montré que l'ajout de ces variables en augmente la précision. En effet, un hiver rigoureux peut réduire directement la population disponible, ce qui se reflètera par une diminution de la récolte dès l'automne suivant, mais il peut aussi abaisser la productivité des femelles, ce qui se répercutera sur la récolte seulement lors du deuxième automne (Potvin et Breton, 1992a).

Tableau 8. Modèle prédictif pour évaluer les densités de cerfs/km² d'habitat dans les différentes zones de chasse selon le NIVA (indice de rigueur hivernale; jours-cm d'enfoncement), calculé aux stations de neige, et la récolte de mâles adultes/km² d'habitat.

Variables ^a	Échelle de la zone de chasse		
	Estimation du paramètre	Erreur type	P
Modèle final : Log Densité de cerfs (année x) (pseudo $r^2 = 0,84$; $n = 47$)			
Ordonnée	27,756	6,789	0,0003
NIVA (année x-1)	0,00007	0,00004	0,0730
NIVA (année x-2)	-4,81E-6	0,00004	0,9000
Récolte MA/km ² (année x-1)	1,731	0,407	0,0001
Récolte MA/km ² (année x-1) ²	-0,443	0,144	0,0045
Latitude	-0,596	0,147	0,0003
Zone de chasse	Pr > Z = 0,0057		

^a Certaines variables ont été transformées (Log indique le logarithme).

Afin de tester le modèle final élaboré pour prédire les densités de cerfs/km² d'habitat pour les différentes zones de chasse, des données d'inventaires aériens de population de cerfs réalisés à l'hiver 2017 dans trois zones de chasse et qui n'avaient pas servi à élaborer le modèle ont été utilisées. Les valeurs de densité de cerf prédites par le modèle pour ces trois zones de chasse ont été comparées à celles obtenues par les inventaires aériens (Tableau 9).

Les inventaires aériens qui ont servi à tester le modèle prédictif ont été réalisés dans les zones de chasse 6 nord et 6 sud, situées dans la région de l'Estrie, et dans la zone de chasse 11-15 ouest, située dans la région des Laurentides. Pour chacune des zones, la latitude, la récolte de mâles adultes/km² d'habitat l'automne précédant l'inventaire aérien et la rigueur de l'hiver pour les deux années précédant l'inventaire aérien ont été intégrées au modèle afin d'obtenir une densité/km² d'habitat. Lorsque comparées aux données obtenues par inventaires aériens, les densités de cerfs/km² d'habitat estimées par modélisation montrent le pouvoir prédictif très intéressant du modèle final.

Tableau 9. Densités de cerfs/km² d'habitat prédites par le modèle final pour trois zones de chasse où des inventaires aériens de population ont eu lieu à l'hiver 2017.

Zones de chasse	Latitude	Récolte de mâles adultes (année x-1)	Moy. enf. (NIVA) (année x-1)	Moy. enf. (NIVA) (année x-2)	Densité de cerfs/km ² d'habitat	
					Inventaire aérien (± IC)	Modèle final (± erreur type)
6 nord	45,705	1,32	2990	1664	10,4 ±18 %	9,14 ±2,14
6 sud	45,343	1,41	3209	1232	7,8 ±21 %	4,80 ±1,33
11-15 ouest	46,791	0,12	5300	2903	2,0 ±19 %	1,75 ±0,42

Puisqu'il intègre la récolte de mâles adultes, le modèle est susceptible d'être influencé par tout changement dans les modalités de chasse qui agirait sur ce paramètre. Dans cette éventualité, il devra être adapté et testé de nouveau pour conserver son pouvoir prédictif.

Constatations résultant de l'analyse de la fiabilité des indicateurs utilisés au Québec

Voici les principales constatations des analyses :

- la récolte de mâles adultes/km² d'habitat et le NIVA démontrent un excellent pouvoir prédictif de la densité annuelle de cerf/km² d'habitat et constituent donc de bons indicateurs pour suivre les fluctuations des populations;
- la récolte de mâles adulte selon le nombre de chasseurs est significativement liée à la rigueur de l'hiver à l'échelle provinciale. L'efficacité de cet indicateur pour suivre les tendances de densité des populations de cerfs pourrait toutefois être améliorée en utilisant une source de données autre que la déclaration volontaire de la zone de chasse pour l'estimation du nombre de chasseurs;
- les données de collisions routières, utilisées dans leur forme actuelle, ne constituent pas un indicateur fiable pour prédire les tendances de la densité des populations de cerfs, possiblement parce que d'autres variables, tel le débit de véhicules journalier moyen, peuvent influencer le nombre de collisions routières impliquant le cerf;
- la proportion des cerfs mâles de 1,5 an dans la récolte lors de la première fin de semaine à l'arme à feu ne semble pas être un indicateur de mortalité/recrutement fiable. Une explication pourrait être l'évolution des méthodes de chasse dans les dernières années qui permettent au chasseur d'être plus sélectif au cours de la saison (p. ex., utilisation de caméras de surveillance);
- les indices de condition physique chez les mâles âgés de 1,5 an ont montré des réponses variables avec le NIVA et la récolte de mâles adultes/km², notamment en fonction de l'échelle d'analyse. Si des mesures de condition corporelle doivent être prises pour des besoins précis (p. ex., projets expérimentaux), le diamètre du merrain devrait être la mesure privilégiée, car elle a montré une relation significative avec la rigueur de l'hiver et l'indice de densité que constitue la récolte de mâles adultes/km²;
- le modèle global, développé pour expliquer la densité de cerf/km² mesurée par inventaire aérien une année donnée, intègre les variables qui montraient individuellement un bon pouvoir prédictif et se révèle un indicateur performant de l'état des populations en permettant d'expliquer plus de 84 % de la variance.

Revue de la littérature sur les indicateurs de suivi des populations de cerfs de Virginie

Afin d'avoir en main toutes les données nécessaires à l'analyse du système de suivi actuel des populations de cerfs de Virginie et documenter les avantages et les inconvénients des différents indicateurs, une revue de la littérature récente a été réalisée sur le sujet. Les indicateurs analysés, listés dans le Tableau 10, font partie de tous les groupes d'indicateurs définis préalablement.

Tableau 10. Indicateurs de suivi des populations de cerfs de Virginie analysés dans la revue de la littérature.

Groupe d'indicateurs	Indicateurs analysés
État de la population	<ul style="list-style-type: none"> - Inventaire aérien de population - Suivi par caméras - Collisions routières - Inventaire routier avec <i>Distance sampling</i> pour estimer la densité - Nombre de mâles adultes récoltés à la chasse durant la période à l'arme à feu - Superficie des ravages - Observations de cerfs/jours de chasse - Inventaire de fèces - ADN fécal
Mortalité/Survie	<ul style="list-style-type: none"> - Récolte de cerfs sans bois/100 mâles adultes - Récolte de femelles adultes - Récolte totale - Rigueur de l'hiver (NIVA) - Inventaire de carcasses (taux de mortalité hivernale)
Reproduction/Recrutement	<ul style="list-style-type: none"> - Ratio faon/femelle dans la récolte de cerfs sans bois - Données de reproduction sur les femelles tuées dans des collisions routières - Mesures de foetus pour obtenir l'étendue de la période du rut et la date de mise bas (associées à la survie) - Collisions routières impliquant le cerf pour déterminer le pic du rut - Observations des chasseurs - Taux de lactation - Ratio faons/adultes déterminé par inventaire routier
Santé de la population	<p>Indices de condition corporelle chez les cerfs récoltés à la chasse :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Masse éviscérée - Masse asymptotique chez les mâles - Masse à 1,5 an - Gras des reins - Gras de la fesse - Masse du muscle péronier - Proportion de gras dans la moelle du fémur - Longueur de la patte arrière - Longueur jusqu'à la base de la queue - Longueur totale - Tour de poitrine - Nombre de pointes - Diamètre du merrain - Longueur du merrain - Envergure du panache
Qualité de l'habitat	<ul style="list-style-type: none"> - Inventaire aérien de l'habitat hivernal - Inventaire terrestre (brout, végétation, régénération) - Indice de qualité de l'habitat (IQH) - Condition corporelle des mâles de 1,5 an

Tableau 11. Avantages et inconvénients des divers indicateurs utilisés pour évaluer l'état d'une population de cerfs de Virginie selon la littérature.

	Inventaires aériens de population	Suivi par caméras	Collisions routières	Inventaires routiers avec <i>Distance sampling</i> pour estimer la densité
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Technique du double décompte aérien éprouvée • Donne une estimation valide de la densité même si elle est sous-estimée¹¹ • Au QC, données de gestion influentes et tendances historiques disponibles¹² • Méthode d'estimation rapide • Facilité d'interprétation¹² 	<ul style="list-style-type: none"> • Permet d'avoir un indice de densité, de ratios de sexe et d'âge et de qualité des cerfs^{1, 4} • Bien adapté à de petites propriétés privées^{1, 3} • Bon outil de marketing (images)^{1, 3, 4} • Inventaires silencieux, non intrusifs, réalisables à toute heure et dans toutes les conditions climatiques^{4, 5} 	<ul style="list-style-type: none"> • Données de la SAAQ disponibles gratuitement¹² • Renseigne sur les tendances des populations^{12, 25} et parfois sur le ratio des sexes²⁶ 	<ul style="list-style-type: none"> • Peut fournir un bon indice de densité à peu de frais^{22, 24}
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Méthode sujette à des biais Un facteur de correction peut être appliqué pour augmenter la précision¹¹ • Ne permet pas d'avoir des ratios de sexe et d'âge • Méthode coûteuse, mais généralement moins que certaines autres méthodes comme le suivi par caméras • Ne peut être réalisé chaque année • Doit être réalisé en période hivernale (dans les ravages) 	<ul style="list-style-type: none"> • Non applicable actuellement sur de grands territoires avec des pop. non confinées en raison de plusieurs contraintes méthodologiques^{51, 52, 53} • Méthode traditionnelle ne fournit aucune précision^{1, 4} et peut sous-estimer les pop.¹⁰ • Coûteux en équipement et en temps sur de grandes superficies^{1, 4} (plus qu'inventaire aérien) • Appâtage nécessaire si la densité n'est pas suffisante pour utiliser des sentiers de cerfs^{1, 6} • Biais possible dans la capture des sexes^{2, 3, 10} • Vulnérabilité de l'équipement (vol, bris)^{4, 7} • Biais possibles liés à : n^{bre} de caméras, délai entre les photos, durée et période de l'inventaire, activité humaine, détectabilité, etc.^{5, 6, 9} 	<ul style="list-style-type: none"> • Indicateur utile seulement là où les densités sont moyennes ou fortes¹² • Corrélation avec les cerfs récoltés à la chasse fonctionne seulement si la récolte est stable, c.-à-d. mâles adultes²⁵ 	<ul style="list-style-type: none"> • Inventaire sensible aux facteurs influençant la présence des cerfs (météo, heure, phénologie des plantes, etc.)^{22, 23} • Plusieurs contraintes liées aux prémisses du <i>distance sampling</i> (DS) pour inventaires en voiture ou à pied (chemins aléatoires, détectabilité sur la ligne, fuite, etc.)²²
Commentaires	<ul style="list-style-type: none"> • Inventaires par détection infrarouge thermique peu efficace pour le cerf¹¹ 	<ul style="list-style-type: none"> • Densité idéale (1 caméra/40 ha^{1, 3, 8} à 1/65 ha²) • Méthode qui utilise le n^{bre} de mâles avec panache pour déterminer d'autres segments de la pop. et qui suppose une détectabilité égale^{1, 5} • Inventaire réduit de 50 % pour sexe-ratio seul^{8, 9} • Coûts amortis sur 5 ans : 1,29 \$² à 14 \$⁴/ha/an 	<ul style="list-style-type: none"> • Pour tendances à long terme, modifier avec des changements dans le trafic et le réseau routier²⁵ 	<ul style="list-style-type: none"> • Les inventaires routiers sans DS ne donnent pas d'estimations de densité valables, mais des tendances³⁷. Voir tab. 14 pour ratio faons/adultes.
Sources	¹¹ (Potvin et Breton, 2005) ¹² (Daigle, 2007)	¹ (Koerth et coll., 1997), ² (Jacobson et coll., 1997) ³ (Basinger, 2013), ⁴ (Curtis et coll., 2009), ⁵ (Beaver, 2011), ⁶ (Mccoy et coll., 2011), ⁷ (Cutler et Swann, 1999), ⁸ (Demarais et coll., 2000), ⁹ (McKinley et coll., 2006), ¹⁰ (Moore, 2008), ⁵¹ (Rowcliffe et coll., 2008), ⁵² (Burton et coll., 2015), ⁵³ (Nakashima et coll., 2018)	¹² (Daigle, 2007) ²⁵ (McCaffery, 1973) ²⁶ (Vermont Fish and Wildlife, 2009)	²² (Horcajada-Sánchez et Barja, 2015) ²³ (Bowman et Haus, 2013), ²⁴ (Larue et coll., 2007), ³⁷ (Coltrane, 2015)

Tableau 11. Avantages et inconvénients des divers indicateurs utilisés pour évaluer l'état d'une population de cerfs de Virginie selon la littérature (suite).

	Nombre de mâles adultes abattus à la chasse (arme à feu)	Superficie des ravages	Observations de cerfs/jours de chasse	Inventaire de fèces	ADN fécal
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> Indice fortement corrélé avec l'abondance des populations¹² Fiable lorsque la récolte est faite dans un contexte stable (période, durée, effort de chasse)^{12, 21} Intéressant lorsqu'un inventaire aérien n'est pas possible¹² 	<ul style="list-style-type: none"> Superficie en ravage influencée au moins en partie par l'abondance des populations¹² Utile pour la prise de décisions lorsque des inventaires aériens ne peuvent être réalisés¹² 	<ul style="list-style-type: none"> Outil qui a un bon rapport qualité-prix pour obtenir un indice brut d'abondance relative¹³ 	<ul style="list-style-type: none"> N^{bre} de fèces associé presque linéairement à la densité¹⁶ Estimation précise de l'abondance relative sur de petites ou de grandes superficies^{14, 15} Peut fournir une abondance absolue si jumelé à un taux de défécation^{14, 15} Moins coûteux que d'autres méthodes courantes¹⁴ Demande peu de formation¹⁴ 	<ul style="list-style-type: none"> Fournit une estimation de l'abondance absolue^{17, 18, 20} Donne en même temps un ratio mâle/femelle¹⁷ Un inventaire annuel peut aussi fournir une estimation de la survie et de la fécondité¹⁷ Particulièrement utile où les observations directes sont impossibles¹⁷
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> Nouvelles modalités de chasse, comme une restriction de la taille légale des bois (RTL), peuvent influencer cet indice^{12, 21} 	<ul style="list-style-type: none"> Indice peu précis¹² Densité peut varier selon la rigueur de l'hiver¹² 	<ul style="list-style-type: none"> Données plus difficiles à acquérir (sondage)¹² Indice qui devrait être périodiquement calibré avec d'autres estimations plus précises¹³ 	<ul style="list-style-type: none"> Si réalisé dans une forêt autre que feuillue, il faut nettoyer les parcelles ou bien discerner les crottes anciennes des nouvelles¹⁴ 	<ul style="list-style-type: none"> Coûteux, autant qu'un inventaire aérien^{17, 20} Génotypage sensible à la dégradation des fèces par la pluie¹⁹ Méthode récente qui a encore besoin d'être testée¹⁸
Commentaires				<ul style="list-style-type: none"> Pour précision accrue, doit être corrigée en fonction du taux de mortalité¹⁴ 	
Sources	¹² (Daigle, 2007) ²¹ (Norton et coll., 2012)	¹² (Daigle, 2007)	¹² (Daigle, 2007) ¹³ (Haskell, 2011)	¹⁴ (DeCalesta, 2013) ¹⁵ (BC Ministry of Environment Lands and Parks, 1998) ¹⁶ (Forsyth et coll., 2007)	¹⁷ (Goode et coll., 2014) ¹⁸ (Brinkman et coll., 2013) ¹⁹ (Brinkman et coll., 2010) ²⁰ (McCoy et coll., 2014)

Tableau 12. Avantages et inconvénients des divers indicateurs utilisés pour estimer le taux de mortalité d'une population de cerfs de Virginie selon la littérature.

	Récolte de cerfs sans bois/100 mâles adultes	Récolte de femelles adultes	Récolte totale	Rigueur de l'hiver (NIVA)	Inventaires des carcasses
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> Indice plus susceptible d'influencer l'abondance des populations de cerfs¹² 	<ul style="list-style-type: none"> Indice plus susceptible d'influencer l'abondance des populations de cerfs¹² 	<ul style="list-style-type: none"> Indice susceptible d'influencer l'abondance des populations de cerfs¹² 	<ul style="list-style-type: none"> Indice important dans le suivi québécois¹² Tendances historiques disponibles 	<ul style="list-style-type: none"> Utilisé conjointement avec un inventaire de fèces, reflète bien la rigueur hivernale^{35,36} Détermination possible des causes de la mort³⁵
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> Indice influencé par une restriction de la taille légale des bois (RTLB) Indice possiblement influencé par un contingentement (nombre de permis au cerf sans bois alloué) Indice disponible seulement lorsque la récolte de ce segment de la population est permise 	<ul style="list-style-type: none"> Indice possiblement influencé indirectement par une restriction de la taille légale des bois (RTLB) si la pression sur les cerfs sans bois est plus forte Indice possiblement influencé par un contingentement (nombre de permis au cerf sans bois alloué) Indice disponible seulement lorsque la récolte de ce segment de la population est permise 	<ul style="list-style-type: none"> Indice influencé par une restriction de la taille légale des bois (RTLB) 		<ul style="list-style-type: none"> Coût élevé par rapport aux modèles d'estimation de la rigueur de l'hiver développés plus récemment et dont les résultats sont très corrélés³⁶
Commentaires				<ul style="list-style-type: none"> Autres études associent des indices de rigueur du climat à la survie des cervidés³² 	
Sources	¹² (Daigle, 2007)	¹² (Daigle, 2007)	¹² (Daigle, 2007)	¹² (Daigle, 2007) ³² (Baccante et Woods, 2010)	³⁵ (Potvin, 1978) ³⁶ (Maine Dept. of Inland Fisheries and Wildlife, 2007)

Tableau 13. Avantages et inconvénients des divers indicateurs utilisés pour estimer les taux de reproduction et de recrutement d'une population de cerfs de Virginie selon la littérature.

	Ratio faon/femelle dans la récolte de cerfs sans bois	Ratio faons/adultes par inventaire routier au printemps	Données de reproduction sur des femelles tuées dans des collisions routières	Mesures de fœtus pour évaluer la période du rut et la date de mise bas (associées à la survie)
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> Bon indice quand la probabilité de récolte de cerf sans bois est constante 	<ul style="list-style-type: none"> Si interprété avec précautions, peut fournir un indice du taux de mortalité hivernale et de recrutement annuel^{37, 38} 	<ul style="list-style-type: none"> Nombre fœtus/femelle : bon indicateur de la fécondité²⁷ Ratio des sexes possible^{27, 29} Comparaison possible de la fécondité (février à mi-mai) avec ratio femelles : faons en décembre-janvier (collisions routières) pour estimer la survie des faons³¹ 	<ul style="list-style-type: none"> Mesures des fœtus : idée de la longueur de la période du rut et de la date de mise bas (c.-à-d. fécondation au 1^{er} ou au 2^e œstrus)²⁹
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> La récolte de cerfs sans bois est contingentée pendant la période à l'arme à feu et varie souvent dans le temps et l'espace régionalement Peut être influencé par une restriction de la taille légale des bois (RTL)³⁴ 	<ul style="list-style-type: none"> Inventaire sensible aux facteurs influençant la présence des cerfs (météo, heure, phénologie des plantes, etc.)¹⁵ Demande des efforts pour réaliser l'inventaire dans des conditions optimales et similaires chaque année³² Littérature scientifique sur cette méthode pour le cerf de Virginie inexistante 	<ul style="list-style-type: none"> La récolte des femelles doit se faire à l'hiver, alors qu'il y a moins de carcasses et que le gel limite les manipulations possibles en janvier et février. Les fœtus devraient être récoltés idéalement de 35 à 135 j de gestation²⁹ Exige une certaine logistique (récolte sporadique) Sujet aux biais de mesure³⁰ Exige une récolte d'échantillons constante pendant 3 ans pour obtenir une bonne précision, même si une année est exceptionnelle²⁸ 	<ul style="list-style-type: none"> La récolte des femelles doit se faire à l'hiver, pas pendant le pic des collisions et de 35 à 135 j de gestation idéalement²⁹ Exige une certaine logistique (récolte sporadique) Sujet aux biais³⁰ Exige une récolte d'échantillons constante pendant 3 ans pour obtenir une bonne précision²⁸
Commentaires				
Sources	³⁴ (Flinn et coll., 2014)	¹⁵ (BC Ministry of Environment Lands and Parks. 1998) ³² (Baccante et Woods, 2010) ³⁷ (Coltrane, 2015) ³⁸ (Bowden et coll., 1984)	²⁷ (Stoll et Parker, 1986) ²⁸ (Rosenberry et coll., 2009) ²⁹ (Adams, 2008) ³⁰ (Stickles et coll., 2015) ³¹ (Patterson et coll., 2002)	²⁸ (Rosenberry et coll., 2009) ²⁹ (Adams, 2008)

Tableau 13. Avantages et inconvénients des divers indicateurs utilisés pour estimer les taux de reproduction et de recrutement d'une population de cerfs de Virginie selon la littérature (suite).

	Collisions routières impliquant le cerf pour déterminer le pic du rut	Observations des chasseurs	Taux de lactation
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre de collisions routières très corrélé aux activités du rut³⁰ • Pic du rut hâtif pourrait indiquer un ratio des sexes équilibré et une structure d'âge des mâles plus vieille³⁰ 	<ul style="list-style-type: none"> • Peut permettre d'obtenir une tendance du ratio faon/femelle³³ 	<ul style="list-style-type: none"> • Indice peu sensible, mais utile lorsqu'il est combiné à d'autres indices de recrutement³³
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Dépendant de la précision des données de collisions routières disponibles (p. ex., détermination du sexe du cerf impliqué) 	<ul style="list-style-type: none"> • Peu précis, mais donne une tendance si le nombre de données est suffisant³³ 	<ul style="list-style-type: none"> • Impossible de savoir combien de faons une femelle en lactation a produit ou une femelle qui ne l'est pas a perdu³³
Commentaires			
Sources	³⁰ (Stickles et coll., 2015)	³³ (Gulsby et Miller, 2013)	³³ (Gulsby et Miller, 2013)

Tableau 14. Avantages et inconvénients des divers indicateurs de condition corporelle mesurés sur des cerfs abattus à la chasse et utilisés pour estimer la santé d'une population de cerfs de Virginie selon la littérature.

	Masse éviscérée	Masse asymptotique (mâles)	Masse à 1,5 an	Gras des reins	Gras de la fesse
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Bon indicateur^{2, 7} • Faible coût • Simple à mesurer 	<ul style="list-style-type: none"> • Bon indicateur^{1, 3} • Plus grande sensibilité à la densité que la masse non asymptotique¹ 	<ul style="list-style-type: none"> • Bon indicateur^{1, 6} • Faible coût⁹ 	<ul style="list-style-type: none"> • Bon indicateur^{7, 14} en automne² • Variabilité bien expliquée par les facteurs environnementaux² 	<ul style="list-style-type: none"> • Bon indicateur¹³, surtout en automne² • Variabilité bien expliquée par les facteurs environnementaux² • Facile à mesurer
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Dans le cas de populations surabondantes, la masse, comme les autres indices de condition corporelle, peut ne pas réagir rapidement à une baisse de densité, surtout si la densité reste au-dessus de la capacité de support¹⁰ 	<ul style="list-style-type: none"> • Peu utile pour les décisions de gestion, car la masse asymptotique est rarement atteinte dans une population très exploitée avec une structure d'âge relativement jeune, et il y a un délai de 4 à 5 ans après l'arrivée de la cohorte⁶ • Plus coûteux en raison de la rareté de cerfs âgés dans la récolte⁹ 	<ul style="list-style-type: none"> • Moins sensible que les autres indices de masse¹ • Peut être plus influencé par la rigueur de l'hiver ou la qualité de l'habitat que par la densité¹ • Inutilisable si une modalité de restriction de la taille légale des bois est en place 	<ul style="list-style-type: none"> • Long à mesurer² • Inutilisable dans le contexte de mesures aux stations d'enregistrement où les cerfs arrivent éviscérés 	<ul style="list-style-type: none"> • Première réserve de gras qui est utilisée (avant le gras des reins et le gras de la moelle du fémur) et les valeurs nulles peuvent donc être fréquentes contrairement aux 2 autres mesures¹⁴
Commentaires	<ul style="list-style-type: none"> • La masse est l'indice qui varie de la façon la plus cohérente avec la densité¹ • Bon indice intégrateur en automne (réserve de gras, muscle, squelette)² • Corrélé à l'hétérozygotie⁸ 	<ul style="list-style-type: none"> • Cumule les effets de la qualité de l'habitat pendant toute la période de croissance du cerf¹ • Nécessite au moins 100 carcasses de cerfs de différents âges par zone de chasse, dont au moins 30 \geq 4,5 ans¹ 	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessite au moins 100 carcasses de cerfs de différents âges par zone de chasse¹ • Dans le cas d'une RTLB, la masse des faons pourrait être un indicateur¹⁵ 		<ul style="list-style-type: none"> • Moyenne de l'épaisseur de gras prise à 5 et 10 cm de la base de la queue² • Plusieurs méthodes utilisées telles que les ultrasons¹³
Sources	¹ (Boucher et coll., 2003) ² (Simard et coll., 2014) ⁷ (Kie et coll., 1983) ⁸ (Scribner et coll., 1989) ¹⁰ (Sams et coll., 1998)	¹ (Boucher et coll., 2003) ³ (Lesage et coll., 2001) ⁶ (Keyser et coll., 2005) ⁹ (Daigle, 2007)	¹ (Boucher et coll., 2003) ⁶ (Keyser et coll., 2005) ⁹ (Daigle, 2007) ¹⁵ (Pierce II et coll., 2011)	² (Simard et coll., 2014) ⁷ (Kie et coll., 1983) ¹⁴ (Pojar et Reed, 1973)	² (Simard et coll., 2014) ¹³ (Stephenson et coll., 2002) ¹⁴ (Pojar et Reed, 1973)

Tableau 14. Avantages et inconvénients des divers indicateurs de condition corporelle mesurés sur des cerfs abattus à la chasse et utilisés pour estimer la santé d'une population de cerfs de Virginie selon la littérature (suite).

	Masse du peroneus	Moelle osseuse du fémur	Longueur de la patte arrière	Longueur du cerf jusqu'à la base de la queue	Longueur totale du cerf
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Indice des réserves de protéines 	<ul style="list-style-type: none"> • Bon indicateur de condition corporelle⁷ 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisé dans un ratio longueur totale/LPA³ ou masse/LPA⁴, peut servir à comparer des cerfs de régions éloignées dont la croissance diffère³ 		
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Pas un bon indicateur de la condition de cerfs abattus à la chasse en automne, car les réserves de protéines seraient alors à leur valeur maximale et peu variables. Meilleur indicateur de la condition corporelle au printemps, après que les réserves protéiques ont été sollicitées si les réserves de gras sont épuisées² 	<ul style="list-style-type: none"> • Complicé à prélever et à mesurer (laboratoire) 	<ul style="list-style-type: none"> • Indice variable et souvent incohérent² • Mesure très peu sensible à la densité¹ • Erreur de mesure facile¹ 	<ul style="list-style-type: none"> • Indice variable et souvent incohérent² • Difficile à interpréter² • Peu utilisé dans la littérature 	<ul style="list-style-type: none"> • Indice variable et souvent incohérent² • Difficile à interpréter² • Peu utilisé dans la littérature
Commentaires			<ul style="list-style-type: none"> • Croissance squelettique se termine bien avant l'atteinte de la masse asymptotique⁵ 		
Sources	² (Simard et coll., 2014)	⁷ (Kie et coll., 1983)	¹ (Boucher et coll., 2003) ² (Simard et coll., 2014) ³ (Lesage et coll., 2001) ⁴ (Klinger et coll., 1985) ⁵ (Roseberry et Klimstra, 1975)	² (Simard et coll., 2014)	² (Simard et coll., 2014)

Tableau 14. Avantages et inconvénients des divers indicateurs de condition corporelle mesurés sur des cerfs abattus à la chasse et utilisés pour estimer la santé d'une population de cerfs de Virginie selon la littérature (suite).

	Tour de poitrine	Nombre de pointes	Diamètre du merrain	Longueur du merrain	Largeur du panache
Avantages		<ul style="list-style-type: none"> • Indice qui répond à la densité^{1, 6, 7} • Significativement corrélé à la masse^{4, 8} • Facile à mesurer 	<ul style="list-style-type: none"> • Indice utilisé fréquemment dans la littérature, notamment pour lier le diamètre des merrains des mâles de 1,5 an à la capacité de support (santé de la population)^{11, 12} 		<ul style="list-style-type: none"> • Indice des bois qui explique le mieux la variabilité²
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Indice variable et souvent incohérent² • Difficile à interpréter² • Peu utilisé dans la littérature 	<ul style="list-style-type: none"> • Moins fiable et direct que la masse, peut présenter des incohérences¹ • Très variable intra- et inter- classes d'âge^{4, 5} 	<ul style="list-style-type: none"> • Très variable intra- et inter- classes d'âge⁴ • Présente des incohérences¹ • Peu ou pas corrélé à la densité^{6, 7} • Erreur de mesure facile^{1, 6} 	<ul style="list-style-type: none"> • Peu utilisé dans la littérature 	
Commentaires	<ul style="list-style-type: none"> • Ratio circonférence de poitrine/masse demeure relativement constant⁵ 	<ul style="list-style-type: none"> • Délai de réponse à la densité de 2 ans⁶ • Corrélé à l'hétérozygotie⁸ • Réponse curvilinéaire avec l'âge⁸ 	<ul style="list-style-type: none"> • Corrélé à la masse⁴ ou pas⁵, selon les études • Pas d'augmentation significative pour les mâles $\geq 4,5$ ans⁵ • Réponse curvilinéaire avec l'âge⁸ 	<ul style="list-style-type: none"> • Réponse curvilinéaire avec l'âge⁸ 	<ul style="list-style-type: none"> • Restriction alimentaire à court terme n'a pas d'effet sur le panache contrairement à une malnutrition chronique⁷ • Réponse curvilinéaire avec l'âge⁸
Sources	² (Simard et coll., 2014) ⁵ (Roseberry et Klimstra, 1975)	¹ (Boucher et coll., 2003) ⁴ (Klinger et coll., 1985) ⁵ (Roseberry et Klimstra, 1975) ⁶ (Keyser et coll., 2005) ⁷ (Kie et coll., 1983) ⁸ (Scribner et coll., 1989)	¹ (Boucher et coll., 2003) ⁴ (Klinger et coll., 1985) ⁵ (Roseberry et Klimstra, 1975) ⁶ (Keyser et coll., 2005) ⁷ (Kie et coll., 1983) ⁸ (Scribner et coll., 1989) ¹¹ (Lavigne, 1999) ¹² (Vermont Department of Fish and Wildlife, 2009)	⁸ (Scribner et coll., 1989)	² (Simard et coll., 2014) ⁷ (Kie et coll., 1983) ⁸ (Scribner et coll., 1989)

Tableau 15. Avantages et inconvénients des divers indicateurs utilisés pour estimer la qualité de l'habitat pour le cerf de Virginie selon la littérature.

	Inventaire aérien de l'habitat hivernal	Inventaire terrestre Brout-végétation-régénération	Indice de qualité de l'habitat (IQH)	Condition corporelle des mâles de 1,5 an
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Permet la délimitation des ravages permanents pour leur protection et leur aménagement^{39, 40} • Précise la distribution du cerf⁴⁰ • Protocole d'inventaire éprouvé pour le Québec³⁹ 	<ul style="list-style-type: none"> • Les inventaires de brout, de végétation et de régénération permettent d'estimer la nourriture disponible pour le cerf et son utilisation⁴² • Ces inventaires permettent aussi d'évaluer la dégradation du milieu⁴⁴ et la position de la population au regard de sa capacité de support⁴⁵ 	<ul style="list-style-type: none"> • Permet d'obtenir un indice grossier du potentiel d'utilisation de l'habitat rapidement et à faible coût⁴⁷ • Utile pour la détermination des objectifs et la planification de l'aménagement forestier⁴³ ainsi que pour évaluer les effets de la modification de l'habitat⁴⁹ 	<ul style="list-style-type: none"> • Données simples à acquérir (p. ex., masse et diamètre moyen des merrains des cerfs mâles de 1,5 an) pour obtenir un indice de la position de la population au regard de la capacité de support du milieu^{36, 46, 50}
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Coûteux^{40, 41} • Peut-être influencé par les conditions d'enneigement exceptionnelles^{40,41} 	<ul style="list-style-type: none"> • Exigeant en temps et en ressources humaines^{43, 46} • Difficilement réalisable à grande échelle (tous les ravages de chaque zone)⁴⁶ 	<ul style="list-style-type: none"> • Précision du modèle très dépendante de la précision des sources de données utilisées pour le développer⁴⁸ • Pour être fiable, le modèle doit être validé^{47, 49} et n'a de valeur prédictive que pour les conditions dans lesquelles il a été élaboré⁴⁷ • Imprécision du fait que la sélection de l'habitat par le cerf est un processus dynamique influencé par diverses variables qui ne peuvent pas nécessairement toutes être prises en compte par le modèle^{47, 49} • Les besoins en habitat du cerf sont difficiles à définir, car c'est une espèce généraliste possédant une grande capacité d'adaptation⁴⁹ 	<ul style="list-style-type: none"> • Des facteurs autres que la qualité de l'habitat peuvent influencer la densité de la population et conséquemment la condition corporelle des mâles de 1,5 an (p. ex., prédation et rigueur de l'hiver)^{46, 1} • Peut parfois montrer des différences détectables seulement après que l'habitat est fortement dégradé⁴⁵
Commentaires				
Sources	³⁹ (Potvin et Breton, 1992b) ⁴⁰ (Courtois et coll., 1996) ⁴¹ (Daigle, 2002)	⁴² (Potvin, 1995) ⁴³ (Hébert et coll., 2013) ⁴⁴ (Boucher et coll., 2004) ⁴⁵ (Potvin et Huot, 1983) ⁴⁶ (Potvin, 1994a)	⁴⁷ (Crête, 2003) ⁴⁸ (Fleming et coll., 2004) ⁴³ (Hébert et coll., 2013) ⁴⁹ (Banker, 1994)	³⁶ (Maine DPFW, 2007) ⁴⁶ (Potvin, 1994b) ¹ (Boucher et coll., 2003) ⁵⁰ (Ashley et coll., 1998) ⁴⁵ (Potvin et Huot, 1983)

La revue de la littérature a permis de faire ressortir les indicateurs les plus efficaces pour le suivi des populations de cerfs de Virginie et la gestion de cette espèce, c'est-à-dire ceux qui présentent plus d'avantages que d'inconvénients et qu'il pourrait être envisageable d'implanter dans un système de suivi provincial (Tableau 16).

Tableau 16. Indicateurs de suivi des populations de cerfs de Virginie les plus efficaces selon la revue de la littérature réalisée.

Groupe d'indicateurs	Indicateurs efficaces
État de la population	<ul style="list-style-type: none"> - Inventaire aérien - Collisions routières - Nombre de mâles adultes récoltés à la chasse durant la période à l'arme à feu - Observations de cerfs/jours de chasse
Mortalité/Survie	- Rigueur de l'hiver (NIVA)
Reproduction/Recrutement	<ul style="list-style-type: none"> - Données de reproduction sur les femelles tuées dans des collisions routières - Observations des chasseurs
Santé de la population	Indices de condition corporelle chez les cerfs récoltés à la chasse : <ul style="list-style-type: none"> - Masse asymptotique chez les mâles - Masse à 1,5 an - Diamètre des merrains
Qualité de l'habitat	- Inventaire aérien de l'habitat hivernal

Recommandations et mise en œuvre du nouveau système de suivi

L'analyse globale réalisée dans le cadre de l'exercice de révision du système de suivi a permis de faire ressortir les indicateurs les plus pertinents pour chacun des groupes d'indicateurs utilisés pour le suivi des populations de cerfs au Québec (Figure 11).

Pour répondre aux différents enjeux de gestion actuels des populations de cerfs de Virginie, le suivi de ces indicateurs ainsi que l'intégration au système d'intrants socioéconomiques sont recommandés. Ces intrants ne sont pas à proprement parler des indicateurs de suivi, puisqu'ils ne se qualifient pas à cette fin sur le plan biostatistique. Toutefois, les responsabilités du Ministère font que ces sources d'information, puisées en interne comme à l'externe, doivent continuer d'alimenter la réflexion des gestionnaires lors de la prise de décisions.

Indicateurs de l'état de la population

1. Récolte de mâles adultes par kilomètre carré d'habitat



L'information concernant cet indicateur très fortement corrélé à la densité de cerf, tant à l'échelle provinciale qu'à celle de la zone de chasse, est rendue disponible grâce au Système d'enregistrement de la grande faune. Il est important de mentionner que, si des modifications importantes sont apportées aux modalités d'exploitation actuelles des mâles adultes lors de la chasse sportive, des changements seront alors nécessaires pour interpréter les données de récolte.

2. Succès de chasse

Pour mieux gérer les populations de cerfs à l'échelle de la zone de chasse, il est essentiel de connaître le nombre de chasseurs actifs dans cette dernière. Cette information était obtenue auparavant sur la base d'une déclaration volontaire de la principale zone de chasse fréquentée par le chasseur, au moment de l'achat de son permis. Or, les résultats obtenus ont soulevé un problème de participation chronique quant à cette collecte de données, tant de la part des agents de vente de permis que de celle des chasseurs. Le taux de réponse extrêmement bas et le biais induit par les fausses déclarations se traduisaient par d'importants problèmes de fiabilité des données. L'acquisition de données plus précises sur le nombre de chasseurs par zone de chasse est rendue possible depuis 2020 avec la mise en œuvre du Plan de gestion du cerf de Virginie au Québec 2020-2027 dans le cadre duquel les permis de chasse sont devenus associés à une zone de chasse.

3. Observations par unité d'effort

Actuellement, l'outil le plus utilisé par différentes administrations et considéré comme le plus fiable par ces dernières pour obtenir des données sur l'abondance relative des différents segments d'une population de cerfs est la compilation des observations des chasseurs au moyen d'un sondage annuel, effectué tout juste après la chasse. L'indicateur des observations par unité d'effort pourra être obtenu à un coût raisonnable par un sondage annuel réalisé à l'échelle provinciale afin d'obtenir une densité relative par zone de chasse. La mise en œuvre d'un tel sondage aura également l'avantage d'impliquer plus étroitement les chasseurs dans la gestion de l'espèce.

4. Densité de cerfs par unité de surface

Le modèle statistique prédictif de la densité de population de cerfs développé montre beaucoup de potentiel. Il est suggéré de continuer de le tester avec les prochaines données d'inventaires aériens des populations et de le raffiner au besoin. L'utilisation d'un tel modèle de population permettrait d'évaluer annuellement les densités, d'adapter certaines modalités de chasse en conséquence (p. ex., récolte de cerfs sans bois) et de limiter au minimum le recours aux coûteux inventaires aériens.

Jusqu'à présent, un calendrier de programmation des inventaires aériens couvrant huit ans, soit la durée d'un

plan de gestion, était en place afin de coordonner les travaux d'inventaire du cerf de Virginie, de l'orignal et du caribou migrateur pour l'ensemble des régions du Québec, selon les recommandations de Couturier et coll. en 2011. Il est maintenant recommandé d'utiliser les inventaires aériens de populations de cerfs de Virginie uniquement pour répondre à un besoin ponctuel précis et non sur la base d'un calendrier au cours duquel la plupart des zones sont couvertes par période de huit ans, peu importe l'état des populations.



© MFFP Éric Jaccard

Indicateurs de mortalité/survie

5. Conséquences de la rigueur hivernale sur le cerf

Tel que l'ont démontré les analyses, les données sur la rigueur de l'hiver sont déterminantes pour la gestion du cerf au Québec, et la prise de mesures dans le réseau des stations de neige permanentes du Ministère selon le protocole établi sera poursuivie (Crête et Goudreault, 1974; Potvin et Breton, 1986). Il est toutefois suggéré de déplacer certaines stations qui ne correspondent plus au type d'habitat recherché en matière de couvert forestier et de calibrer les instruments qui pourraient ne pas répondre aux exigences du protocole. Enfin, une modernisation du logiciel

NEIGE, utilisé pour le calcul de l'indice NIVA, est rendue nécessaire pour s'assurer qu'il peut continuer d'être utilisé avec les systèmes d'exploitation informatiques récents.



© MFFP

De plus, Lavoie et Blanchette (2017) ont démontré que la rigueur hivernale pouvait être modélisée fidèlement à partir des données météorologiques journalières fournies sans frais par Environnement et Changement climatique Canada. Une mesure d'enfoncement du cerf de Virginie (NIVA) a, en effet, pu être estimée par ces deux auteurs en utilisant les données d'abondance de neige au sol, la température moyenne, la quantité de pluie tombée, le mois ainsi que l'altitude et les coordonnées géographiques provenant de stations météorologiques de ce ministère. Cette méthode constitue un nouvel outil de gestion très prometteur, mais il est recommandé d'évaluer son efficacité pendant encore quelques années dans différentes conditions avant de mettre de côté les données que le MFFP obtient de façon autonome et pour lesquelles un long historique est disponible.



© MFFP

Enfin, il serait pertinent et essentiel de mettre en place un projet d'acquisition de connaissances sur le taux de mortalité du cerf en fonction des indicateurs de rigueur hivernale. Les derniers travaux étudiant la question datent de plus de 25 ans (Potvin et Breton, 1992a) et le contexte dans lequel évolue le cerf a passablement changé depuis, comme la disponibilité des habitats propices à l'alimentation. Les nouvelles technologies de télémétrie pourraient être mises à profit pour déterminer, notamment, si les seuils de rigueur de l'hiver qui

influencent les décisions de gestion quant à la récolte de cerfs sans bois reflètent fidèlement le taux de mortalité hivernale estimé. De plus, ce projet permettrait d'acquérir indirectement d'autres connaissances sur les causes de mortalité chez cette espèce, telle la prédation.

Indicateurs de reproduction/recrutement

6. Fécondité des biches

Une étude portant spécialement sur la productivité des populations continentales de cerfs de Virginie a été réalisée il y a plus de 30 ans dans les régions de l'Outaouais et des Laurentides. De l'avis même des auteurs (Potvin et Tremblay, 1984), celle-ci était incomplète et ils recommandaient de poursuivre la prise de données dans d'autres régions pour obtenir un profil plus précis de la productivité des cerfs sous nos latitudes. Par la suite, des évaluations de la productivité ont été réalisées ou sont en cours de réalisation dans quelques régions du Québec pour répondre à des questionnements précis à l'échelle régionale ou pour des projets de recherche. À l'instar du taux de mortalité, le statut reproducteur d'une espèce est essentiel à l'estimation du taux d'accroissement de ses populations ainsi qu'à l'établissement des taux de récolte. Étant donné que le contexte dans lequel évolue le cerf a passablement changé depuis 30 ans et que la productivité du cerf dans plusieurs régions du Québec n'a jamais été évaluée, il est recommandé de suivre un nouvel indicateur de la productivité des biches. Si une disparité régionale dans la fécondité des biches est détectée, les modalités de gestion pourraient être raffinées pour en tenir compte et faciliter l'atteinte des seuils de population souhaités.



© MTQ Sonia de Bellefeuille

Pour déterminer la productivité à l'échelle provinciale, il est suggéré de prendre des mesures chez les biches impliquées dans des collisions routières en période hivernale et printanière, une année sur trois, dans trois groupes de zones de chasse différents sur les plans du climat, de la densité de cerf et des modalités d'exploitation en vigueur. Cent biches par groupe de zones seraient échantillonnées et l'âge de celles-ci serait déterminé par la lecture des incisives. Le nombre et le sexe des foetus portés par chacune seraient également notés.

7. Recrutement

Les données sur le recrutement annuel, soit le nombre de faons ayant survécu jusqu'à l'âge d'un an, peuvent être très utiles pour expliquer la dynamique des populations, mais très peu d'indicateurs liés à cette variable ont fait leurs preuves jusqu'à présent. Certaines administrations réalisent des inventaires routiers à la fonte des neiges, lorsque les cerfs sortent s'alimenter en milieu ouvert, afin de déterminer le ratio des faons par 100 femelles ou par 100 adultes. Au Québec, quelques régions expérimentent actuellement ce type d'inventaire. Comme la méthode est encore très peu documentée dans la littérature et qu'elle est peu coûteuse à réaliser, il est recommandé de poursuivre les initiatives régionales en cours afin d'obtenir des données sur une période suffisamment longue pour être en mesure de bien évaluer le potentiel de cet indicateur de recrutement et de diffuser les résultats obtenus.

Indicateurs de santé de la population

8. Prévalence de maladies

La maladie débilitante chronique (MDC) des cervidés est une maladie du système nerveux fatale pour les animaux qui en sont atteints. La MDC a été détectée dans plusieurs États américains et deux provinces des Prairies canadiennes chez des cervidés d'élevage ou sauvages. À l'automne 2018, les premiers cas de MDC ont été découverts au Québec dans un élevage des Laurentides. Aucun cas n'a été découvert à ce jour dans la nature. Un protocole de surveillance de la MDC était appliqué depuis 2007 dans certaines régions du sud du Québec, limitrophes des États-Unis. La découverte de cas dans un élevage éloigné des foyers d'infection connus a dicté de réévaluer cette surveillance dans les régions plus à risque (forte densité de cerf, élevages). Au regard de l'expérience acquise pour détecter et éradiquer la maladie lors de la découverte des premiers cas au Québec, une analyse sera faite pour améliorer au besoin les protocoles de surveillance et d'intervention liés à la MDC.

La maladie la plus commune des cerfs de Virginie aux États-Unis, qui touche parfois aussi le sud-ouest du Canada, demeure la maladie hémorragique épizootique, causée par un virus transmis par un moustique qui peut provoquer la mort de nombreux animaux infectés. Aucun cas de cette maladie n'a encore été recensé au Québec. La vigilance est cependant de mise, car la proximité des cas d'infection et les changements dans les conditions climatiques et environnementales observés sous nos latitudes pourraient favoriser son apparition dans l'avenir, par exemple en rendant plus propice la prolifération des moustiques qui agissent comme vecteurs. La nécessité de développer un protocole de surveillance de la maladie hémorragique épizootique chez le cerf de Virginie pour le Québec devra ainsi être évaluée.

9. Condition physique

Étant donné que la prise de mesures morphométriques sur des cerfs aux stations d'enregistrement exigerait énormément de ressources humaines pour obtenir une taille d'échantillon suffisante à l'échelle provinciale et que, selon les analyses effectuées, ces données apportent très peu d'éclairage sur les variations en matière de densités de cerfs et de conséquences de la rigueur de l'hiver précédent sur la population à l'échelle de la zone de chasse ou de la province, il est recommandé d'abandonner cette pratique. De telles mesures seront prises uniquement pour répondre à des questions précises dans le cadre de projets spéciaux ou de modifications majeures apportées aux modalités d'exploitation.



© MFFP, Sonia de Bellefeuille

Indicateurs de qualité de l'habitat

10. Utilisation et superficie des aires de confinement

Pour connaître l'utilisation et la superficie des aires de confinement du cerf de Virginie, il est recommandé de réaliser des inventaires aériens d'habitat selon la méthode développée par Potvin en 1992. Pour réaliser ce type d'inventaire, il est désormais suggéré de procéder à une couverture complète de l'aire de répartition du cerf à l'intérieur de la zone de chasse afin d'avoir une connaissance globale de l'ensemble du territoire et de bien répertorier les aires de confinement. La cartographie de ces dernières sera ensuite mise à jour au besoin afin de permettre l'application du Règlement sur les habitats fauniques de la LCMVF (C-61.1, r. 18). Cette nouvelle méthode remplacera donc celle actuellement utilisée et par laquelle l'effort d'inventaire est dirigé vers les aires de confinement connues en fonction de budgets répartis dans les différentes régions (Huot et coll., 2003). Puisque de nouveaux indicateurs seront mis en place pour documenter l'état des populations (p. ex., observation par unité d'effort par un sondage annuel), il est recommandé de prioriser les inventaires d'habitats du cerf de Virginie et de dénombrer les populations par inventaires aériens, ponctuellement, dans les zones de chasse où les indicateurs mis en place ne permettent pas, pour diverses raisons (p. ex., nouvelles modalités d'exploitation en place), d'obtenir un profil complet de la situation du cerf.

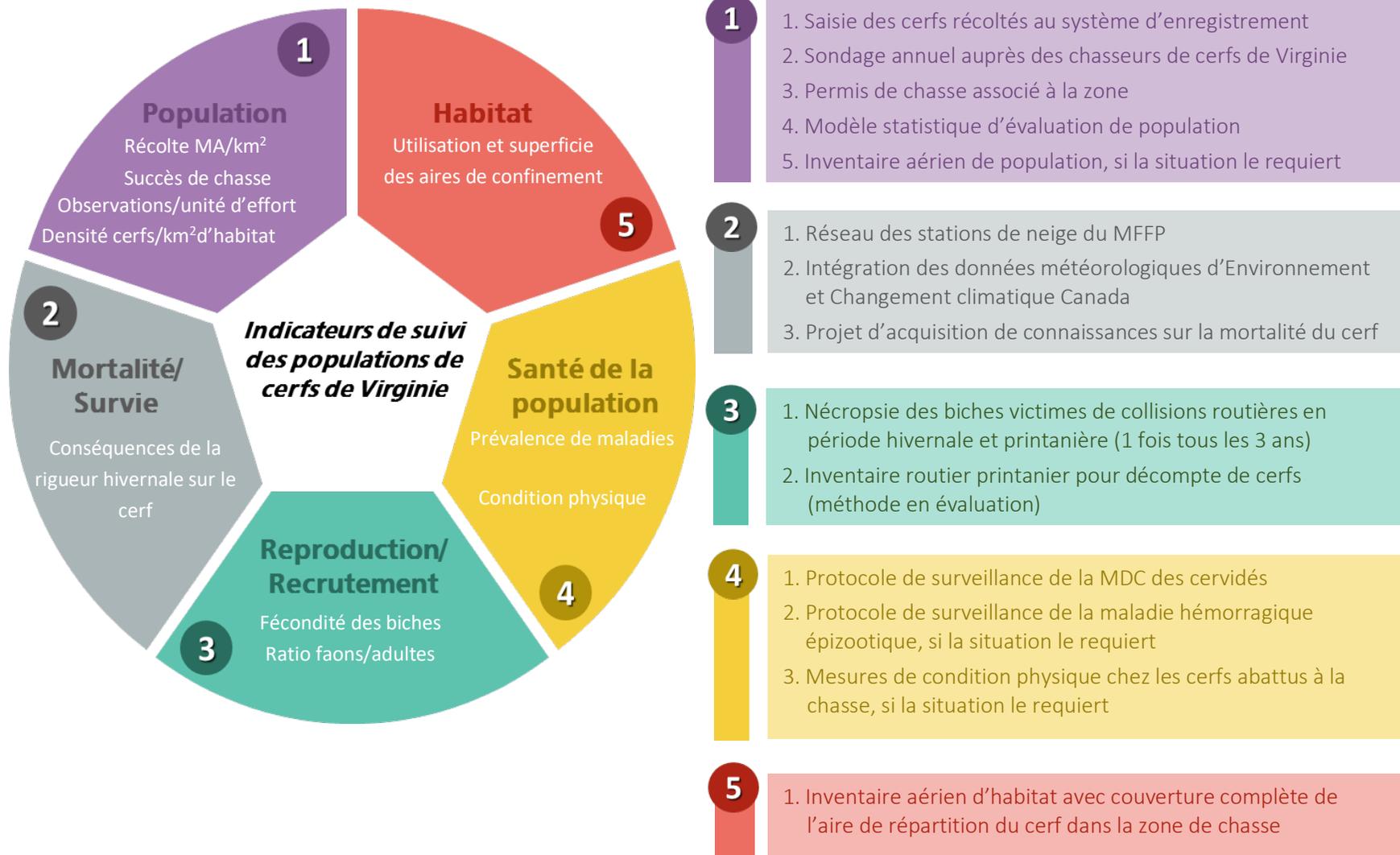


Figure 11. Indicateurs permettant de suivre les populations de cerfs de Virginie dans le nouveau système de suivi.

Intrants socioéconomiques

Étant donné que la gestion actuelle des populations de cerfs de Virginie implique maintenant la prise en compte des problèmes possibles de cohabitation entre l'humain et cette espèce, il est pertinent d'ajouter au système de suivi certains intrants socioéconomiques permettant d'intégrer l'acceptabilité sociale aux décisions de gestion aux échelles provinciale, régionale ou locale (Figure 12). Il s'agit ici d'une nouveauté importante dans le suivi des populations de cerfs de Virginie. En plus de servir d'indicateurs pour décrire l'état des populations, ces intrants permettent d'acquérir une meilleure connaissance de différents facteurs qui peuvent influencer la satisfaction et la tolérance des clientèles du Ministère au regard de la gestion de cette espèce au Québec.

Clientèle de chasseurs

L'outil le plus efficace pour gérer les populations de cerfs demeure la chasse sportive. Toutefois, malgré une hausse des populations de cerfs dans plusieurs régions, le nombre d'adeptes est en baisse constante depuis quelques années. Pour conserver et développer l'attrait de cette activité pour la clientèle, les besoins de cette dernière ainsi que sa satisfaction à l'égard de la pratique de l'activité seront mieux définis. La réalisation d'un sondage annuel effectué parmi les chasseurs de cerf de Virginie permettra notamment de connaître les besoins et les attentes des clientèles au regard des modalités en place et des cibles de gestion retenues et d'obtenir des renseignements sur l'état des populations de cerfs. La vente annuelle de permis de chasse devra également continuer d'être suivie.

Déprédation

Actuellement, aucun système en place ne permet de quantifier avec fiabilité les dommages causés par le cerf aux cultures, aux boisés et aux plantes ornementales. Bien que plusieurs occasions soient offertes aux clientèles du Ministère pour faire valoir pareils dommages ou problèmes de cohabitation, il demeure impossible à ce jour de quantifier la gravité réelle et l'ampleur des problèmes de déprédation rapportés. Une approche structurée de documentation des cas problématiques de déprédation devra donc être développée avec les intervenants concernés afin d'être en mesure de poser des actions ciblées et de résoudre les problèmes rapportés.

Collisions routières

Les données de collisions routières impliquant le cerf de Virginie sont déjà utilisées dans le système de suivi des populations, mais celles-ci pourront aussi être mises à profit comme intrant socioéconomique susceptible d'influencer l'acceptabilité sociale à l'égard du cerf. Rappelons que les données obtenues des autorités compétentes, bien que n'offrant pas de relation directe avec les densités de cerfs ou la récolte de mâles adultes, demeurent tout de même liées à l'abondance du cerf. Il est donc souhaité de développer la collaboration avec la Société de l'assurance automobile du Québec et le ministère des Transports afin de mettre à profit leur expertise pour bien répertorier les secteurs problématiques et mettre au point des solutions conjointes aux problèmes observés. Pour ce faire, il est suggéré de mettre à profit les données disponibles sur les collisions routières impliquant le cerf pour les caractériser plus précisément en tenant compte, par exemple, de leur localisation, de la période où elles se sont produites et du débit de circulation.

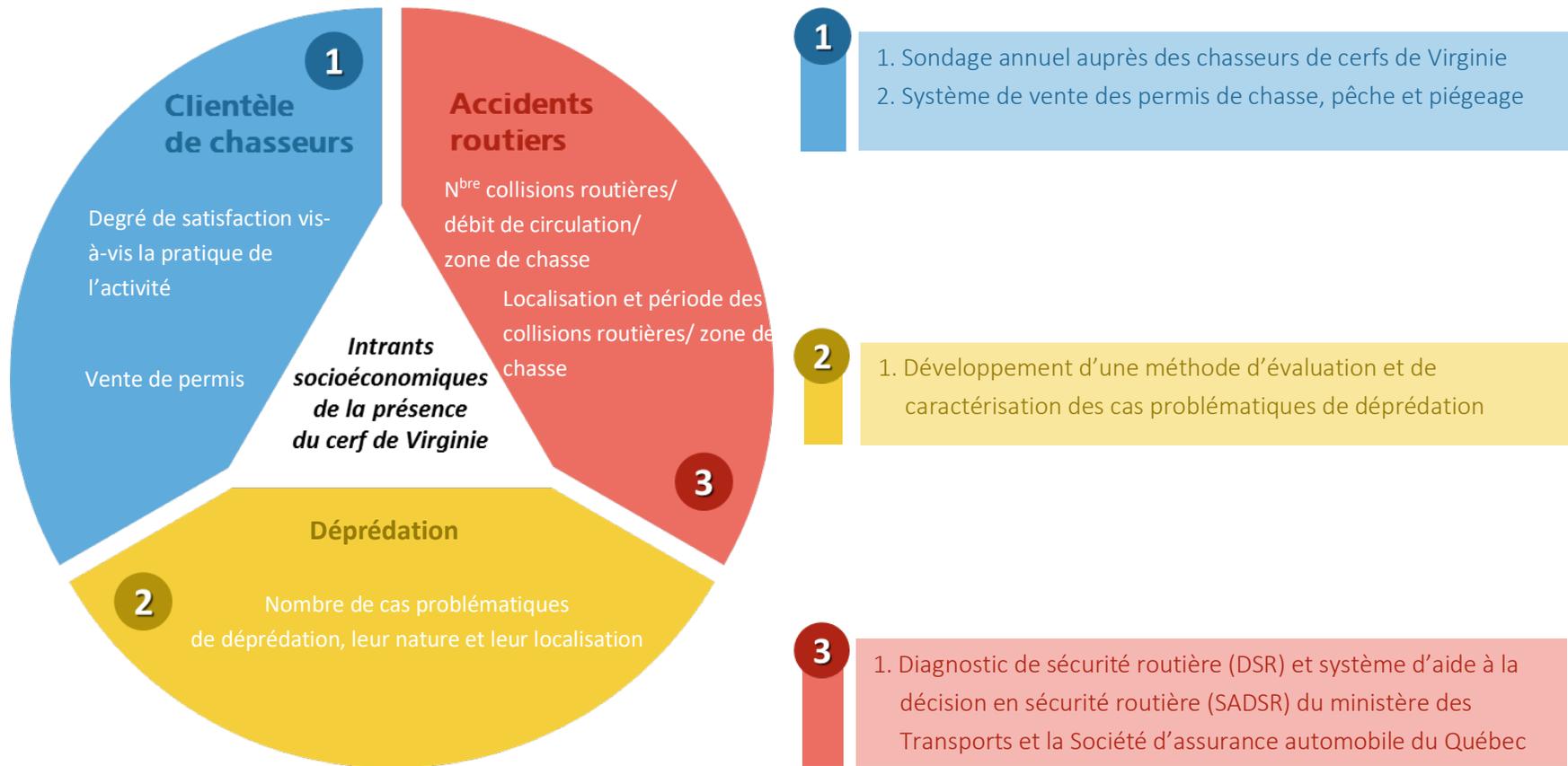


Figure 12. Indicateurs permettant de suivre l'acceptabilité sociale à l'égard du cerf de Virginie dans le nouveau système de suivi.

Conclusion

L'exercice de révision du système de suivi actuel des populations de cerfs aura été profitable à bien des égards. La revue historique des systèmes de suivi au Québec aura notamment permis aux biologistes responsables de cette ressource de mieux comprendre l'origine de certains indicateurs ainsi que le contexte dans lequel ils ont été développés pour mieux évaluer leur pertinence aujourd'hui. Le bilan de l'ensemble des indicateurs utilisés actuellement dans chaque région aura également fait réaliser aux biologistes responsables le besoin de restructurer et d'uniformiser le système de suivi afin d'améliorer son efficacité. La mise en perspective des indicateurs de suivi utilisés au Québec avec ceux des administrations voisines aura, quant à elle, favorisé une réflexion plus globale considérant les façons différentes de faire. L'analyse statistique des indicateurs les plus courants du système de suivi actuel a permis de quantifier leur fiabilité, d'aider à discerner ceux qui sont à prioriser pour documenter différents aspects de la dynamique du cerf et de développer un modèle prédictif des densités des populations de cerfs fort prometteur. Enfin, la revue de l'ensemble des indicateurs de suivi des populations de cerfs de Virginie présentés dans la littérature a complété le profil de situation en faisant ressortir, notamment, les avantages de certains indicateurs encore peu utilisés au Québec.

Il serait souhaitable que la définition des meilleurs indicateurs de suivi pour la population de cerfs de l'île d'Anticosti soit aussi réalisée en tenant compte des travaux effectués dans ce rapport. Étant donné la situation exceptionnelle de cette population introduite en milieu insulaire, l'analyse de ce territoire ne pouvait toutefois être intégrée dans le cadre du présent exercice.

La mise en œuvre d'un nouveau système de suivi prenant en compte les recommandations issues de cette analyse exhaustive sera bénéfique pour la gestion du cerf de Virginie au Québec, en permettant de simplifier et de standardiser les méthodes de collecte de données dans les différentes régions et en facilitant la prise de décision, tant à l'échelle régionale que provinciale. Enfin, une meilleure prise en compte des nouveaux enjeux liés à la menace d'introduction au Québec de maladies touchant le cerf ainsi qu'à la cohabitation avec l'espèce, là où celle-ci abonde, favorisera une gestion proactive de cette importante ressource faunique.

Références bibliographiques

- ADAMS, K. (2008). *Detecting the rut peak. Quality Whitetails* [<https://www.qdma.com/articles/detecting-the-rut-peak>] (Consulté le 18 novembre 2015).
- ASHLEY, E. P., G. B. MCCULLOUGH et J. T. ROBINSON (1998). "Morphological responses of white-tailed deer to a severe population reduction", *Canadian Journal of Zoology*, 76: 1-5.
- BACCANTE, D. et R. WOODS (2010). "Relationship between winter severity and survival of mule deer fawns in the Peace Region of British Columbia", *BC Journal of Ecosystems and Management*, 10: 145-153.
- BANKER, M. E. (1994). *Modeling white-tailed deer habitat quality and vegetation response to succession and management*, Master's Thesis, Virginia Tech University, Blacksburg, VA, 148 p.
- BANVILLE, D. (1981). *Le contrôle des prédateurs de gros gibier de 1905 à 1980*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction générale de la faune, Québec, rapport spécial n° 15, 54 p.
- BASINGER, S. (2013). *Deer camera surveys: helping managers avoid the pitfalls* [<http://fwf.ag.utk.edu/mgray/wfs512/SeminarSP13/Basinger.pdf>] (Consulté le 19 novembre 2015).
- BC MINISTRY OF ENVIRONMENT LANDS AND PARKS (1998). "Ground-based inventory methods for selected ungulates: moose, elk and deer", *Standards for Components of British Columbia's Biodiversity*, No. 33, Vancouver, 53 p.
- BEAVER, J. T. (2011). *An evaluation of population estimators and forage availability and nutritional quality for white-tailed deer in Tennessee*, Master's Thesis, University of Tennessee, Knoxville, TN, 94 p.
- BOUCHARD, R. et J. HUOT (1973). *Analyse partielle de certaines données de chasse recueillies aux stations d'enregistrement de 1969 à 1972*, ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche, Service de la faune, Québec, 33 p. et annexes.
- BOUCHER, S., M. CRÊTE, J.-P. OUELLET, C. DAIGLE et F. POTVIN (2003). *Augmentation de la densité des populations de cerfs de Virginie (Odocoileus virginianus) au Québec : Comparaison d'indices de condition physique*, Société de la faune et des parcs, Québec, 22 p.
- BOUCHER, S., M. CRÊTE, J.-P. OUELLET, C. DAIGLE et L. LESAGE (2004). "Large-scale trophic interactions: White-tailed deer growth and forest understory", *Écoscience*, 11: 286-295.
- BOWDEN, D. C., A. E. ANDERSON et D. E. MEDIN (1984). "Sampling plans for mule deer sex and age ratios", *Journal of Wildlife Management*, 48: 500-509.
- BOWMAN, J. L. et J. M. HAUS (2013). *Estimating deer abundance in Maryland's chronic wasting disease management area* [http://dnr.maryland.gov/forests/Documents/greenridge/CWDMgt_2013.pdf]

(Consulté le 29 décembre 2015).

- BRINKMAN, T. J., D. K. PERSON, W. SMITH, F. S. CHAPIN, K. MCCOY, M. LEONAWICZ et K. J. HUNDERTMARK (2013). "Using DNA to test the utility of pellet-group counts as an index of deer counts", *Wildlife Society Bulletin*, 37: 444-450.
- BRINKMAN, T. J., M. K. SCHWARTZ, D. K. PERSON, K. L. PILGRIM et K. J. HUNDERTMARK (2010). "Effects of time and rainfall on PCR success using DNA extracted from deer fecal pellets", *Conservation Genetics*, 11: 1547-1552.
- BURTON, A. C., E. NEILSON, D. MOREIRA, A. LADLE, R. STEENWEG, J. T. FISHER, E. BAYNE et S. BOUTIN (2015). "Wildlife camera trapping: a review and recommendations for linking surveys to ecological processes", *Journal of Applied Ecology*, 52: 675-685.
- CLAVEAU, R. et J.-P. FILLION (1984). « Fréquence et distribution du ver des méninges (*Parelaphostrongylus tenuis*) chez le cerf de Virginie de l'est du Québec », *Le Naturaliste canadien*, 111: 203-206.
- COLTRANE, J. (2015). *Region one white-tailed deer annual report*, Montana Fish, Wildlife and Parks, Kalispell, Montana, 31 p.
- COMITÉ CONSULTATIF SUR LE CERF (1977). *Problématique de la chasse du cerf au Québec*, ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche, Direction générale de la faune, Québec, 150 p.
- COMITÉ CONSULTATIF SUR LE CERF (1980). *Proposition de réforme de la chasse du cerf au Québec*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction générale de la faune, Québec, publ. 912, 77 p.
- CÔTÉ, S. D., T. P. ROONEY, J.-P. TREMBLAY, C. DUSSAULT et D. M. WALLER (2004). "Ecological impacts of deer overabundance", *Annual Review of Ecology, Evolution & Systematics*, 35: 113-147.
- COURTOIS, R., F. POTVIN, S. COUTURIER et A. GINGRAS (1996). *Révision des programmes d'inventaires aériens des grands cervidés*, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats et Direction des affaires régionales, Québec, 49 p.
- COUTURIER, S., C. DAIGLE, M. HÉNAULT, D. JEAN, C. DUSSAULT et A. DESROSIERS (2011). *Révision scientifique des inventaires aériens de la faune et des habitats*, Direction de l'expertise sur la faune et ses habitats, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec, 183 p.
- CRÊTE, M. et F. GOUDREAULT (1974). *Normes appliquées aux mesures de l'enneigement dans les aires d'hivernage du cerf de Virginie*, ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche, Service de l'aménagement de la faune, Québec, 11 p.

- CRÊTE, M., J.-P. OUELLET et L. LESAGE (2001). "Comparative effects on plants of caribou/reindeer, moose and white-tailed deer herbivory", *Arctic*, 54: 407-417.
- CRÊTE, M. (2003). *Les modèles d'indice de qualité de l'habitat : des outils utiles pour la gestion de l'habitat de la faune forestière?*, Société de la faune et des parcs, Direction du développement de la faune, 25 p.
- CURTIS, P. D., B. BOLDFIV, P. P. MATTISON et J. R. BOULANGER (2009). "Estimating deer abundance in suburban areas with infrared-triggered cameras", *Human-Wildlife Conflicts*, 3: 116-128.
- CUSSON, M., B. LANGEVIN, F. HÉBERT et S. DESJARDINS (2004). *Inventaire de brout dans les ravages des zones de chasse 3 ouest et 7 sud en 2001 — Région de la Chaudière-Appalaches*, Direction de l'aménagement de la faune de la Chaudière-Appalaches, Société de la Faune et des Parcs du Québec, 30 p. + annexes.
- CUTLER, T. L. et D. E. SWANN (1999). "Using remote photography in wildlife ecology: a review", *Wildlife Society Bulletin*, 27: 571-581.
- DAIGLE, C. (2002). *Bilan du programme quinquennal d'inventaires aériens des ravages de cerf de Virginie — hivers 1997 à 2001*, Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de la recherche sur la faune, Québec, 172 p.
- DAIGLE, C. (2007). *Le système de suivi des populations de cerfs de Virginie au Québec en 2006*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Secteur Faune Québec, Québec, 22 p.
- DECALESTA, D. S. (2013). "Reliability and precision of pellet-group counts for estimating landscape-level deer density", *Human-Wildlife Interactions*, 7: 60-68.
- DELGIUDICE, G. D., M. R. RIGGS, P. JOLY et W. PAN (2002). "Winter severity, survival, and cause-specific mortality of female white-tailed deer in North-Central Minnesota", *The Journal of Wildlife Management*, 66: 698-717.
- DEMARAIS, S., W. MCKINLEY et H. JACOBSON (2000). *Using infrared-triggered cameras to survey white-tailed deer in Mississippi*, Forest and Wildlife Research Center, Research Advances, 3: 1-4.
- DUMONT, A., J.-P. OUELLET, M. CRÊTE et J. HUOT (1998). « Caractéristiques des peuplements forestiers recherchés par le cerf de Virginie en hiver à la limite nord de son aire de répartition », *Canadian Journal of Zoology*, 76: 1024-1036.
- DUMONT, A., M. CRÊTE, J.-P. OUELLET, J. HUOT et J. LAMOUREUX (2000). "Population dynamics of northern white-tailed deer during mild winters: evidence of regulation by food competition", *Canadian Journal of Zoology*, 78: 764-776.

- ÉCORESSOURCES (2014). *L'industrie faunique comme moteur économique régional : une étude ventilant par espèce et par région les retombées économiques engendrées par les chasseurs, les pêcheurs et les piégeurs québécois en 2012*, Rapport préparé pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Québec, 71 p.
- FLEMING, K. K., K. A. DIDIER, B. R. MIRANDA et W. F. PORTER (2004). "Sensitivity of a white-tailed deer habitat-suitability index model to error in satellite land-cover data: implications for wildlife habitat-suitability studies", *Wildlife Society Bulletin*, 32: 158-168.
- FLINN, E., J. SUMNERS et L. HANSEN (2014). *2013-14 Missouri deer season summary & population status report*, Missouri Department of Conservation, Resource Science Division, Columbia, MO, 24 p.
- FORSYTH, D. M., R. J. BARKER, G. MORISS et M. P. SCROGGIE (2007). "Modeling the relationship between fecal pellet indices and deer density", *The Journal of Wildlife Management*, 71: 964-970.
- FORTIN, N. L., P. J. PEKINS et K. A. GUSTAFSON (2015). "Productivity measures of white-tailed deer in New Hampshire: Assessing reduced recruitment", *Wildlife Society Bulletin*, 39: 56-64.
- GOODE, M. J., J. T. BEAVER, L. I. MULLER, J. D. CLARK, F. T. VAN MANEN, C. A. HARPER et P. S. BASINGER (2014). "Capture-recapture of white-tailed deer using DNA from fecal pellet groups", *Wildlife Biology*, 20: 270-278.
- GULSBY, W. et K. V MILLER (2013). *Three ways to track fawn recruitment*. *Quality Deer Management Association* [<https://www.qdma.com/articles/three-ways-to-track-fawn-recruitment>] (Consulté le 29 décembre 2015).
- HASKELL, S. P. (2011). "Validity of hunter surveys for daily effort and deer sightings in Vermont", *Wildlife Society Bulletin*, 35: 438-444.
- HÉBERT, F., M. HÉNAULT, J. LAMOUREUX, M. BÉLANGER, M. VACHON et A. DUMONT (2013). *Guide d'aménagement des ravages de cerfs de Virginie*, 4^e édition, ministère des Ressources naturelles et ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Québec, 62 p.
- HÉNAULT, M. (1995). *Inventaire terrestre du cerf de Virginie dans le ravage du lac David au printemps 1989*, ministère de l'environnement et de la Faune, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Rapport technique 06-45, 35 p.
- HORCAJADA-SÁNCHEZ, F. et I. BARJA (2015). "Evaluating the effectiveness of two distance-sampling techniques for monitoring roe deer (*Capreolus capreolus*) densities", *Annales Zoologici Fennici*, 52: 167-176.
- HUOT, M., S. DESJARDINS, A. DICAIRE, J. LAMOUREUX et J. MILETTE (2003). *La révision des inventaires des aires de confinement du cerf de Virginie — Les besoins et les critères de répartition*, Société de la faune et des parcs du Québec, Québec, 11 p.

- JACOBSON, H. A., J. C. KROLL, R. W. BROWNING, B. H. KOERTH et M. H. CONWAY (1997). "Infrared-triggered cameras for censusing white-tailed deer", *Wildlife Society Bulletin*, 25: 547-556.
- KEYSER, P. D., D. C. GUYNN JR. et H. S. HILL (2005). "Population density – physical condition relationships in white-tailed deer", *Journal of Wildlife Management*, 69: 356-365.
- KIE, J. G., M. WHITE et D. L. DRAWE (1983). "Condition parameters of white-tailed deer in Texas", *Journal of Wildlife Management*, 47: 583-594.
- KLINGER, S. R., R. J. ROBEL et B. A. BROWN (1985). "Morphological and reproductive characteristics of white-tailed deer from Fort Riley, Kansas", *The Southwestern Naturalist*, 30: 589-596.
- KOERTH, B. H., C. D. MCKOWN et J. C. KROLL (1997). "Infrared-triggered camera versus helicopter counts of white-tailed deer", *Wildlife Society Bulletin*, 25: 557-562.
- LARUE, M. A, C. K. NIELSEN et M. D. GRUND (2007). "Using distance sampling to estimate densities of white-tailed deer in south-central Minnesota", *The Prairie Naturalist*, 39: 57-68.
- LAURION, I., S. PLANTE, M. HUOT et F. LELIÈVRE (2008). *Programme de surveillance de la maladie débilitante chronique chez les cervidés sauvages du Québec : Évaluation de la méthode utilisant les cerfs victimes d'accidents routiers pour la période du 1^{er} octobre au 21 décembre 2007*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'expertise sur la faune et les habitats, Québec, 23 p.
- LAVIGNE, G. R. (1999). *White-tailed deer assessment and strategic plan 1997*, Department of Inland Fisheries and Wildlife, Augusta, ME, 159 p.
- LAVOIE, M., S. DESJARDINS, B. LANGEVIN, S. COUTURIER, J. BÉLANGER, F. HUDON, C. DAIGLE, S. ST-ONGE et J. FORTIN (2010). *Suivi des impacts du prolongement d'une autoroute sur le cerf de Virginie — Autoroute Robert-Cliche (73), Saint-Joseph-de-Beauce et Beauceville*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec et ministère des Transports, Québec, 118 p.
- LAVOIE, M. et P. BLANCHETTE (2017). *Évaluation de la rigueur des conditions hivernales pour le cerf de Virginie à partir des données météorologiques: effets des scénarios de changements climatiques sur l'indicateur NIVA*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, Québec, 48 p.
- LESAGE, L., M. CRÊTE, J. HUOT, A. DUMONT et J.-P. OUELLET (2000). "Seasonal home range size and philopatry in two northern white-tailed deer populations", *Canadian Journal of Zoology*, 78: 1930-1940.
- LESAGE, L., M. CRÊTE, J. HUOT et J. P. OUELLET (2001). "Evidence for a trade-off between growth and body reserves in northern white-tailed deer", *Oecologia*, 126: 30-41.

- MAINE DEPARTMENT OF INLAND FISHERIES & WILDLIFE (2007). *White-tailed deer population management system and database*, Wildlife Division, Augusta, 186 p.
- MCSHEA, W. J., H. B. UNDERWOOD et J. H. RAPPOLE (ed.) (1997). *The science of overabundance: deer ecology and population management*, Smithsonian Institution, Washington, DC, 402 p.
- NAKASHIMA, Y., K. FUKASAWA et H. SAMEJIMA (2018). "Estimating animal density without individual recognition using information derivable exclusively from camera traps", *Journal of Applied Ecology*, 55: 735-744.
- NYSDEC (2018). *New York State chronic wasting disease: prevention, surveillance, response*, New York State Department of Environmental Conservation and Department of Agriculture and Markets, 8 p. [https://www.dec.ny.gov/docs/wildlife_pdf/cwdbooklet2018.pdf] (Consulté le 21 juin 2018).
- PIERCE II, R. A., J. SUMNERS et E. FLINN (2011). *Estimating deer populations on your property: harvest data*, Conservation guide G9483 [<http://extension.missouri.edu/p/G9483>] (Consulté le 29 octobre 2015).
- POJAR, T. M. et D. F. REED (1973). *The relation of three physical condition indices of mule deer*, Colorado Department of Natural Resources, Division of Game, Fish and Parks, Outdoor Facts 96: 1-4.
- POTVIN, F. (1978). *Une technique d'inventaires des carcasses de cerfs morts en hiver*, Québec, ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche, Direction de la recherche faunique, Publ. RRF 25, 11 p.
- POTVIN, F. et J. HUOT (1983). "Estimating carrying capacity of a white-tailed deer wintering areas in Québec", *Journal of Wildlife Management*, 47: 463-475.
- POTVIN, F. et J. TREMBLAY (1984). *Contribution à l'étude de la productivité du cerf au Québec*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction générale de la faune, Québec, 33 p.
- POTVIN, F. (1985). *La proportion de mâles de 1,5 an : son utilité comme indicateur de la situation des populations de cerfs*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction générale de la faune, Québec, 27 p.
- POTVIN, F. (1986). *Plan tactique : cerf de Virginie*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction générale de la faune, Québec, 56 p.
- POTVIN, F. et L. BRETON (1986). *Sommaire des conditions d'enneigement pour le cerf au Québec de 1973 à 1985*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction générale de la faune, Québec, Publ. 1208, 56 p.
- POTVIN, F. (1988). *Morphologie du cerf de Virginie au Québec : variations régionales et annuelles*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction générale de la faune, Québec, 35 p.

- POTVIN, F. (1989). *Analyse du système de suivi du cerf de Virginie*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction de la gestion des espèces et des habitats, Québec, 27 p.
- POTVIN, F. et L. BRETON (1992a). *Rigueur de l'hiver pour le cerf au Québec : Description de l'indicateur NIVA et présentation d'un logiciel approprié*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction de la gestion des espèces et des habitats, Québec, 46 p.
- POTVIN, F. et L. BRETON (1992b). *Norme d'inventaire aérien des ravages de cerfs*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction de la gestion des espèces et des habitats, Québec, 10 p. + annexes.
- POTVIN, F., L. BRETON, L.-P. RIVEST et A. GINGRAS (1992). "Application of double-count aerial survey technique for white-tailed deer, *Odocoileus virginianus*, on Anticosti Island, Québec", *Canadian Field-Naturalist*, 106: 435-442.
- POTVIN, F. (1994a). *Plan de gestion du cerf de Virginie au Québec 1995-1999 : 2. Le système de suivi*, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats, Québec, 23 p. et annexes.
- POTVIN, F. (1994b). « Condition physique des cerfs mâles de 1,5 an de 1973 à 1992 dans les zones 5, 10 et 11 », dans C. Daigle (éd.). *Compte rendu du onzième atelier sur la grande faune*, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats, Québec, p. 45-47.
- POTVIN, F. (1995). *L'inventaire du brout : revue des méthodes et description des deux techniques*, Direction de la faune et des habitats, ministère de l'Environnement et de la Faune, Québec, 70 p.
- POTVIN, F. et M.-J. GOSSELIN (1995). *Inventaire du brout dans les ravages de cerfs de la zone 5 en 1992*, Direction de la faune et des habitats et Direction régionale de l'Estrie, ministère de l'Environnement et de la Faune, Québec, 26 p.
- POTVIN, F., L. BRETON et L.-P. RIVEST (2002). *La technique du double inventaire aérien pour mesurer l'abondance des populations de cerf de Virginie : ses fondements scientifiques*, Société de la faune et des parcs, Québec, 35 p.
- ROWCLIFFE, J. M., J. FIELD, S. T. TURVEY et C. CARBONE (2008). "Estimating animal density using camera traps without the need for individual recognition", *Journal of Applied Ecology*, 45: 1228-1236.
- ROSEBERRY, J. L. et W. D. KLIMSTRA (1975). "Morphological characteristics of the Crab Orchard herd", *Journal of Wildlife Management*, 39: 48-58.
- SAMS, M. G., R. L. LOCHMILLER, C. W. QUAILS et D. M. LESLIE (1998). "Sensitivity of condition indices to changing density in a white-tailed deer population", *Journal of Wildlife Diseases*, 34: 110-125.
- SCRIBNER, K. T., M. H. SMITH et P. E. JOHNS (1989). "Environmental and genetic components of

antler growth in white-tailed deer”, *Journal of Mammalogy*, 70: 284-291.

SIMARD, M. A., J. HUOT, S. DE BELLEFEUILLE et S. D. CÔTÉ (2014). “Influences of habitat composition, plant phenology, and population density on autumn indices of body condition in a northern white-tailed deer population”, *Wildlife Monographs*, 187: 1-28.

STEPHENSON, B. (1973). *Deer management in the North-Montreal region*, Ministry of Tourism, Fish and Game, Ministry of Agriculture and Colonization, Quebec, 125 p.

STEPHENSON, T. R., V. C. BLEICH, B. M. PIERCE et G. P. MULCAHY (2002). “Validation of mule deer body composition using in vivo and post- mortem indices of nutritional condition”, *Wildlife Society Bulletin*, 30: 557-564.

VERME, L. J. (1968). “An index of winter weather severity for northern deer”, *The Journal of Wildlife Management*, 32: 566-574.

VERME, L. J. (1973). “Movements of white-tailed deer in upper Michigan”, *Journal of Wildlife Management*, 27: 545-552.

VERMONT DEPARTMENT OF FISH AND WILDLIFE (2009). *Big game management plan 2010-2020: Creating a road map for the future*, Waterbury, 75 p.

VREELAND, J. K., D. R. DIEFENBACH et B. D. WALLINGFORD (2004). “Survival rates, mortality causes, and habitats of Pennsylvania white-tailed deer fawns”, *Wildlife Society Bulletin*, 32: 542-553.

Annexes

Annexe 1. Indicateurs de suivi des populations de cerfs de Virginie en place et recommandés lors des révisions du système de suivi réalisées en 1980, 1989 et 1994.

Comité consultatif sur le cerf 1980		Groupe de travail sur la faune terrestre Suivi du Sommet québécois sur la faune (Potvin, 1989)		Système de suivi du cerf de Virginie Plan de gestion du cerf de Virginie 1996-2000 (Potvin, 1994a)	
Indicateurs en place	Recommandations	Indicateurs en place	Recommandations	Indicateurs en place	Recommandations
		Paramètres annuels	Paramètres annuels	Paramètres annuels	Paramètres annuels
1. Données morphométriques sur les mâles adultes : poids, longueur du pied arrière, circonférence des merrains et n ^{bre} de pointes	1. Tendence de la récolte depuis 1974 (données d'enregistrement obligatoire et fiche du gros gibier)	1. Récolte : n ^{bre} de mâles adultes AAF	Conserver les principaux éléments du système de suivi :	1. Récolte : n ^{bre} de mâles adultes AAF	1. Enregistrement obligatoire de la récolte
2. Structure d'âge des mâles adultes	2. Durée et emplacement de la saison de chasse	2. Date ouverture et durée AAF	1. Enregistrement obligatoire de la récolte et SIGF	2. Date d'ouverture et durée AAF	2. Utilisation du réseau des stations de neige
3. Rigueur de l'hiver aux stations de neige : épaisseur de neige au sol et enfoncement	3. Pourcentage de cerfs de 1,5 an dans la récolte	3. Conditions de chasse : n ^{bre} jours avec neige au sol ($\geq 2,5$ cm) AAF	2. Réseau de stations de neige	3. Conditions de chasse : n ^{bre} jours avec neige au sol ($\geq 2,5$ cm) saison AAF	3. Structure d'âge d'un échantillon de 100 biches pour certains regroupements de zones avec chasse contingentée
	4. Conditions climatiques pendant la chasse (n ^{bre} de jours avec $\geq 2,5$ cm de neige au sol, établi à des stations météorologiques localisées où la récolte est élevée (en distinguant les fins de semaine))	4. Rigueur de l'hiver aux stations : épaisseur de neige au sol et enfoncement	3. Structure d'âge d'un échantillon de 100 biches pour 4 regroupements de zones quand la chasse au cerf sans bois est permise	4. N ^{bre} de collisions routières (SIGF)	4. Inventaire aérien des ravages (couverture complète tous les 5 ans)
	5. Pression de chasse (n ^{bre} de jours-chasse/10 km ² , déterminé par enquête postale)	5. N ^{bre} de collisions routières dans le Système d'information sur la grande faune (SIGF)	4. Inventaires aériens de ravages (programme quinquennal)	5. Inventaires terrestres de ravages témoins (crottins et carcasses)	
	6. Effort de chasse : n ^{bre} de jours-chasse/cerf abattu, déterminé par enquête postale	6. Inventaires de ravages témoins pour densité et taux de mortalité hivernale (crottins et carcasses)	5. Estimation de population avec modèle	6. Âge des biches (recrutement) : échantillon de 100 biches	
	7. Rigueur de l'hiver : nombre de jours-cm et nombre de jours avec plus de 50 cm pour l'enneigement et l'enfoncement (stations de neige dans les peuplements feuillus)	7. Âge des biches récoltées pour productivité et taux de survie (100 biches/groupement de zones)		7. N ^{bre} faons/100 biches (récolte)	
	8. Taux de mortalité hivernale et population à la fin de l'hiver dans un ravage témoin (inventaires aériens, de carcasses et de crottins) (1 ravage témoin/région selon le réseau des stations de neige) (fins expérimentales)	8. N ^{bre} faons/100 biches (récolte).			
	9. N ^{bre} de collisions (fiche gros gibier)				
		Paramètres ponctuels	Paramètres quinquennaux	Paramètres quinquennaux	Paramètres quinquennaux
		9. Enquêtes postales pour : fréquentation (n ^{bre} permis/zone), récolte (n ^{bre} de cerfs selon détenteur permis), pression de chasse (n ^{bre} de jours chasse/superficie zone), effort de chasse (n ^{bre} de jours chasse/récolte). Enquêtes réalisées en 1973, 1980, 1981, 1983, 1984.	6. Enquête provinciale : mesurer la fréquentation et l'effort par zone	8. Inventaire aérien de ravages ($\geq 2,5$ km ²) et inventaire terrestre	5. Inventaire aérien des populations des 11 principales zones de chasse, à raison de deux zones/année.
		10. Condition physique des mâles de 1,5 an (population vs capacité de support) : poids, diamètre des merrains et n ^{bre} de pointes	7. Évaluation de la condition physique des cerfs	9. Inventaire aérien des populations des 11 principales zones	6. Enquête provinciale pour mesurer la fréquentation et l'effort de chasse par zone de chasse
		11. Inventaires terrestres de ravages pour estimer la population et décrire l'habitat (crottins et carcasses).	8. Suivi de l'utilisation de la nourriture dans les ravages (méthode à développer)	10. Enquête postale pour : fréquentation (n ^{bre} de détenteurs permis/zone), récolte (n ^{bre} de cerfs), pression de chasse (n ^{bre} de jours/km ² d'habitat d'été), effort de chasse (n ^{bre} de jours/récolte de mâles avec bois à l'AAF). Enquêtes réalisées en 1973, 1980, 1981, 1983, 1984, 1990.	7. Évaluation de la condition physique
		12. Programme quinquennal d'inventaire aérien d'habitat (cartographie complète des ravages pour obtenir une estimation indirecte de population/zone en combinant avec l'inventaire terrestre [crottins]).	9. Inventaire terrestre de population (crottins/zone)	11. Condition physique des mâles de 1,5 an (poids, diamètre des merrains, n ^{bre} de pointes).	8. Inventaire de brout dans l'ensemble des ravages des zones à plus fortes densités.
		Autre. Projet en 1989-90 pour développer une technique d'inventaire des populations	Autres :	12. Utilisation de la nourriture dans les ravages : réalisé en 1992 dans toute la zone 5 (disponibilité et utilisation du brout).	
			1. Élaborer un modèle de population pour estimer annuellement la population avant la chasse par zone		
			2. Développer une méthode d'inventaire aérien des populations similaire à celle de l'île d'Anticosti.		

Annexe 2. Liste des indicateurs de suivi des populations de cerfs inclus dans le sondage transmis aux biologistes régionaux afin de connaître les indicateurs de suivis utilisés au Québec en 2016.

Indicateurs proposés dans le sondage transmis

1. Récolte totale
2. Récolte de mâles adultes totale
3. Récolte de mâles adultes à l'arme à feu (carabine et fusil seulement)
4. Récolte de femelles adultes
5. Récolte de faons
6. Cerfs sans bois/100 mâles adultes dans la récolte
7. Faons/100 femelles adultes dans la récolte
8. Mâles adultes/100 femelles adultes dans la récolte
9. Estimations de populations réalisées avec un logiciel de simulation de population
10. Inventaire aérien (population)
11. Inventaire aérien (habitat)
12. Inventaire de brouit dans les ravages
13. Estimation de population dans les ravages au moyen des crottins
14. Estimation du taux de mortalité hivernale (inventaire de carcasses)
15. Indice de mortalité hivernale (évalué par les agents de la faune)
16. Rigueur de l'hiver au moyen de l'indice NIVA
17. Rigueur de l'hiver selon les services de météorologie
18. Collisions routières selon la Société de l'assurance automobile du Québec
19. Collisions routières selon le système d'enregistrement
20. Collisions routières selon les données du ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports
21. Collisions routières selon les données de récupérateurs de carcasses (centre d'enfouissement, MRC ou autres sources)
22. Ratio du nombre de collisions routières/km de route
23. Estimation du nombre de chasseurs obtenu par déclaration volontaire
24. Effort de chasse (préciser la source des données dans la colonne « Autres commentaires »)
25. Succès de chasse global
26. Succès de chasse aux cerfs sans bois
27. Succès de chasse aux mâles adultes
28. Observations de cerfs/jours de chasse
29. Fréquentation
30. Âge moyen des mâles par dénombrement des couches de ciment
31. Âge moyen des femelles par dénombrement des couches de ciment
32. Autres mesures effectuées sur les cerfs adultes
33. Proportion de mâles de 1,5 an dans la récolte
34. Proportion de femelles de 1,5 an dans la récolte
35. Poids moyen des mâles de 1,5 an
36. Diamètre des merrains des mâles de 1,5 an
37. Autres mesures morphométriques chez les cerfs de 1,5 an
38. Plaintes pour déprédation
39. Mesure des effets du brouitement du cerf sur l'habitat estival (exclus)
40. Inventaire routier pour déterminer des ratios dans la population
41. Mesures de productivité sur des carcasses de femelles

Indicateurs ajoutés au sondage par des régions

42. Nombre de participants au tirage au sort des permis de cerf sans bois
43. Récolte totale de cerfs sans bois
44. Mesure des effets du brouitement du cerf sur l'habitat hivernal (exclus)
45. Récolte de cerfs par saison et par engin
46. Nombre de jours de chasse avec neige au sol
47. Ratio mâle : femelle en milieu agricole en août
48. Ratio faons : femelle en milieu agricole en août

Annexe 3. Questionnaire du sondage transmis aux biologistes régionaux afin de connaître les indicateurs de suivi utilisés au Québec en 2016.

Les biologistes régionaux étaient invités à répondre aux questions suivantes pour chacun des indicateurs listés dans l'annexe 2 et à compiler les réponses dans un tableau.

Question 1.

Est-ce que vous utilisez cet indicateur pour la gestion des populations de cerfs sous votre responsabilité?

Question 2.

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

Question 3.

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

Question 4.

Quel est le coût approximatif (en jour-personne), pour les heures normales et les heures supplémentaires, pour acquérir cette information chaque fois?

Question 5.

Selon votre expérience, quelle est la fiabilité de ce paramètre? On considérera ici un paramètre 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. Classer 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.

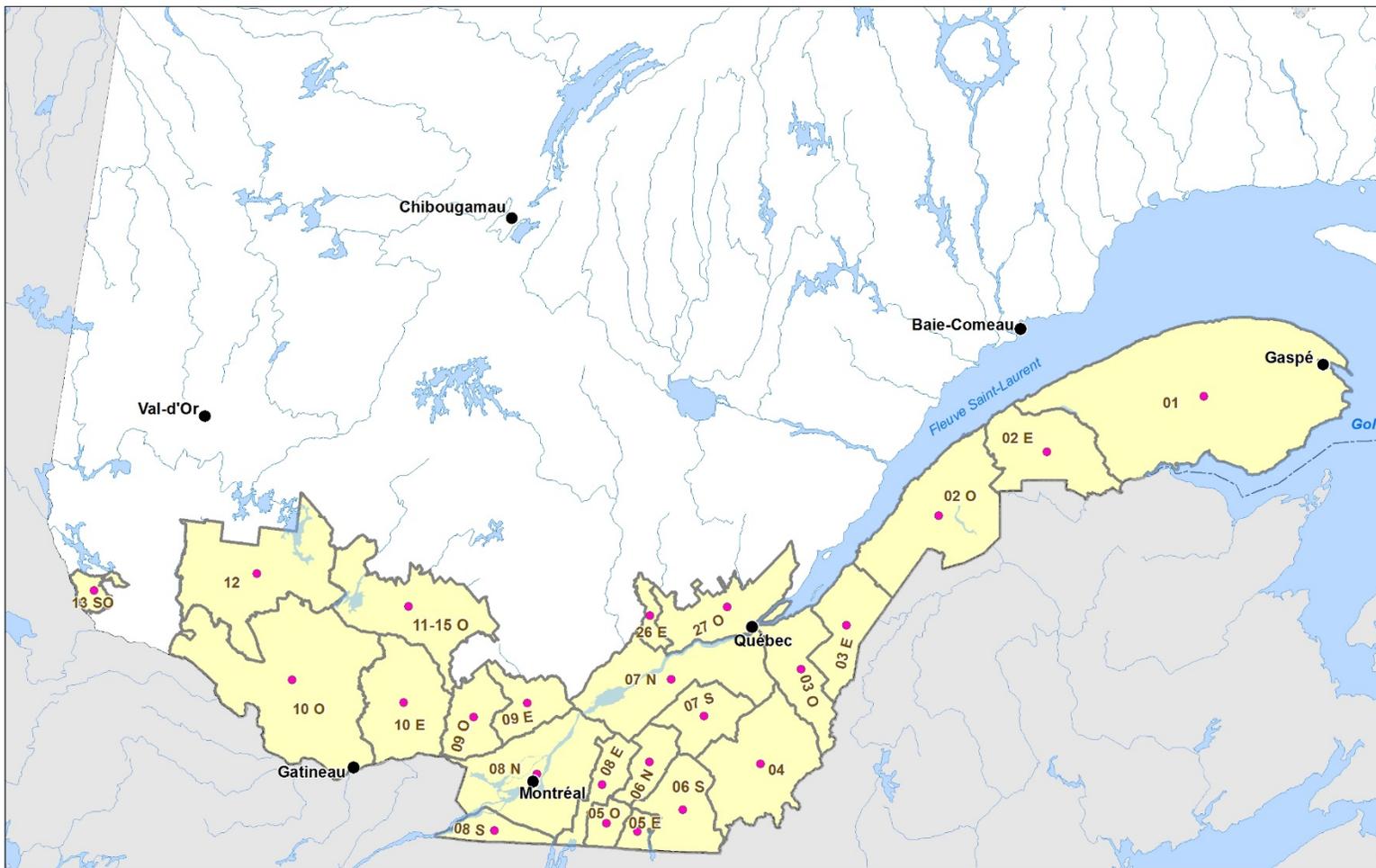
Question 6.

Quelle est l'influence de ce paramètre dans vos décisions de gestion? Classer 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.

Annexe 4. Formulaire transmis aux administrations américaines et canadiennes sondées pour recueillir l'information sur les indicateurs de suivi utilisés.

Indicator type	Description	Explanation	Evaluation (scale 1 to 10) 1 = you don't trust this indicator 10 = you trust very much this indicator
Weather indicators	•	•	
	•	•	
	•	•	
Habitat indicators	•	•	
	•	•	
	•	•	
Hunting indicators	•	•	
	•	•	
	•	•	
Deer population indicators	•	•	
	•	•	
	•	•	
Other indicators	•	•	
	•	•	
	•	•	

Annexe 5. Carte des centroïdes des zones de chasse utilisés pour la modélisation statistique.



Zone de chasse
 Centroïde de zone de chasse

Projection cartographique :
 Conique de Lambert avec deux parallèles d'échelle conservée (46e et 60e).



Sources : BGAQ (1/2 000 000) du Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 2003

Production : Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
 Direction générale de la gestion de la faune et des habitats
 Note : Le présent document n'a aucune portée légale



© Gouvernement du Québec, 2017

Annexe 6. Centroides des zones de chasse utilisés pour la modélisation statistique.

Zone de chasse	Longitude	Latitude
1	-65,94416686920	48,64020065030
2	-68,60033829110	47,92383734540
2 est	-67,82603977320	48,22634273630
2 ouest	-69,10125169020	47,72168145000
3	-70,40986856050	46,66419873180
3 est	-70,15220862810	46,84430475160
3 ouest	-70,65964533030	46,48495802120
4	-71,08303687950	45,73043317520
5	-72,62750402160	45,18362256380
5 est	-72,42349185560	45,15499536910
5 ouest	-72,77326639130	45,20380558960
6	-72,06623272340	45,46442312010
6 sud	-71,93228283440	45,34353392180
6 nord	-72,33562008450	45,70535632390
7	-72,02953355800	46,29037636930
7 nord	-72,13805689610	46,36659687470
7 sud	-71,74372171970	46,08801187790
8	-73,51554782080	45,48451017100
8 nord	-73,58936816620	45,55456858910
8 est	-72,85232271330	45,50609866380
8 sud	-74,01403417600	45,08967934890
9	-74,06492843600	46,03366393360
9 est	-73,75294994820	46,10924850090
9 ouest	-74,34479589570	45,96488589910
10	-76,06164257020	46,09690878930
10 est	-75,14970131120	46,03255508790
10 ouest	-76,43279660760	46,12074286300
11	-75,47125754950	46,78244954910
11 est	-75,34087839550	46,68905005140
11 ouest	-75,89214130440	47,08016773170
11-15 ouest	-75,19554588370	46,79168187930
12	-76,97605148530	46,92269368770
13 sud-ouest	-78,80149539480	46,62210587320
26 est	-72,41558486890	46,85816020540
27 ouest	-71,53676437310	46,95876343460

Annexe 7. Régressions multiples mettant en relation les densités de cerf de Virginie issues d'inventaires aériens avec les collisions routières, la récolte de mâles adultes/km² d'habitat, la rigueur hivernale (NIVA) et la situation géographique.

Variables ^a	Échelle provinciale			Échelle de la zone de chasse		
	Estimation du paramètre	Erreur type	P	Estimation du paramètre	Erreur type	P
Modèle 1 : Log Densité de cerf (année x)						
(r ² = 0,1274; n = 10; p = 0,3112)						
Ordonnée	2,13385	0,33673	0,0002	Non disponible		
Collision cerf (année x-1)	-0,00099028	0,00091613	0,3112	Aucune variabilité à l'intérieur des zones de chasse due au nombre trop faible d'observations		
Latitude	.	.	.			
Longitude	.	.	.			
Zone de chasse	.	.	.			
Modèle 2 : Densité de cerf (année x)						
(r ² = 0,7612; n = 49; p < 0,0001)			(pseudo r ² = 0,7919; n = 49)			
Ordonnée	1,31277	0,44584	0,0050	72,8620	42,0560	0,0992
Mâles adultes (année x-1)	5,63784	0,46059	< 0,0001	4,3573	0,7295	< 0,0001
Latitude	.	.	.	-1,3061	0,6379	0,0542
Longitude	.	.	.	0,1446	0,2138	0,5071
Zone de chasse	.	.	.	Pr > Z = 0,0680		
Modèle 3 : Log Densité de cerf (année x)						
(r ² = 0,4104; n = 54; p < 0,0001)			(pseudo r ² = 0,7861; n = 54)			
Ordonnée	3,56080	0,67109	< 0,0001	52,7209	12,2908	0,0004
NIVA_p100 (année x-1)	-0,10174	0,03771	0,0094	-0,03708	0,01603	0,0266
NIVA_p100 ² (année x-1)	0,00065685	0,00047139	0,1695	0,000527	0,000191	0,0092
Latitude	.	.	.	-1,0842	0,1818	< 0,0001
Longitude	.	.	.	0,01364	0,06942	0,8465
Zone de chasse	.	.	.	Pr > Z = 0,0081		
Modèle 4 : Log Densité de cerf (année x)						
(r ² = 0,6674; n = 52; p < 0,0001)			(pseudo r ² = 0,7804; n = 52)			
Ordonnée	3,03598	0,24443	< 0,0001	48,0251	13,2462	0,0018
NIVA (année x-1)	-0,00013000	0,00008717	0,1423	0,000026	0,000053	0,6299
NIVA (année x-2)	-0,00045462	0,00007137	< 0,0001	-0,00006	0,000061	0,2968
Latitude	.	.	.	-0,9727	0,2095	0,0001
Longitude	.	.	.	0,02523	0,06971	0,7222
Zone de chasse	.	.	.	Pr > Z = 0,0119		

^a Certaines variables ont été transformées (Log indique le logarithme, p100 indique une division par 100).

Annexe 8. Régressions multiples mettant en relation la récolte de mâles adultes/km² d'habitat avec les données de rigueur hivernale (NIVA) et la situation géographique.

Variables	Échelle provinciale			Échelle de la zone de chasse		
	Estimation du paramètre	Erreur type	P	Estimation du paramètre	Erreur type	P
Modèle 5 : Log Mâle adulte (année x)						
	(r ² = 0,4027; n = 415; p < 0,0001)			(pseudo r ² = 0,7476; n = 415)		
Ordonnée	0,39438	0,09888	< 0,0001	59,2189	9,9767	< 0,0001
NIVA (année x)	-0,00041201	0,00002469	< 0,0001	-0,00004	0,000015	0,0100
Latitude	.	.	.	-1,1541	0,1453	< 0,0001
Longitude	.	.	.	0,09415	0,05681	0,1141
Zone de chasse	.	.	.	Pr > Z = 0,0016		
Modèle 6 : Log Mâle adulte (année x)						
	(r ² = 0,5904; n = 406; p < 0,0001)			(pseudo r ² = 0,7778; n = 406)		
Ordonnée	1,07441	0,09646	< 0,0001	53,7949	9,3395	< 0,0001
NIVA (année x)	-0,00029870	0,00002286	< 0,0001	-0,00005	0,000015	0,0003
NIVA (année x-1)	-0,00029709	0,00002229	< 0,0001	-0,00007	0,000014	< 0,0001
Latitude	.	.	.	-1,0403	0,1368	< 0,0001
Longitude	.	.	.	0,08743	0,05286	0,1149
Zone de chasse	.	.	.	Pr > Z = 0,0016		

^a Certaines variables ont été transformées (Log indique le logarithme).

Annexe 9. Régressions multiples mettant en relation la récolte de mâles adultes/nombre de chasseurs avec la rigueur hivernale (NIVA) et la situation géographique.

Variables	Échelle provinciale			Échelle de la zone de chasse		
	Estimation du paramètre	Erreur type	P	Estimation du paramètre	Erreur type	P
Modèle 7 : Log Mâle adulte/nombre de chasseurs (année x)						
	(r ² = 0,1611; n = 108; p < 0,0001)			(pseudo r ² = 0,1753; n = 108)		
Ordonnée	-1,46794		< 0,0001	2,9509	5,4459	0,6005
NIVA (année x)	-0,00007394		< 0,0001	-0,00005	0,000017	0,0021
Latitude	.	.	.	-0,06439	0,08154	0,4483
Longitude	.	.	.	0,02100	0,02954	0,4951
Zone de chasse	.	.	.	Pr > Z = 0,0350		
Modèle 8 : Log Mâle adulte/nombre de chasseurs (année x)						
	(r ² = 0,3529; n = 108; p < 0,0001)			(pseudo r ² = 0,4041; n = 108)		
Ordonnée	-1,27911	0,06932	< 0,0001	-1,7577	4,8982	0,7274
NIVA (année x)	-0,00004090	0,00001563	0,0102	-0,00005	0,000014	0,0004
NIVA (année x-1)	-0,00008439	0,00001513	< 0,0001	-0,00009	0,000014	< 0,0001
Latitude	.	.	.	0,03576	0,07397	0,6387
Longitude	.	.	.	0,01543	0,02635	0,5727
Zone de chasse	.	.	.	Pr > Z = 0,0319		

^a Certaines variables ont été transformées (Log indique le logarithme).

Annexe 10. Régressions multiples mettant en relation la proportion de mâles de 1,5 an récoltés pendant la première fin de semaine de chasse à l'arme à feu avec la récolte de mâles adultes/km² d'habitat, la rigueur hivernale (NIVA) et la situation géographique.

Variables	Échelle provinciale			Échelle de la zone de chasse		
	Estimation du paramètre	Erreur type	P	Estimation du paramètre	Erreur type	P
Modèle 9 : Proportion de mâles de 1,5 an (année x)						
	(r ² = 0,0529; n = 43; p = 0,3374)			(pseudo r ² = 0,0981; n = 43)		
Ordonnée	0,71508	0,07258	< 0,0001	-1,7152	4,2487	0,7149
NIVA (année x)	-0,00001296	0,00001478	0,3859	-0,00001	0,000015	0,3906
Mâles adultes (année x)	-0,08240	0,05629	0,1510	-0,08130	0,09496	0,4378
Latitude	.	.	.	0,08446	0,1057	0,4934
Longitude	.	.	.	0,01969	0,01969	0,4282
Zone de chasse	.	.	.	Pr > Z = 0,3394		
Modèle 10 : Proportion de mâles de 1,5 an (année x)						
	(r ² = 0,0701; n = 43; p = 0,4120)			(pseudo r ² = 0,1152; n = 43)		
Ordonnée	0,77136	0,09840	< 0,0001	-1,1744	4,7342	0,8212
NIVA (année x)	-0,00001063	0,00001508	0,4850	-0,00001	0,000015	0,4599
NIVA (année x-1)	-0,00001275	0,00001499	0,4003	-0,00002	0,000015	0,2814
Mâles adultes (année x)	-0,11197	0,06633	0,0994	-0,1372	0,1156	0,2902
Latitude	.	.	.	0,07624	0,1182	0,5740
Longitude	.	.	.	0,02073	0,02227	0,4521
Zone de chasse	.	.	.	Pr > Z = 0,2899		

Annexe 11. Régressions multiples mettant en relation différentes mesures morphométriques des cerfs mâles de 1,5 an selon la récolte de mâles adultes/km² d'habitat, la rigueur hivernale (NIVA) et la situation géographique.

Variables	Échelle provinciale			Échelle de la zone de chasse		
	Estimation du paramètre	Erreur type	P	Estimation du paramètre	Erreur type	P
Modèle 11 : Masse éviscérée (année x)						
	(r ² = 0,0571; n = 56; p = 0,2104)			(pseudo r ² = 0,2520; n = 56)		
Ordonnée	50,94414	1,81789	< 0,0001	67,0455	90,1469	0,4814
NIVA (année x)	0,00053836	0,00046589	0,2531	0,000068	0,000419	0,8713
Mâles adultes (année x)	2,05667	1,25991	0,1085	-0,00649	1,9542	0,9974
Latitude	.	.	.	1,5419	1,9498	0,4487
Longitude	.	.	.	1,1485	0,3664	0,0236
Zone de chasse	.	.	.	Pr > Z = 0,2138		
Modèle 12 : Longueur du pied arrière (année x)						
	(r ² = 0,052; n = 52; p = 0,2696)			(pseudo r ² = 0,0609; n = 52)		
Ordonnée	50,47731	0,45189	< 0,0001	69,5312	20,0350	0,0035
NIVA (année x)	-0,00017498	0,00010683	0,1078	-0,00017	0,000109	0,1381
Mâles adultes (année x)	-0,23095	0,31675	0,4694	-0,6474	0,4833	0,1942
Latitude	.	.	.	-0,3586	0,4377	0,4223
Longitude	.	.	.	0,03116	0,08884	0,7350
Zone de chasse	.	.	.	Pr > Z = 0,1904		
Modèle 13 : Nombre de pointes (année x)						
	(r ² = 0,0306; n = 66; p = 0,3762)			(pseudo r ² = 0,0432; n = 66)		
Ordonnée	2,73503	0,30134	< 0,0001	14,0297	12,8110	0,2778
NIVA (année x)	0,00002022	0,00006522	0,7575	0,000027	0,000066	0,6847
Mâles adultes (année x)	0,29982	0,21865	0,1752	0,1200	0,3013	0,6918
Latitude	.	.	.	-0,2448	0,3078	0,4295
Longitude	.	.	.	-0,00022	0,05642	0,9969
Zone de chasse	.	.	.	Pr > Z = 1,00		
Modèle 14 : Diamètre du merrain (année x)						
	(r ² = 0,2466; n = 59; p = 0,0004)			(pseudo r ² = 0,3060; n = 59)		
Ordonnée	19,25907	0,57446	< 0,0001	71,3778	28,1467	0,0368
NIVA (année x)	-0,00045271	0,00013339	0,0013	-0,00042	0,000131	0,0022
Mâles adultes (année x)	0,46206	0,40558	0,2594	-0,2712	0,6125	0,6650
Latitude	.	.	.	-1,1412	0,6889	0,1467
Longitude	.	.	.	-0,00825	0,1454	0,9589
Zone de chasse	.	.	.	Pr > Z = 0,2897		