

FRANÇOIS LABEL

**RELATIONS ENTRE LES ATTRIBUTS DE  
L'HABITAT, LE COMPORTEMENT DES  
CHASSEURS ET LA RÉCOLTE DE CERFS DE  
VIRGINIE (*ODOCOILEUS VIRGINIANUS*)  
À L'ÎLE D'ANTICOSTI**

Mémoire présenté  
à la Faculté des études supérieures de l'Université Laval  
dans le cadre du programme de maîtrise en biologie  
pour l'obtention du grade de Maître ès sciences (M.Sc.)

DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE  
FACULTÉ DES SCIENCES ET GÉNIE  
UNIVERSITÉ LAVAL  
QUÉBEC

2010

## Résumé

La chasse sportive est considérée comme l'outil de gestion le plus efficace pour contrôler les populations de grands cervidés sur de vastes territoires. Tout comme pour les prédateurs naturels, plusieurs attributs environnementaux peuvent influencer la récolte de gibier. Notre objectif était d'étudier le comportement des chasseurs sportifs au cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) et de déterminer les attributs de l'habitat qui favorisent, à différentes échelles spatiales, la récolte de gibier dans un contexte de surabondance. Pendant les saisons de chasse 2007 et 2008 à l'île d'Anticosti (Québec, Canada), 477 chasseurs ont été munis de GPS portatifs afin de recueillir des données sur leurs déplacements et l'emplacement des sites d'abattage des cerfs. À l'échelle du site et du paysage, la combinaison entre la visibilité du cerf du point de vue du chasseur et l'accès au territoire (i.e. la proximité et la densité de chemins carrossables ou de sentiers pédestres) ont eu un fort effet positif sur la répartition des localisations de cerfs récoltés. Les habitats qui offraient une meilleure visibilité ont permis aux chasseurs de voir un plus grand nombre de cerfs mais, à l'échelle du site, les cerfs récoltés étaient situés dans des sites où la densité de voies d'accès était plus faible que sur le reste du territoire chassé. Notre étude a démontré qu'en contexte de surabondance de cerfs, les caractéristiques de l'habitat pouvaient être modifiées afin d'augmenter la récolte en améliorant l'accessibilité du territoire et la visibilité du cerf du point de vue du chasseur près des voies d'accès.

## **Abstract**

Sport hunting is regarded as the most effective management tool to control large populations of deer over large territories. As with natural predators, several environmental attributes can influence game harvest. Our objective was to study the behavior of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) hunters and to determine, at different spatial scales, habitat attributes that promote game harvest in a context of overabundance. During the hunting seasons of 2007 and 2008 on Anticosti Island (Quebec, Canada), 477 volunteer hunters carried a portable GPS to collect data on their movements and location of deer kill sites. On both fine and large scales, the combination of visibility and access to territory (i.e., the proximity and density of rideable roads or trails) had a strong positive effect on the distribution of locations of deer harvested. Habitats that provide better visibility enabled hunters to see more deer but, at a finer scale, deer harvested were located in sites where the density of access roads was lower than for the rest of the hunted territory. Our study showed that in a context of deer overabundance, habitat characteristics can be modified to increase harvest by improving accessibility to the territory and the visibility of hunters near roads.

## **Avant-propos et remerciements**

La réalisation d'un tel projet de recherche n'aurait été possible sans la collaboration de plusieurs personnes. Tout d'abord, je tiens à remercier mon directeur, Steeve Côté, qui m'a permis de me surpasser lors de ce projet et m'a laissé beaucoup de latitude pour sa réalisation. Il m'a donné la chance de me faire valoir sur le terrain à l'île d'Anticosti à ma première année au baccalauréat en biologie en tant qu'assistant de recherche. Cette première expérience de terrain n'aura été que le début d'une grande aventure et aura tracé mon chemin jusqu'à aujourd'hui avec la réalisation de ce projet. Je tiens également à remercier mon codirecteur, Christian Dussault, qui a toujours été disponible pour l'ensemble de mes questionnements et qui m'a donné de nombreux conseils. Ses nombreuses idées, son sens critique et sa grande motivation pour cette étude auront permis de réaliser un projet formidable. Je veux aussi remercier Jean-Pierre Tremblay qui a fait parti de mon comité d'évaluation pour le proposé de maîtrise et qui a également revu et corrigé la version finale pour le dépôt du mémoire. Merci également à Pierre Blanchette pour avoir accepté d'évaluer la version finale du mémoire.

Je tiens également à remercier l'ensemble des gens de la Chaire de recherche industrielle CRSNG-Produits forestiers Anticosti inc. Votre rigueur scientifique, votre grande passion pour l'écologie et votre amitié auront permis de former un univers de travail des plus stimulant. Je veux aussi adresser des remerciements particuliers à Ariane Massé et Anouk Simard qui auront joué des rôles de «mentor» pour moi pendant ma formation de biologiste au sein de ce groupe de recherche. Merci également à Sonia de Bellefeuille qui a joué un rôle essentiel pour la logistique des travaux terrain, en plus d'être une personne ressource pour la relecture de divers écrits et la préparation des présentations orales. Je veux aussi remercier Denis Duteau qui m'a fait connaître plusieurs facettes de l'île d'Anticosti, que ce soit du côté biologique ou même du côté social. Je suis également reconnaissant envers André Gingras qui a été une personne ressource en début de projet pour proposer le projet aux différents partenaires d'Anticosti. Je remercie aussi les étudiants du laboratoire Côté et la professionnelle de recherche Caroline Hins pour les divers échanges constructifs qui ont permis de faire avancer le projet. Je veux aussi remercier Gaétan Daigle, du service de

consultation statistique de l'Université Laval, pour m'avoir éclairé et dirigé dans mes nombreuses analyses.

Les travaux sur le terrain n'auraient pu être réalisés sans l'aide précieuse des assistants(es) de recherche. Ainsi, je souhaite sincèrement remercier Marie-Philippe Allard, Laurie Bisson Gauthier, Émilie Champagne, Rachel Gauthier, Janick Gingras, Winna H. Landry, Léonie Mercier, Coline Muller, Mark O'Connor, Sarah Sherman Quirion et Charles Wilson. Votre persévérance et votre désir d'apprendre m'ont permis de vivre des expériences exceptionnelles sur le terrain. Je veux aussi remercier les chasseurs et les guides pour leur excellente collaboration à ce projet de recherche. Leur participation a fait de cette étude un véritable succès et, sans eux, rien de tout ceci n'aurait été possible. Un merci spécial aux guides Jean-François Boudreault, Guy Élément et Bruno Martel pour m'avoir introduit à leur pourvoirie.

Je veux souligner et remercier la participation financière de plusieurs partenaires qui ont assuré le soutien financier essentiel à la réalisation de ce projet : la Chaire de recherche industrielle CRSNG-Produits forestiers Anticosti inc, le ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, l'Université Laval, la Pourvoirie du Lac Geneviève, la Sépaq Anticosti et la Pourvoirie Cerf-Sau inc. Enfin, merci à Groupe Système Forêt, une compagnie spécialisée en géomatique forestière, qui a assuré un excellent soutien technique pour les appareils GPS et la réalisation des cartes du territoire.

En terminant, je veux remercier ma famille, mes parents et amis(es) de m'avoir encouragé durant les cinq dernières années dans mes travaux sur l'île d'Anticosti. Vos questions avant mon départ ou à mon retour de la fameuse «île aux chevreuils» ont toujours suscité mon intérêt et c'était avec plaisir que je pouvais vous décrire ma vie sur cette île. Un énorme merci à ma copine Mélanie de m'avoir supporté, écouté et d'avoir été présente tout au long de cette merveilleuse aventure.

C'est à l'âge de 5 ans que j'ai vu mon père prendre l'avion de l'aéroport de Mont-Joli pour aller chasser sur une île avec beaucoup de cerfs de Virginie.....qui aurait cru que 20 ans plus tard je réaliserais un projet à cet endroit pour comprendre ces fameux chasseurs!

*«.....to hunt and kill deer in certain districts may not only be ethically permissible, it might actually be a moral requirement, necessary to protect the environment, taken as a whole, from the disintegrating effects of a cervid population explosion. » (Callicott 1980)*

# Table des matières

Résumé.....	i
Abstract .....	ii
Avant-propos et remerciements .....	iii
Table des matières .....	vii
Liste des tableaux.....	viii
Liste des figures .....	x
Chapitre 1.....	1
Résumé.....	2
1. Introduction.....	4
2. Méthodologie .....	7
2.1 Aire d'étude .....	7
2.2 Suivi des chasseurs .....	8
2.3 Approche méthodologique.....	10
2.4 Description de l'habitat.....	10
2.5 Nourriture disponible pour le cerf .....	11
2.6 Visibilité du cerf du point de vue du chasseur.....	11
2.7 Conditions météorologiques, caractéristiques individuelles du chasseur, date et densité locale de cerfs .....	14
3. Analyse des données .....	14
3.1 Analyse des localisations d'abattage .....	14
3.2 Nombre de cerfs observés pendant une journée de chasse .....	16
3.3 Caractéristiques de l'environnement qui favorisent la récolte d'un cerf .....	18
4. Résultats.....	19
4.1 Analyse des localisations d'abattage .....	19
4.2 Nombre de cerfs observés pendant une journée de chasse .....	24
4.3 Caractéristiques de l'environnement favorisant la récolte d'un cerf .....	25
5. Discussion.....	27
5.1 Accessibilité au territoire .....	28
5.2 Visibilité du gibier du point de vue du chasseur.....	30
5.3 Abondance de nourriture pour le cerf .....	31
6. Implications pour la gestion des cervidés et l'aménagement des habitats.....	32
Annexe A .....	34
Annexe B .....	35
Conclusion générale.....	36
1. Originalité du projet.....	36
2. Parallèle chasseur-gibier vs prédateur-proie.....	37
3. Chasse sportive : différentes applications.....	38
4. Aménagement adaptatif .....	39
5. Avenues de recherche .....	40
Bibliographie .....	42

## Liste des tableaux

- TABLEAU 1. Description des catégories d'habitats utilisées pour étudier l'influence des caractéristiques de l'environnement sur la récolte de cerfs de Virginie par la chasse sportive sur l'île d'Anticosti, Québec, Canada, en 2007-2008. Un indice de la nourriture disponible et de la visibilité du cerf du point de vue du chasseur (moyenne  $\pm$  erreur-type (n)) ont été calculés pour chacune des catégories d'habitat à partir d'inventaires sur le terrain.....22
- TABLEAU 2. Résultats de l'analyse en composantes principales (ACP) sur les cinq variables de conditions météorologiques obtenues par le biais des questionnaires distribués aux chasseurs durant les saisons de chasse 2007 et 2008, à l'île d'Anticosti, Québec, Canada.....26
- TABLEAU 3. Sélection de modèles visant à décrire la relation entre les caractéristiques de l'habitat en termes de visibilité du cerf du point de vue du chasseur, disponibilité de nourriture pour le cerf et densité de voies d'accès, et la répartition spatiale des cerfs de Virginie abattus à la chasse en 2007 et 2008 sur l'île d'Anticosti, Québec, Canada. Les modèles en gras sont considérés équivalents ( $\Delta AIC \leq 2$ ).....30
- TABLEAU 4. Estimés des paramètres ( $\beta$ ) des meilleurs modèles permettant de discriminer les sites où les cerfs de Virginie ont été abattus des sites aléatoires à l'échelle du paysage (a) et à l'échelle du site (b) durant les saisons de chasse 2007 et 2008, à l'île d'Anticosti, Québec, Canada.....31

TABLEAU 5. Sélection de modèles visant à décrire la relation entre le nombre de cerfs de Virginie vus avec possibilité de tir lors d'une journée de chasse et (a) les conditions météorologiques, l'expérience du chasseur et la date, et (b) les caractéristiques de l'habitat en termes de visibilité du cerf du point de vue du chasseur, de disponibilité de nourriture pour le cerf et de densité de voies d'accès, durant les saisons de chasse 2007 et 2008, à l'île d'Anticosti, Québec, Canada. Nous présentons les 5 meilleurs modèles pour chacune des analyses.....33

TABLEAU 6. Sélection de modèles visant à décrire la relation entre les caractéristiques de l'habitat en termes de visibilité du cerf du point de vue du chasseur, de disponibilité de nourriture pour le cerf et de densité de voies d'accès, et la(les) localisations d'abattage obtenues au cours d'une journée de déplacements d'un chasseur, en 2007 et 2008 sur l'île d'Anticosti, Québec, Canada. Les modèles en gras sont considérés équivalents ( $\Delta QIC_u < 2$ ).....35

## Liste des figures

- FIGURE 1. Répartition des différents territoires de chasse de l'île d'Anticosti, Québec, Canada. Les secteurs délimités par un trait noir ont été échantillonnés pour cette étude. La projection utilisée est UTM NAD 83. ....18
- FIGURE 2. a) Exemple des coordonnées GPS des cerfs abattus dans un secteur à l'île d'Anticosti, Québec, Canada. b) Exemple des déplacements de chasseurs enregistrés à l'aide de GPS pendant leurs journées de chasse au cerf de Virginie à l'île d'Anticosti, Québec, Canada.....19
- FIGURE 3. Relation entre la probabilité d'occurrence relative qu'un cerf de Virginie soit récolté en fonction de la densité de voies d'accès (m/ha) et de la visibilité du cerf du point de vue du chasseur (m) durant les saisons de chasse 2007 et 2008, à l'île d'Anticosti, Québec, Canada. Les caractéristiques de l'habitat ont été mesurées dans un cercle d'un rayon de 100 m autour des localisations. Nous avons utilisé les percentiles 25 (30 m), 50 (38 m) et 75 (47 m) des valeurs de visibilité observées pondérées pour déterminer les classes de visibilité faible, moyenne et élevée.....29
- FIGURE 4. Relation entre la probabilité d'occurrence relative qu'un cerf de Virginie soit récolté en fonction du recouvrement d'herbacées latifoliées et graminées (%) et de la visibilité du cerf du point de vue du chasseur (m) durant les saisons de chasse 2007 et 2008, à l'île d'Anticosti, Québec, Canada. Les caractéristiques de l'habitat ont été mesurées dans un cercle d'un rayon de 100 m autour des localisations. Nous avons utilisé les percentiles 25 (30 m), 50 (38 m) et 75 (47 m) des valeurs de visibilité observées pondérées pour déterminer les classes de visibilité faible, moyenne et élevée.....32

- FIGURE 5. Relation entre la probabilité d'occurrence relative qu'un cerf de Virginie soit récolté en fonction de la distance d'une voie d'accès (m) et de la visibilité du cerf du point de vue du chasseur (m) durant les saisons de chasse 2007 et 2008, à l'île d'Anticosti, Québec, Canada. Nous avons utilisé les percentiles 25 (38 m), 50 (73 m) et 75 (120 m) des valeurs de visibilité observées pour déterminer les classes de visibilité faible, moyenne et élevée.....32
- FIGURE 6. Relation entre le nombre de cerfs de Virginie vus avec possibilité de tir par heure et la visibilité moyenne dans les habitats fréquentés par un chasseur durant les saisons de chasse 2007 et 2008, à l'île d'Anticosti, Québec, Canada. L'intervalle de confiance à 95 % est représenté à l'aide des lignes pointillées.....34
- FIGURE 7. Relation entre la probabilité d'occurrence relative qu'un cerf de Virginie soit récolté et la densité de voies d'accès (m/ha) présente lors des déplacements effectués par les chasseurs durant les saisons de chasse 2007 et 2008, à l'île d'Anticosti, Québec, Canada. L'intervalle de confiance à 95 % est représenté à l'aide des lignes pointillées.....36

# Chapitre 1

Relations entre les attributs de l'habitat, le comportement des chasseurs et la récolte de cerfs de Virginie (*Odocoileus virginianus*) à l'île d'Anticosti

**François Lebel<sup>1</sup>, Christian Dussault<sup>2</sup>, Ariane Massé<sup>1</sup>, Steve D. Côté<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Chaire de recherche industrielle CRSNG-Produits forestiers Anticosti, Département de biologie et Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec, Québec, Canada, G1V 0A6

<sup>2</sup> Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Secteur Faune Québec, Service de la faune terrestre et de l'avifaune, 880 chemin Sainte-Foy, 2e étage, Québec, Québec, Canada G1S 4X4

Ce chapitre sera traduit en anglais et soumis à une revue scientifique.

## Résumé

La chasse sportive est considérée comme l'outil de gestion le plus efficace pour contrôler les populations de grands cervidés sur de vastes territoires. Tout comme pour les prédateurs naturels, plusieurs attributs environnementaux peuvent influencer la récolte du gibier. Une meilleure compréhension des attributs environnementaux qui limitent l'efficacité de la chasse sportive pourrait permettre l'adoption de modalités d'aménagement faunique favorisant une meilleure efficacité de cet outil de gestion. Nous avons étudié la chasse au cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) sur une île avec une densité très élevée de cerfs où le chasseur représente l'unique prédateur. Notre objectif était de décrire le comportement des chasseurs sportifs et de déterminer les attributs de l'habitat (abondance de nourriture pour le cerf, visibilité du cerf du point de vue du chasseur et accessibilité pour le chasseur) qui favorisent, à différentes échelles, la récolte du gibier dans un contexte de surabondance. Pendant deux saisons de chasse, 477 chasseurs ont été munis de GPS portatifs afin d'obtenir des données sur leurs déplacements et l'emplacement des sites d'abattage de cerfs. Des inventaires ont été effectués par la suite aux sites d'abattage et à des sites aléatoires afin de déterminer les conditions environnementales favorisant la récolte d'un cerf à l'échelle du site. Nous avons aussi élaboré un modèle permettant d'évaluer le nombre de cerfs vus par un chasseur au cours d'une journée en tenant compte des conditions météorologiques, des caractéristiques individuelles des chasseurs (e.g. âge, expérience) et de la date du séjour de chasse. Nous avons utilisé le nombre de cerfs vus par jour par chasseur comme un indice relatif de densité locale de cerfs de chacun des territoires chassés. À l'échelle du site et du paysage, la combinaison entre la visibilité et l'accès au territoire (i.e. la proximité et la densité de chemins carrossables ou sentiers pédestres) ont eu un fort effet positif sur la répartition des localisations de cerfs récoltés. En considérant l'ensemble des facteurs susceptibles d'influencer la récolte de cerfs (i.e. les conditions météorologiques, les caractéristiques individuelles du chasseur, la date du séjour de chasse, l'abondance de nourriture pour le cerf et l'accès au territoire), seulement les habitats qui offraient une meilleure visibilité ont permis aux chasseurs de voir un plus grand nombre de cerfs. À l'échelle du site, les cerfs récoltés étaient situés dans des endroits avec une densité plus faible de voies d'accès comparativement aux endroits où les

chasseurs se déplaçaient majoritairement. En utilisant une approche novatrice combinant la technologie GPS, les SIG (système d'information géographique) et des questionnaires aux chasseurs, nous avons mis en lumière les facteurs qui déterminent l'efficacité des chasseurs dans un contexte de surabondance de cervidés. Notre étude a démontré que les caractéristiques de l'habitat pouvaient être modifiées afin d'augmenter la récolte en améliorant l'accessibilité du territoire et la visibilité des cerfs du point de vue des chasseurs près des voies d'accès. Afin d'utiliser la chasse comme un outil de gestion performant, différents aménagements fauniques tels que la création d'ouvertures dans des peuplements matures et en régénération près des voies d'accès pourraient être effectués.

## 1. Introduction

Au cours des dernières décennies, plusieurs régions, telles que l'Amérique du Nord et le Nord-Ouest de l'Europe, ont connu une augmentation importante de leurs populations de cervidés et des impacts qui en résultent (Crête et al. 2001, Côté et al. 2004). Les populations de grands herbivores, autrefois régulées par les grands prédateurs tels que le loup (*Canis lupus*), ont profité de la réduction et même de la disparition de ces grands prédateurs dans plusieurs régions (Crête 1999, Crête et al. 2001). L'augmentation des habitats productifs engendrée par l'agriculture et l'aménagement forestier, la réduction de la pression de chasse, l'adoption de réglementations de chasse plus conservatrices et les conditions climatiques moins rigoureuses facilitant la survie hivernale, ont aussi contribué à l'augmentation de l'abondance des grands herbivores (Côté et al. 2004). L'augmentation des densités de cervidés a eu des impacts directs sur les communautés végétales et indirects sur l'abondance d'autres espèces animales par le biais de cascades trophiques (Diamond 1992, Garrot et al. 1993, Diefenbach et Palmer 1997, Ripple et Beschta 2003). Afin de réduire ces impacts, il devient de plus en plus impératif de mieux gérer ces hautes densités d'herbivores.

Les gestionnaires de la faune, au cours des dernières décennies, ont évalué différentes méthodes afin de contrôler les populations de cervidés comme le contrôle de la fertilité par des méthodes physiques (Kirkpatrick et Turner 1985, Bradford et Hobbs 2008), l'immunocontraception (Turner et al. 1992), l'introduction de prédateurs (Bangs et Fritts 1996), l'abattage multiple (DeNicola et al. 1997, Doerr et al. 2001) et la relocalisation d'animaux (O'Bryan et McCullough 1985). Par contre, l'application de ces méthodes peut être dispendieuse et difficile à effectuer à grande échelle (Turner et al. 1992, McCullough et al. 1997), et plusieurs d'entre elles ne sont pas acceptables d'un point de vue social. La chasse sportive est une méthode alternative reconnue de gestion des populations de cervidés. En plus de générer des retombées économiques élevées (Brown et al. 2000, Doerr et al. 2001), la chasse sportive est généralement considérée comme un outil de gestion socialement acceptable afin de réduire les densités de cervidés sur de vastes territoires (Stedman et al. 2004). Même si la chasse sportive peut être très efficace, plusieurs contraintes peuvent limiter son rendement. Par exemple, en absence de prédateurs naturels,

il peut être difficile de contrôler une population de cervidés par cette méthode lorsque les densités sont élevées (Brown et al. 2000, Riley et al. 2003), particulièrement sur de grandes superficies. Cependant, une meilleure compréhension des facteurs qui favorisent la récolte sportive par les chasseurs pourrait améliorer l'efficacité de la chasse comme outil de gestion dans un contexte de surpopulation.

Il est possible d'établir un parallèle intéressant entre les prédateurs naturels et les chasseurs afin d'identifier les facteurs qui influencent les performances du chasseur. Plusieurs études ont démontré que la probabilité et le succès d'attaque des prédateurs naturels dépendent des caractéristiques de l'habitat qui modifient la vulnérabilité de la proie (Kunkel et Pletscher 2000, Thogmartin et Schaeffer 2000, Quinn et Cresswell 2004). Entre autres, le couvert forestier et la végétation en sous-étage peuvent influencer la visibilité de la proie du point de vue du prédateur et la mobilité de la proie, ce qui affecte le succès de capture (Hebblewhite et al. 2005, Bergman et al. 2006, Kauffman et al. 2007). Aussi, le prédateur peut sélectionner les habitats où l'abondance de la nourriture préférée de la proie est élevée dans le but d'augmenter sa probabilité de récolte (Hugie et Dill 1994, Lima 2002). La présence de voies d'accès peut également faciliter les déplacements et augmenter l'accessibilité du territoire chez certains prédateurs et permettre d'augmenter les taux de rencontre avec une proie (James et Stuart-Smith 2000). Outre les attributs de l'habitat, les caractéristiques individuelles du prédateur (e.g. âge, condition physique), les conditions météorologiques et la densité de proies peuvent aussi influencer la probabilité de capture du prédateur (Mech et Peterson 2003).

Un exemple de population surabondante d'herbivores est l'île d'Anticosti au Québec (Canada) où les dommages causés à la végétation par le broutement du cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) menacent le maintien du cerf lui-même (Potvin et al. 2003, Tremblay et al. 2005). Il n'y a aucun grand prédateur sur l'île d'Anticosti et les densités de cerfs dépassent en moyenne 20 cerfs/km<sup>2</sup> localement (Rochette et Gingras 2007). Les fluctuations de la population de cerfs à l'île d'Anticosti sont principalement liées à la mortalité hivernale (Potvin et al. 1997). La chasse sportive est permise à l'île depuis la fin du 19<sup>e</sup> siècle et elle constitue la seule méthode de gestion du cerf actuellement en place.

Cependant, la chasse a peu d'impact à l'échelle de la population car environ 5000 chasseurs récoltent en moyenne 8000 cerfs par année, soit environ 1 cerf/km<sup>2</sup> (Gingras 2002). Ce prélèvement annuel de moins de 5 % de la population n'est pas suffisant pour réguler la population et atténuer les impacts du cerf sur la végétation. Par contre, la chasse pourrait permettre de réduire les densités localement dans les milieux où l'immigration est limitée (Kilpatrick et al. 1997, McDonald et al. 2007).

La relation cervidé-chasseur est importante à comprendre en aménagement de la faune, surtout dans les environnements exempts de grands prédateurs. En effet, dans ces conditions, la chasse sportive est le seul outil disponible aux gestionnaires pour limiter la croissance des populations. Or, dans ce contexte, le comportement de la proie est davantage connu que celui du prédateur (Van Deelen et Etter 2003). Notre objectif général était de décrire le comportement des chasseurs sportifs et de déterminer les conditions environnementales qui favorisent la récolte du gibier dans un contexte de surabondance. Dans un tel contexte, on peut émettre l'hypothèse que la capacité d'un chasseur à récolter un cerf sera, comme chez les prédateurs naturels, influencée par les milieux fréquentés par le chasseur, par son propre comportement et par les conditions environnementales prévalant durant sa chasse. Plus spécifiquement, nous avons évalué la relation entre les attributs de l'habitat (nourriture pour le cerf, visibilité du cerf du point de vue du chasseur et accès au territoire) et, d'une part, la répartition spatiale des cerfs abattus par la chasse et, d'autre part, la probabilité de récolter un cerf durant une journée de chasse. Puisque les caractéristiques de l'habitat ne sont pas les seules variables susceptibles d'influencer la récolte d'un cerf, nous avons aussi évalué si les conditions météorologiques, les caractéristiques individuelles des chasseurs (e.g., âge et expérience), la date et la densité de cerfs sur les territoires chassés influençaient le succès de récolte. Nous avons évalué la sélection d'habitat des chasseurs en les munissant de GPS (Global Positioning System) portatifs (Lyon et Burcham 1998, Broseth et Pedersen 2000, Stedman et al. 2004).

## 2. Méthodologie

### 2.1 Aire d'étude

L'île d'Anticosti (49° 28' N, 63° 00' O) a une superficie de 7 943 km<sup>2</sup> et est située dans le Golfe du Saint-Laurent au Québec, Canada. La topographie est peu élevée, avec une élévation moyenne de seulement 126 m au-dessus du niveau de la mer (Côté et al. 2008). Le climat maritime sub-boréal de l'île d'Anticosti se caractérise par des hivers relativement doux et longs, avec des précipitations de neige abondantes (moyenne annuelle = 328 cm) (Environnement Canada 1982). La température moyenne de l'air est de -11,0 °C en janvier et de 16,0 °C en juillet (Environnement Canada 2006). Durant la période d'échantillonnage de cette étude (septembre à fin novembre), la température moyenne de l'air a diminué graduellement de 11,5 °C à -1,2 °C (Environnement Canada 2006).

Les forêts de l'île d'Anticosti appartiennent à la zone boréale et font partie du domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau blanc de l'est du Québec (Grondin et al. 1996). La forêt boréale sur l'île d'Anticosti est composée principalement de peuplements d'épinette blanche (*Picea glauca*), de sapin baumier (*Abies balsamea*) et d'épinette noire (*Picea mariana*) (MTF 1974, Huot 1982). De plus, le bouleau à papier (*Betula papyrifera*), le peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides*) et le mélèze (*Larix laricina*) sont présents de façon sporadique. La nature des peuplements varie selon les différents secteurs de l'île. La partie est de l'île est caractérisée par une plus forte proportion de tourbières minérotrophes et ombrotrophes, une plus grande abondance de mélèzes et relativement moins de sapinières que la partie ouest. Diverses perturbations naturelles (e.g. épidémies d'insectes, feux et chablis) et anthropiques (e.g. coupes forestières et réseau routier) ont modelé le paysage. La portion ouest de l'île est caractérisée par des activités forestières depuis 1995.

Cinq territoires avec un droit exclusif de chasse sont délimités à l'île d'Anticosti et occupent la majorité de sa superficie (7 263 km<sup>2</sup>, > 91 %) (Figure 1). Pour des raisons logistiques, l'étude s'est déroulée dans trois de ces territoires (Figure 1). Au cours de la première année de l'étude, en 2007, nous avons échantillonné seulement la Pourvoirie du Lac Geneviève à l'ouest de l'île (706 km<sup>2</sup>). En 2008, nous avons ajouté au dispositif les

territoires de la Sépaq Anticosti au centre (923 km<sup>2</sup>) et la Pourvoirie du Cerf-Sau inc. au sud-est (485 km<sup>2</sup>).

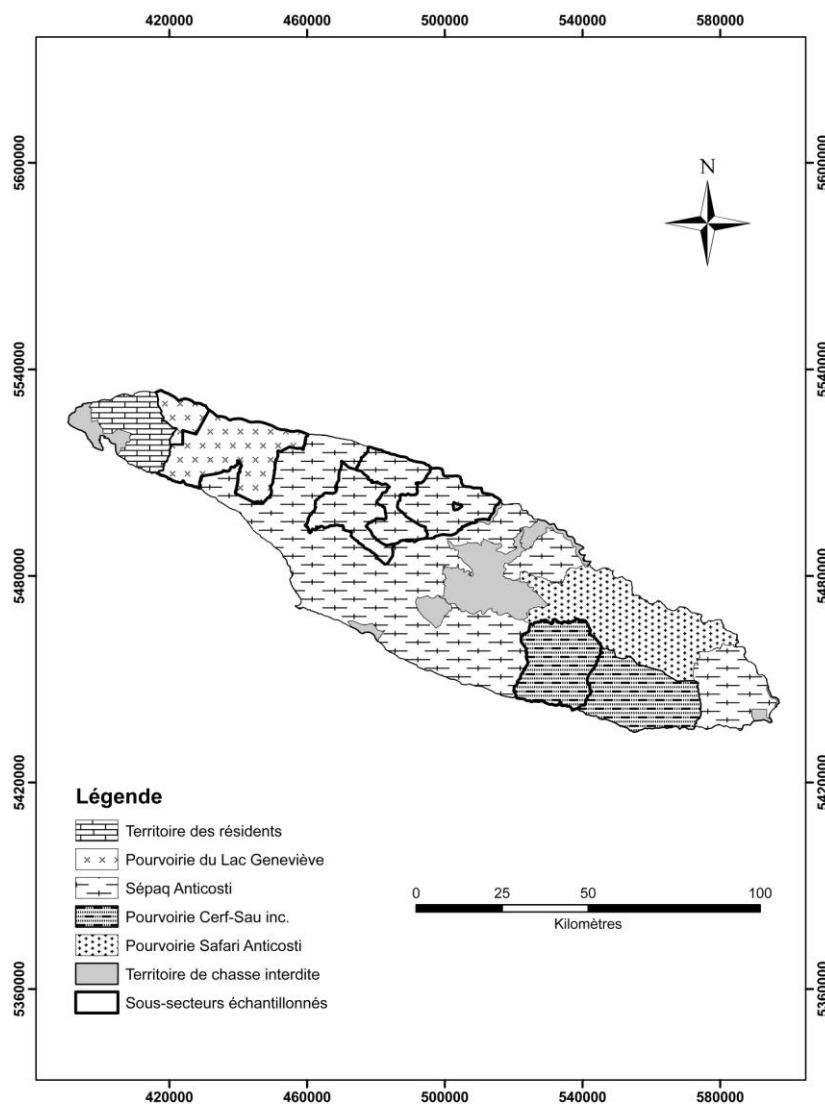


FIGURE 1. Répartition des différents territoires de chasse de l'île d'Anticosti, Québec, Canada. Les secteurs délimités par un trait noir ont été échantillonnés pour cette étude. La projection utilisée est UTM NAD 83.

## 2.2 Suivi des chasseurs

Au cours des saisons de chasse 2007 et 2008, soit du 1<sup>er</sup> septembre au 23 novembre, nous avons sollicité la collaboration des chasseurs séjournant dans chacune des pourvoiries à l'étude. Au début de chaque séjour de chasse d'une durée de 4 à 5 jours, nous sommes allés

dans chacun des camps afin d'expliquer les objectifs du projet aux chasseurs et remettre un GPS portatif (modèle Garmin Venture HC) aux chasseurs intéressés à participer. Nous avons demandé aux chasseurs de transporter un GPS sur eux, de le mettre en fonction au début de leur journée de chasse et de l'éteindre à la fin. Les GPS étaient configurés pour obtenir une localisation à toutes les 2,5 minutes. De plus, les chasseurs devaient enregistrer les coordonnées de chaque cerf abattu à la position originale du cerf lorsque le chasseur a fait feu (Figure 2). Les GPS avaient une erreur < 10 m (Garmin International, Olathe, Kansas, USA).

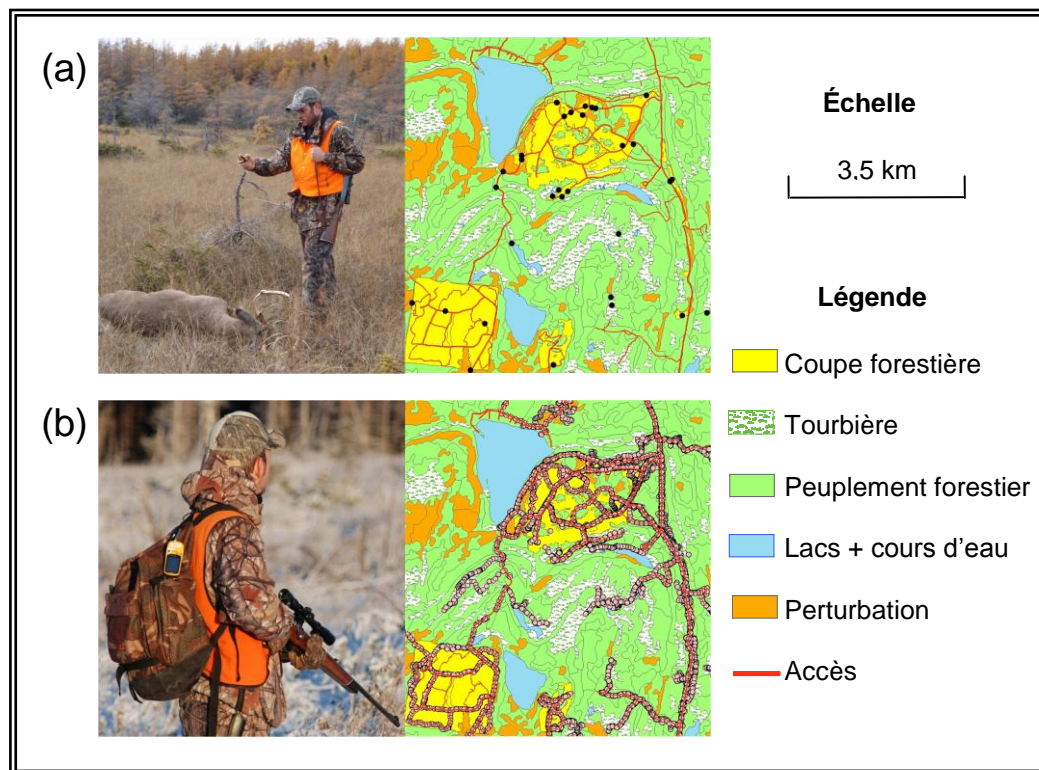


FIGURE 2. a) Exemple des coordonnées GPS des cerfs abattus dans un secteur à l'île d'Anticosti, Québec, Canada. b) Exemple des déplacements de chasseurs enregistrés à l'aide de GPS pendant leurs journées de chasse au cerf de Virginie à l'île d'Anticosti, Québec, Canada.

En général, les chasseurs avaient la possibilité de récolter deux cerfs sans contrainte liée à l'âge ou au sexe. Nous avons aussi demandé aux chasseurs de remplir un questionnaire à la fin de chaque journée de chasse et à la fin de leur séjour (Annexe A) afin de connaître, pour chaque journée de chasse, les heures de chasse active (i.e. heure de début et de fin), le nombre de cerfs observés avec possibilité de tir, une description des conditions

météorologiques, ainsi que leur âge et leur nombre d'années d'expérience à la chasse au cerf.

### **2.3 Approche méthodologique**

Dans un premier temps, nous avons déterminé les caractéristiques de l'habitat aux sites où les cerfs ont été abattus, en termes de disponibilité de nourriture pour le cerf, ainsi que de la visibilité du cerf du point de vue du chasseur et d'accessibilité pour le chasseur. Pour ce faire, nous avons comparé les caractéristiques des sites d'abattage avec les caractéristiques de sites aléatoires à deux échelles spatiales. À grande échelle (ci-après appelée échelle du paysage), nous avons estimé les caractéristiques de l'habitat à partir de cartes écoforestières dans des zones circulaires d'un rayon de 100 m autour des localisations observées et aléatoires. À fine échelle (ci-après appelée échelle du site), nous avons mesuré les caractéristiques de l'habitat en réalisant des inventaires sur le terrain ainsi qu'à partir d'informations disponibles sur la carte écoforestière directement aux localisations observées et aléatoires. Dans un deuxième temps, nous avons déterminé les caractéristiques de l'habitat qui ont eu un effet sur le nombre de cerfs vus par un chasseur au cours d'une journée, lors de ses déplacements. Pour isoler l'influence des caractéristiques de l'habitat, nous avons aussi tenu compte des conditions météorologiques, des caractéristiques individuelles du chasseur, de la date et de la densité locale de cerfs sur le territoire chassé. Enfin, nous avons évalué si certaines caractéristiques de l'habitat favorisaient la récolte d'un cerf en comparant les sites où un cerf a été récolté avec les sites fréquentés par ce chasseur au cours de la même journée.

### **2.4 Description de l'habitat**

Afin de décrire les habitats disponibles dans l'aire d'étude, nous avons utilisé des cartes écoforestières à l'échelle 1:20 000 du ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec. Ces cartes proviennent de l'interprétation de photographies aériennes à l'échelle 1:15 000 prises en 1997 et 1998. Une mise à jour des cartes a été effectuée afin d'intégrer les coupes forestières et les nouvelles voies d'accès réalisées sur le territoire au cours des dernières années. Nous avons défini sept catégories d'habitats selon le type de terrain, les essences arborescentes principales et le type de perturbation d'origine (Tableau 1). Les

voies d'accès disponibles aux chasseurs se répartissaient en trois types : 1) la route carrossable principale gravellée traversant l'île d'ouest en est, 2) les routes carrossables secondaires gravellées (i.e. chemins forestiers) et 3) les sentiers pédestres qui pouvaient aussi être utilisés en véhicules tout-terrain (VTT). Afin de représenter les voies d'accès comme des surfaces et non comme des lignes sur les cartes, nous avons généré des zones tampons de 15 m pour la route principale et de 10 m pour les routes secondaires. Les largeurs des zones tampons ont été établies à partir de mesures de l'emprise des routes prises sur le terrain. Les analyses spatiales ont été effectuées à l'aide du logiciel ArcGIS 9.2 (ESRI 2007) et de l'extension Hawth's Tools (Beyer 2006).

## **2.5 Nourriture disponible pour le cerf**

Nous avons utilisé les inventaires de végétation réalisés dans l'aire d'étude lors de projets antérieurs pour estimer la nourriture disponible pour le cerf dans chacun des habitats définis (Massé et Côté 2009, Simard 2010). L'abondance de nourriture a été évaluée visuellement en estimant le pourcentage de recouvrement au sol (< 1 %, 1-5 %, 5-15 %, 15-25 %, ... 85-95 %, 95-99 %, 100 %) des herbacées latifoliées et des graminées dans 882 parcelles de 1 m<sup>2</sup>. Un indice moyen de la nourriture disponible par habitat a été établi en calculant la moyenne des estimés de recouvrement d'herbacées latifoliées et de graminées dans chacun des habitats (Tableau 1). Malgré les différences locales d'abondance de nourriture dans chacun des habitats, le recouvrement d'herbacées latifoliées et de graminées moyen par habitat nous a permis de distinguer l'abondance de nourriture pour le cerf dans les différents types d'habitats présents sur l'aire d'étude (Tableau 1).

## **2.6 Visibilité du cerf du point de vue du chasseur**

Nous avons réalisé des inventaires sur le terrain pour quantifier la visibilité du cerf du point de vue du chasseur dans les différentes catégories d'habitat et les deux types de bordures de route. Un total de 306 sites aléatoires situés dans les trois pourvoiries et à moins de deux kilomètres d'une voie d'accès a été utilisé pour quantifier la visibilité dans les différents habitats (Tableau 1). La visibilité le long des routes a été évaluée à 20 sites aléatoires localisés le long de la route principale et des routes secondaires (Tableau 1). La visibilité était évaluée en notant, à l'aide d'un télémètre (Bushnell Corporation, Overland Park,

Kansas, USA), la distance maximale à laquelle un chasseur aurait pu voir un cerf dans chacun de quatre quadrants de 90 degrés dont les limites correspondaient aux quatre points cardinaux (voir Tufto et al. 1996). Un indice moyen de visibilité a été calculé pour chacun des habitats et des types de bordures de route (Tableau 1). Lors des étés 2008 et 2009, nous avons aussi estimé la visibilité à des localisations où un cerf avait été abattu à la chasse (n = 306) au cours de l'automne précédent.

TABLEAU 1. Description des catégories d'habitats utilisées pour étudier l'influence des caractéristiques de l'environnement sur la récolte de cerfs de Virginie par la chasse sportive sur l'île d'Anticosti, Québec, Canada, en 2007-2008. Un indice de la nourriture disponible et de la visibilité du cerf du point de vue du chasseur (moyenne  $\pm$  erreur-type (n)) ont été calculés pour chacune des catégories d'habitat à partir d'inventaires sur le terrain.

Habitat	Description	Indice de nourriture (%) (n)	Indice de visibilité (m) (n)
Sapinière	Peuplement où les résineux représentent $\geq 75\%$ de la surface terrière et où le sapin baumier occupe $\geq 50\%$ de la partie résineuse	32.9 $\pm$ 1.8 (302)	25.3 $\pm$ 1.0 (87)
Pessière blanche	Peuplement où les résineux représentent $\geq 75\%$ de la surface terrière et où l'épinette blanche occupe $\geq 50\%$ de la partie résineuse	37.8 $\pm$ 3.2 (81)	24.2 $\pm$ 1.0 (69)
Pessière noire	Peuplement où les résineux représentent $\geq 75\%$ de la surface terrière et où l'épinette noire ou le mélèze laricin occupent $\geq 50\%$ de la partie résineuse	31.0 $\pm$ 3.3 (105)	16.9 $\pm$ 0.9 (44)
Coupe forestière	Coupe forestière < 15 ans	62.3 $\pm$ 5.6 (49)	46.4 $\pm$ 7.1 (22)
Tourbière	Tourbière minérotrophe ou ombrotrophe	53.2 $\pm$ 1.7 (297)	53.9 $\pm$ 10 (39)
Perturbation	Brûlis, chablis total, épidémie sévère d'insectes	18.7 $\pm$ 3.5 (48)	29.2 $\pm$ 6.1 (38)
Autre	Lac et zone intertidale (zone tampon de 50 m à partir de la limite des polygones forestiers de la carte écoforestière)	0	250 <sup>a</sup>
Route carrossable gravelée principale	Emprise de la route principale (zone tampon de 15 m centrée sur la ligne médiane de la chaussée)	0 <sup>b</sup>	178.7 $\pm$ 11.5 (20)
Route carrossable gravelée secondaire	Emprise de la route secondaire (zone tampon de 10 m centrée sur la ligne médiane de la chaussée)	0 <sup>b</sup>	98.1 $\pm$ 13.5 (24)

<sup>a</sup>La visibilité dans cet habitat était supérieure aux distances maximales de tir de la plupart des chasseurs. Ainsi, nous avons utilisé une valeur arbitraire de 250 m qui correspond à la portée usuelle d'une arme à feu.

<sup>b</sup>L'indice de nourriture de valeur 0 est attribué à la chaussée des habitats de routes carrossables gravelées principales et secondaires. La nourriture disponible pour le cerf présente sur le bord des routes est calculée dans les habitats adjacents.

<sup>1</sup>Source : Ministère des Ressources naturelles du Québec, Direction des inventaires forestiers, Québec, Canada.

## **2.7 Conditions météorologiques, caractéristiques individuelles du chasseur, date et densité locale de cerfs**

Nous avons utilisé des questionnaires distribués à chacun des chasseurs pour quantifier d'autres variables susceptibles d'influencer le succès de récolte. Nous avons déterminé les conditions météorologiques observées durant les heures de chasse active en demandant aux chasseurs de décrire le climat selon différents critères: température chaude et ciel dégagé ( $> +10$  °C), présence de vents violents, précipitations, gel au sol, neige au sol (Annexe A). Nous avons quantifié trois caractéristiques individuelles des chasseurs en obtenant l'âge, le nombre d'années d'expérience à la chasse au cerf, et le nombre d'années de chasse sur l'île d'Anticosti de chaque chasseur suivi (Annexe A). La date du séjour de chasse était aussi demandée. Finalement, nous avons utilisé le nombre moyen de cerfs vus par chasseur par jour au cours de chaque saison de chasse pour obtenir un indice relatif de l'abondance locale de cerfs (Myserud et al. 2007, Simard et al. *sous presse*). Puisque les pourvoiries à l'étude sont subdivisées en sous-unités de 126 à 485 km<sup>2</sup> (Figure 1), nous avons calculé un indice relatif de densité pour chacune de ces sous-unités ( $n = 6$ ). Le nombre de cerfs vus par chasseur semble être l'indicateur le plus fiable de la densité de cerfs sur l'île d'Anticosti (Pettorelli et al. 2007, Simard 2010) puisqu'il n'est pas influencé par la sélectivité des chasseurs comparativement à d'autres statistiques de chasse (Solberg et al. 2004).

## **3. Analyse des données**

### **3.1 Analyse des localisations d'abattage**

Nous avons utilisé des fonctions de sélection des ressources (RSFs; Manly et al. 2002) afin d'identifier les caractéristiques de l'habitat où les cerfs ont été récoltés selon un dispositif d'utilisation-disponibilité. À l'échelle du paysage, nous avons déterminé les caractéristiques de l'habitat présentes dans une zone tampon d'un rayon de 100 m autour de chacune des localisations de cerfs abattus. Nous avons calculé la moyenne pondérée des indices d'abondance de nourriture et de visibilité selon la proportion des habitats présents dans la zone tampon ainsi que la densité totale de voies d'accès (m/ha).

Nous avons projeté sur le territoire de chaque pourvoirie un nombre de localisations aléatoires égal au nombre de sites d'abattage observés à chaque année afin d'obtenir un dispositif équilibré. Nous avons estimé les RSFs en comparant les caractéristiques de l'habitat aux localisations d'abattage (score 1) et aléatoires (score 0), avec un rapport 1:1. La fonction est exprimée comme :

$$w(x) = \exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n)$$

où  $w(x)$  est proportionnel à la probabilité qu'un site soit un site d'abattage,  $x_1 \dots x_n$  sont les variables explicatives et  $\beta_1 \dots \beta_n$  sont les coefficients de sélection (Manly et al. 2002).

À l'échelle du site, nous avons aussi réalisé une RSF pour comparer les attributs des localisations d'abattage et des sites aléatoires inventoriés sur le terrain. Nous avons attribué à chaque site la valeur d'abondance de nourriture de l'habitat dans lequel la localisation se retrouvait et la visibilité du cerf du point de vue du chasseur a été mesurée sur le terrain à partir de la méthode du télémètre décrite précédemment. Enfin, nous avons utilisé ArcGIS 9.2 pour mesurer la distance minimale entre chacune des localisations et l'un des trois types de voies d'accès.

Nous avons utilisé des régressions logistiques mixtes (GLMM; PROC NLMIX; SAS Institute Inc. 2002) afin d'évaluer les RSFs en utilisant la pourvoirie comme variable aléatoire. Nous avons élaboré une série de modèles candidats *a priori* incluant les variables explicatives liées aux attributs de l'habitat (i.e. nourriture, visibilité et accès) et les interactions doubles entre ces variables. Nous avons utilisé l'approche de la théorie de l'information pour identifier le meilleur modèle parmi les modèles candidats (AIC, Burnham et Anderson 2002). Les modèles avec un  $\Delta AIC \leq 2$  ont été considérés équivalents (Burnham et Anderson 2002). Lorsque des modèles candidats étaient équivalents, nous avons estimé les paramètres d'un modèle moyen par une estimation pondérée des variables des modèles équivalents (Burnham et Anderson 2002). Pour connaître quelles variables avaient le plus grand effet, nous avons regardé les intervalles de confiance à 95 % des estimés des paramètres. Nous avons évalué la capacité prédictive du meilleur modèle par un

test de validation croisée (*k-fold cross-validation*) en réalisant 10 itérations (Boyce et al. 2002).

### **3.2 Nombre de cerfs observés pendant une journée de chasse**

En situation de surabondance, un chasseur peut apercevoir plusieurs cerfs par jour et être sélectif en décidant de ne pas abattre les premiers cerfs vus. Le nombre de cerfs vus avec possibilité de tir au cours d'une journée s'avère donc un indice plus intéressant et sensible que le nombre de cerfs abattus dans un tel contexte. Pour expliquer le nombre de cerfs vus par jour, nous avons utilisé seulement les chasseurs qui avaient complété correctement leur questionnaire et pour lesquels nous avons une journée de chasse de plus de 7 heures (ce qui correspond à la durée de chasse journalière moyenne d'un chasseur). Nous avons validé la qualité de l'information donnée par les chasseurs en vérifiant la correspondance (95,7 %) entre les périodes de chasse active inscrites sur le questionnaire du chasseur et ses déplacements sur le terrain enregistrés par les GPS.

Pour rencontrer notre objectif principal qui était d'identifier les caractéristiques de l'habitat qui favorisent la récolte d'un cerf par les chasseurs, nous avons d'abord considéré les variables susceptibles d'influencer le nombre de cerfs observés par jour telles que les conditions météorologiques, l'expérience du chasseur et la date.

Nous avons réalisé une analyse en composantes principales (ACP) afin de diminuer le nombre de variables corrélées parmi les cinq variables météorologiques obtenues par le biais des questionnaires et visant à décrire les conditions rencontrées par les chasseurs. Les deux premiers axes de l'analyse ont été considérés comme les plus influents suite à l'évaluation visuelle de la diminution rapide des «eigenvalues» (Cattell 1966) et ils expliquaient 63 % de la variance. Le premier axe (ci-après appelé couvert nuageux) permettait de discriminer les journées ensoleillées et chaudes des journées pluvieuses (Tableau 2). Le deuxième axe (ci-après appelé température) permettait de discriminer les journées chaudes et pluvieuses des journées froides avec gel et neige au sol (Tableau 2). Nous avons aussi réalisé une ACP pour synthétiser les trois variables liées à l'expérience

du chasseur. Ces variables étaient étroitement corrélées. Nous avons donc décidé d'utiliser seulement le nombre d'années d'expérience à la chasse au cerf (Gratson et Whitman 2000).

TABLEAU 2. Résultats de l'analyse en composantes principales (ACP) sur les cinq variables de conditions météorologiques obtenues par le biais des questionnaires distribués aux chasseurs durant les saisons de chasse 2007 et 2008, à l'île d'Anticosti, Québec, Canada.

Variable	Axe 1	Axe 2
température chaude et ciel dégagé (> +10 °C)	-0.66	0.05
présence de vents violents	0.27	-0.34
précipitations	0.58	-0.27
gel au sol	0.10	0.69
neige au sol	0.38	0.57

Dans une première étape, nous avons élaboré 15 modèles candidats (Annexe B) *a priori* incluant seulement les deux axes de l'ACP des conditions météorologiques (couvert nuageux et température), le nombre d'années d'expérience à la chasse au cerf et la date. Nous avons utilisé l'approche de la théorie de l'information pour identifier le meilleur modèle candidat. Dans une deuxième étape, nous avons élaboré une autre série de modèles candidats en ajoutant au meilleur modèle les variables explicatives liées aux attributs de l'habitat (i.e. nourriture, visibilité et accès, Tableau 5). Pour caractériser les habitats fréquentés par les chasseurs, nous avons calculé un indice pondéré de l'indice de nourriture disponible pour les cerfs et de visibilité selon la superficie de chaque habitat, de même que la densité de voies d'accès (m/ha) dans une zone tampon de 50 m autour de chacune des localisations enregistrées pendant la journée. Nous avons utilisé le nombre moyen de cerfs vus par chasseur par jour pour chacune des sous-unités des pourvoiries durant l'année comme covariable dans chacun des modèles pour tenir compte de l'abondance locale de cerfs.

Nous avons utilisé des régressions avec distribution binomiale négative basée sur les équations d'estimations généralisées (GEE) pour évaluer les modèles candidats (GEE; PROC GENMOD; SAS Institute Inc. 2002) en prenant en compte la dépendance des

observations répétées sur les mêmes chasseurs. Nous avons utilisé une matrice de covariance de type «compound-symmetry» pour l'effet répété, c'est-à-dire que la corrélation entre les observations d'un même chasseur a été considérée constante (Gillies et al. 2006). Étant donné que la durée de la journée de chasse variait entre les chasseurs et les jours de chasse et que le nombre de cerfs observés est susceptible d'être directement relié à cette variable, nous avons utilisé le logarithme du nombre d'heures chassées au cours d'une journée en «offset» dans les modèles. Une variable «offset» peut être utilisée comme unité de temps pour la variable expliquée, mais n'est pas incluse dans l'équation comme les variables indépendantes (Agresti 1996). Puisque les GEEs ne sont pas basées sur l'estimation du maximum de vraisemblance mais plutôt sur la quasi-vraisemblance, nous avons utilisé le critère d'information de quasi-vraisemblance (QICu) développé par Pan (2001) pour classer les modèles candidats. Comme pour les AICs, nous avons calculé le  $\Delta\text{QICu}$  et  $\text{QICu}(\omega_i)$  pour sélectionner le modèle le plus parcimonieux. Nous avons considéré les modèles avec  $\Delta\text{QICu} \leq 2$  comme équivalents.

### **3.3 Caractéristiques de l'environnement qui favorisent la récolte d'un cerf**

Nous avons évalué si certains attributs de l'habitat favorisaient la récolte d'un cerf en comparant les sites où un cerf a été récolté par un chasseur avec les sites fréquentés par ce chasseur au cours de la même journée. Pour réaliser cette analyse, nous avons utilisé la régression logistique conditionnelle (PROC PHREG avec énoncé STRATA, SAS Institute Inc. 2002) afin de comparer la(les) localisation(s) d'abattage(s) de cerf(s) d'un chasseur à 10 localisations choisies aléatoirement parmi l'ensemble des localisations de ce chasseur durant la même journée. Les attributs de l'habitat en termes de nourriture pour le cerf, de visibilité du cerf du point de vue du chasseur et d'accessibilité pour le chasseur ont été déterminés à l'intérieur d'une zone tampon d'un rayon de 100 m centrée sur les localisations d'abattage et les localisations du chasseur. Nous avons évalué l'influence des variables d'habitat en utilisant les mêmes modèles candidats que ceux développés dans les analyses précédentes. Nous avons choisi le meilleur modèle selon la méthode du critère d'information de quasi-vraisemblance (QICu).

Avant de procéder à l'ensemble des analyses statistiques, nous avons utilisé la méthode des polynômes fractionnaires (Hosmer et Lemeshow 2000, Hardin et Hilbe 2003) afin de déterminer la meilleure transformation pour chacune des variables explicatives d'habitat. Aussi, nous avons évalué la colinéarité entre les variables explicatives en utilisant l'indice de tolérance (Allison 2003) (PROC REG, SAS Institute Inc. 2002). Un indice de tolérance  $> 0.4$  indique un problème de multicollinéarité entre les variables. Lorsqu'un problème de colinéarité était détecté, nous avons centré et standardisé les variables concernées (Allison 2003).

## **4. Résultats**

Au cours des automnes 2007 et 2008, 477 chasseurs ont participé au projet. Les chasseurs ont amassé un total de 667 localisations d'abattage réparties sur les territoires des trois pourvoiries. Durant les deux étés d'inventaire, nous avons visité 306 de ces localisations d'abattage sur le terrain. Nous avons obtenu 152 et 530 suivis quotidiens des déplacements d'un chasseur pendant une journée complète de chasse (i.e.  $\geq 7$  heures), pour 59 et 283 chasseurs différents pendant les saisons 2007 et 2008, respectivement. Parmi les tracés obtenus, 172 et 17 comprenaient respectivement 1 et 2 localisation(s) d'abattage.

### **4.1 Analyse des localisations d'abattage**

À l'échelle du paysage, le modèle le plus parcimonieux pour décrire les caractéristiques de l'habitat aux localisations d'abattage de cerfs incluait les effets simples de la nourriture pour le cerf, la visibilité et l'accès, en plus des interactions doubles visibilité  $\times$  nourriture et visibilité  $\times$  accès (Tableau 3). La validation croisée a démontré que ce modèle avait un pouvoir robuste de prédiction ( $r_s = 0.87 \pm 0.02$  [SE]). Les cerfs étaient abattus dans les secteurs ayant à la fois une densité élevée de voies d'accès et une proportion élevée d'habitats offrant une grande visibilité, mais l'influence positive de la visibilité était moins grande lorsque la densité de voies d'accès était soit très faible ou très élevée (Tableau 4, Figure 3). L'interaction entre la visibilité et l'abondance de nourriture avait un effet moindre sur la répartition spatiale des cerfs abattus que l'interaction entre la visibilité et l'accès (Figures 3 et 4). L'influence de la visibilité sur la répartition spatiale des cerfs récoltés s'atténuait lorsque la disponibilité de nourriture était très élevée ( $\approx 50\%$  de

recouvrement au sol). L'effet de l'abondance de nourriture sur la répartition spatiale des cerfs abattus n'était pas linéaire, ce qui suggère que les cerfs avaient une probabilité moins élevée d'être abattus dans les sites où l'abondance de nourriture était intermédiaire (entre 25 et 35 % de recouvrement au sol), indépendamment de la visibilité (Figure 4).

À l'échelle du site, deux modèles ont permis de discriminer de façon équivalente les sites où les cerfs ont été abattus des sites aléatoires (Tableau 3). Le modèle le plus performant (modèle #9) avait un excellent pouvoir prédictif ( $r_s = 0.92 \pm 0.01$  [SE]). Comme pour l'échelle du paysage, nous avons observé une interaction entre la visibilité et l'accès (Tableau 4). Les cerfs étaient abattus dans les sites offrant une bonne visibilité au chasseur et à proximité des voies d'accès, mais les cerfs étaient abattus de plus en plus loin des voies d'accès dans les sites où la visibilité augmentait (Figure 5). Contrairement à l'échelle du paysage, les cerfs n'ont pas été abattus dans les sites où la disponibilité de nourriture était plus élevée.

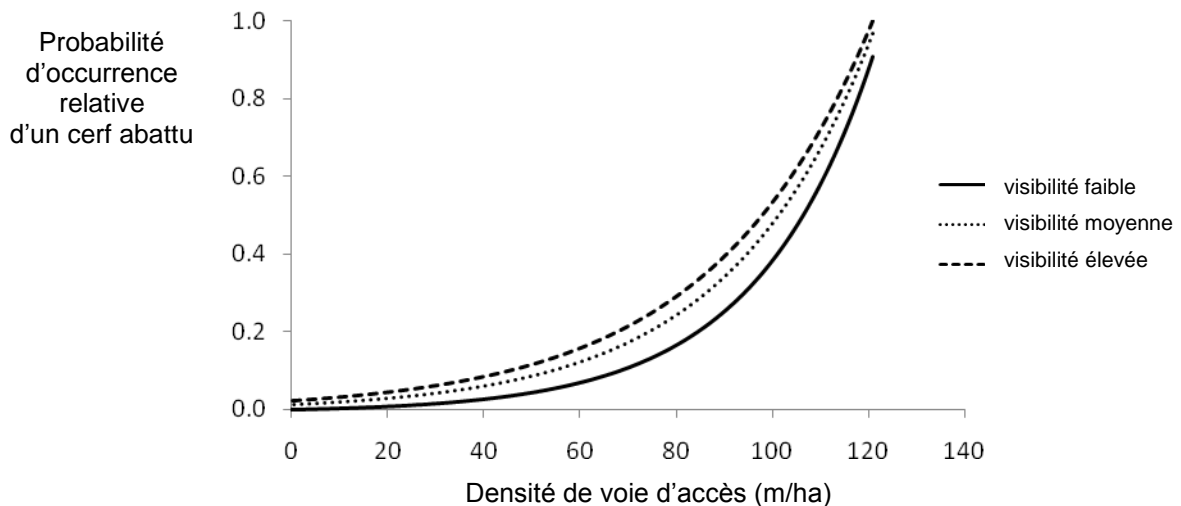


FIGURE 3. Relation entre la probabilité d'occurrence relative qu'un cerf de Virginie soit récolté en fonction de la densité de voies d'accès (m/ha) et de la visibilité du cerf du point de vue du chasseur (m) durant les saisons de chasse 2007 et 2008, à l'île d'Anticosti, Québec, Canada. Les caractéristiques de l'habitat ont été mesurées dans un cercle d'un rayon de 100 m autour des localisations. Nous avons utilisé les percentiles 25 (30 m), 50 (38 m) et 75 (47 m) des valeurs de visibilité observées pondérées pour déterminer les classes de visibilité faible, moyenne et élevée.

TABLEAU 3. Sélection de modèles visant à décrire la relation entre les caractéristiques de l'habitat en termes de visibilité du cerf du point de vue du chasseur, disponibilité de nourriture pour le cerf et densité de voies d'accès, et la répartition spatiale des cerfs de Virginie abattus à la chasse en 2007 et 2008 sur l'île d'Anticosti, Québec, Canada. Les modèles en gras sont considérés équivalents ( $\Delta AIC \leq 2$ ).

#	Modèle <sup>c</sup>	Échelle du paysage <sup>a</sup>				Échelle du site <sup>b</sup>			
		K <sup>d</sup>	$\Delta AIC^e$	wi	$\Delta AIC^e$	K <sup>d</sup>	$\Delta AIC^e$	wi	$\Delta AIC^e$
1	visibilité	2	268.2	0.00	144.5	0.00	0.00	0.00	
2	nourriture	3	431.7	0.00	243.8	0.00	0.00	0.00	
3	accès	2	208.3	0.00	135.0	0.00	0.00	0.00	
4	visibilité + nourriture	4	269.5	0.00	139.1	0.00	0.00	0.00	
5	visibilité + accès	3	18.2	0.00	15.4	0.00	0.00	0.00	
6	nourriture + accès	4	121.1	0.00	122.4	0.00	0.00	0.00	
7	visibilité + nourriture + accès	5	17.7	0.00	15.8	0.00	0.00	0.00	
8	visibilité + nourriture + visibilité x nourriture	6	265.3	0.00	135.7	0.00	0.00	0.00	
9	visibilité + accès + visibilité x accès	4	13.4	0.00	0.0	0.0	0.56	0.00	
10	nourriture + accès + nourriture x accès	6	113.4	0.00	112.9	0.00	0.00	0.00	
11	visibilité + nourriture + accès + visibilité x nourriture	7	7.7	0.02	16.0	0.00	0.00	0.00	
12	visibilité + nourriture + accès + visibilité x accès	6	12.1	0.00	1.4	0.00	0.28	0.00	
13	visibilité + nourriture + accès + nourriture x accès	7	14.2	0.00	18.1	0.00	0.00	0.00	
14	visibilité + nourriture + accès + visibilité x nourriture + visibilité x accès	8	0.0	0.69	4.6	0.06	0.06	0.06	
15	visibilité + nourriture + accès + visibilité x accès + nourriture x accès	8	12.6	0.00	3.6	0.09	0.09	0.09	
16	visibilité + nourriture + accès + visibilité x nourriture + nourriture x accès	9	4.5	0.07	17.5	0.00	0.00	0.00	
17	visibilité + nourriture + accès + visibilité x nourriture + visibilité x accès + nourriture x accès	10	2.3	0.22	7.3	0.01	0.01	0.01	
18	nul	1	495.9	0.00	322.9	0.00	0.00	0.00	

<sup>a</sup>L'échelle du paysage évalue les caractéristiques de l'habitat dans un cercle d'un rayon de 100 m autour des localisations de cerfs abattus et aléatoires.

<sup>b</sup>L'échelle du site évalue les caractéristiques de l'habitat aux localisations inventoriées sur le terrain.

<sup>c</sup>Transformation des variables avec la méthode des polynômes fractionnaires (Hosmer et Lemeshow 2000) : Échelle du paysage= visibilité ( $1/x^2$ ), nourriture ( $x^2$ ), accès (aucune) ;

Échelle du site= visibilité (log), nourriture ( $x^2$ ), accès ( $\sqrt{\cdot}$ ).

<sup>d</sup>Le nombre de paramètres (K) inclut l'ordonnée à l'origine.

<sup>e</sup>Le critère d'information d'Akaike du meilleur modèle à l'échelle du paysage est de 1231.42 et à fine échelle de 352.4.

TABLEAU 4. Estimés des paramètres ( $\beta$ ) des meilleurs modèles permettant de discriminer les sites où les cerfs de Virginie ont été abattus des sites aléatoires à l'échelle du paysage (a) et à l'échelle du site (b) durant les saisons de chasse 2007 et 2008, à l'île d'Anticosti, Québec, Canada.

Effet	$\beta$	SE	95 % IC	
			Inférieure	Supérieure
<b>a) Échelle du paysage</b>				
ordonnée à l'origine	-0.1	0.1	-0.4	0.1
visibilité	-1587	251	-2078	-1095
nourriture	0.08	0.02	0.04	0.13
nourriture <sup>2</sup>	0.006	0.001	0.003	0.009
accès	0.040	0.003	0.033	0.046
visibilité x accès	16	5	6	26
visibilité x nourriture	129	38	55	204
visibilité x nourriture <sup>2</sup>	8	2	4	12
<b>b) Échelle du site</b>				
ordonnée à l'origine	-0.1	0.6	-1.3	1.2
visibilité	6	1	4	8
nourriture	0.04	0.03	-0.03	0.1
nourriture <sup>2</sup>	-0.001	0.002	-0.003	0.002
accès	-0.7	0.1	-0.9	-0.5
visibilité x accès	0.27	0.07	0.13	0.41

<sup>a</sup>Transformation des variables avec la méthode des polynômes fractionnaires (Hosmer et Lemeshow 2000) : Échelle du paysage= visibilité ( $1/x^2$ ), nourriture ( $x^2$ ), accès (aucune) ; Échelle du site= visibilité (log), nourriture ( $x^2$ ), accès ( $\sqrt{\quad}$ )

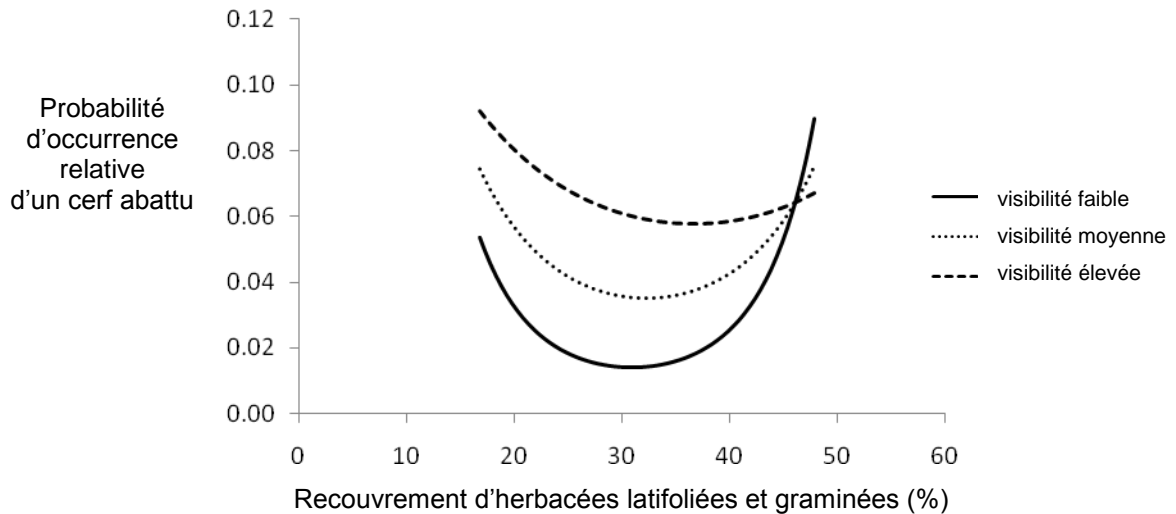


FIGURE 4. Relation entre la probabilité d'occurrence relative qu'un cerf de Virginie soit récolté en fonction du recouvrement d'herbacées latifoliées et graminées (%) et de la visibilité du cerf du point du chasseur (m) durant les saisons de chasse 2007 et 2008, à l'île d'Anticosti, Québec, Canada. Les caractéristiques de l'habitat ont été mesurées dans un cercle d'un rayon de 100 m autour des localisations. Nous avons utilisé les percentiles 25 (30 m), 50 (38 m) et 75 (47 m) des valeurs de visibilité observées pondérées pour déterminer les classes de visibilité faible, moyenne et élevée.

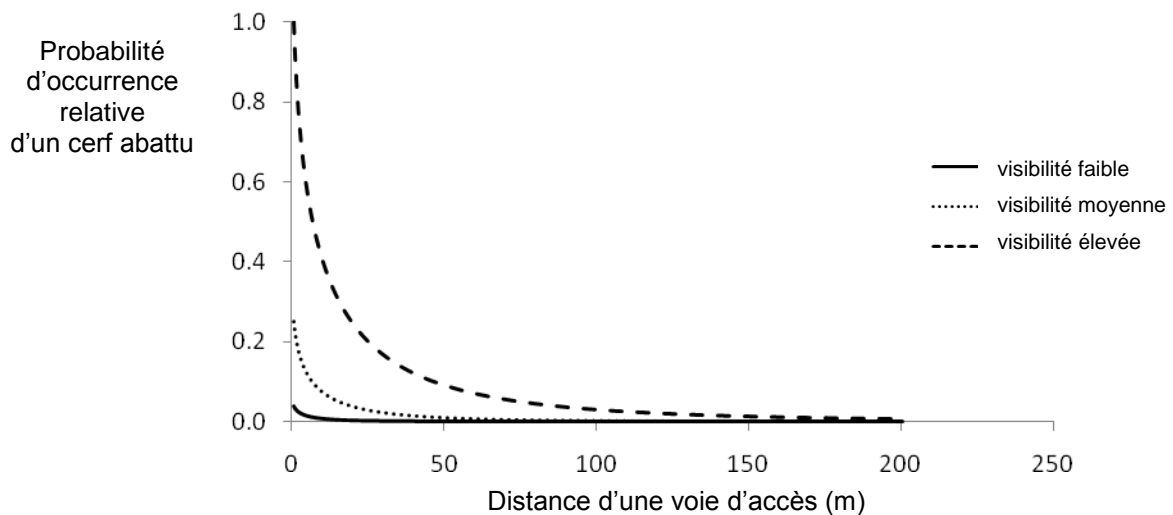


FIGURE 5. Relation entre la probabilité d'occurrence relative qu'un cerf de Virginie soit récolté en fonction de la distance d'une voie d'accès (m) et de la visibilité du cerf du point de vue du chasseur (m) durant les saisons de chasse 2007 et 2008, à l'île d'Anticosti, Québec, Canada. Nous avons utilisé les percentiles 25 (38 m), 50 (73 m) et 75 (120 m) des valeurs de visibilité observées pour déterminer les classes de visibilité faible, moyenne et élevée.

## 4.2 Nombre de cerfs observés pendant une journée de chasse

Parmi les modèles évaluant l'influence de l'expérience du chasseur, des conditions météorologiques et de la date sur le nombre de cerfs observés par chasseur par jour, c'est celui incluant seulement la variable du couvert nuageux qui a le mieux performé (Tableau 5). Cependant, l'intervalle de confiance à 95 % du coefficient de la variable du couvert nuageux incluait 0 ( $\beta = 0.04 \pm 0.03$ , IC 95 % = -0.02 ; 0.10).

TABLEAU 5. Sélection de modèles visant à décrire la relation entre le nombre de cerfs de Virginie vus avec possibilité de tir lors d'une journée de chasse et (a) les conditions météorologiques, l'expérience du chasseur et la date, et (b) les caractéristiques de l'habitat en termes de visibilité du cerf du point de vue du chasseur, de disponibilité de nourriture pour le cerf et de densité de voies d'accès, durant les saisons de chasse 2007 et 2008, à l'île d'Anticosti, Québec, Canada. Nous présentons les 5 meilleurs modèles pour chacune des analyses.

Modèle <sup>a</sup>	K <sup>b</sup>	$\Delta QIC_u^c$	$w_i$
<b>a) Conditions météorologiques et expérience du chasseur</b>			
couvert nuageux <sup>d</sup>	2	0.0	0.80
expérience <sup>e</sup> + couvert nuageux	3	2.8	0.20
expérience	2	68.0	0.00
couvert nuageux + température <sup>f</sup>	3	287.8	0.00
expérience + couvert nuageux + température	4	297.0	0.00
<b>b) Attributs de l'habitat, conditions météorologiques et densité de cerfs</b>			
visibilité + nourriture + visibilité x nourriture + couvert nuageux + densité cerfs	6	0.0	1.00
visibilité + nourriture + couvert nuageux + densité cerfs	5	16.5	0.00
visibilité + nourriture + accès + visibilité x nourriture + couvert nuageux + densité cerfs	7	25.6	0.00
visibilité + couvert nuageux + densité cerfs	4	37.6	0.00
visibilité + nourriture + accès + couvert nuageux + densité cerfs	6	40.6	0.00

<sup>a</sup>Transformation des variables avec la méthode des polynômes fractionnaires (Hosmer et Lemeshow 2000) : visibilité (aucune), nourriture (1/x), accès (1/x).

<sup>b</sup>Le nombre de paramètres (K) inclut l'ordonnée à l'origine.

<sup>c</sup>Le critère d'information du QIC du meilleur modèle pour l'analyse des conditions météorologiques et expérience du chasseur est de -3711.97. Le critère d'information du QIC du meilleur modèle pour l'analyse des attributs du paysage, conditions météorologiques et de la densité de cerfs est de -4002.25.

<sup>d</sup>Couvert nuageux : représente l'axe 1 de l'analyse en composantes principales des conditions météorologiques.

<sup>e</sup>Expérience : représente le nombre d'années d'expérience à la chasse au cerf de Virginie des chasseurs.

<sup>f</sup>Température : représente l'axe 2 de l'analyse en composantes principales des conditions météorologiques.

Pour la deuxième étape, nous avons évalué l'influence des variables liées à l'habitat en forçant dans le modèle la variable du couvert nuageux et l'indice de la densité de cerf. Le meilleur modèle incluait la visibilité, la nourriture, l'interaction entre ces deux variables, en plus des variables liées aux conditions météorologiques et à la densité de cerf (Tableau 5). Seul l'indice de visibilité du cerf du point de vue du chasseur ( $\beta = 0.009 \pm 0.004$ , IC 95 % = 0.001 ; 0.018) avait un effet positif sur le nombre de cerfs observés avec possibilité de tir (Figure 6). L'intervalle de confiance à 95% des autres paramètres du meilleur modèle incluait 0.

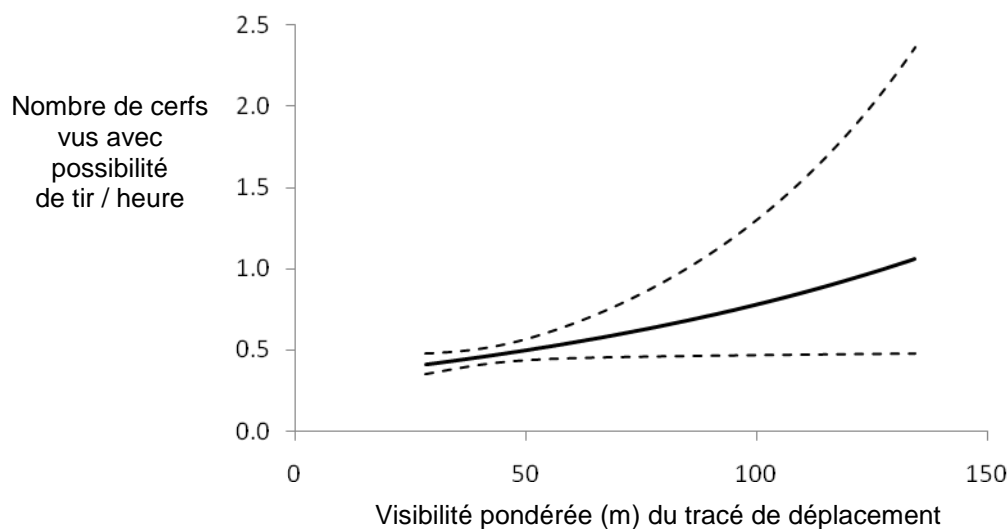


FIGURE 6. Relation entre le nombre de cerfs de Virginie vus avec possibilité de tir par heure et la visibilité moyenne dans les habitats fréquentés par un chasseur durant les saisons de chasse 2007 et 2008, à l'île d'Anticosti, Québec, Canada. L'intervalle de confiance à 95 % est représenté à l'aide des lignes pointillées.

### 4.3 Caractéristiques de l'environnement favorisant la récolte d'un cerf

Sept modèles candidats avaient une capacité équivalente à discriminer les sites d'abattage des sites fréquentés par les chasseurs au cours d'une journée de chasse (Tableau 6). Cependant, seule la densité de voies d'accès avait un effet négatif ( $\beta = -0.011 \pm 0.003$ , IC 95 % = -0.016 ; -0.005) sur la probabilité relative de récolter un cerf (Figure 7). Les chasseurs ont récolté un cerf dans les sites où la densité de voies d'accès était relativement plus faible que dans les autres sites fréquentés.

TABLEAU 6. Sélection de modèles visant à décrire la relation entre les caractéristiques de l'habitat en termes de visibilité du cerf du point de vue du chasseur, de disponibilité de nourriture pour le cerf et de densité de voies d'accès, et la(les) localisation(s) d'abattage obtenues au cours d'une journée de déplacements d'un chasseur, en 2007 et 2008 sur l'île d'Anticosti, Québec, Canada. Les modèles en gras sont considérés équivalents ( $\Delta QICu < 2$ ).

#	Modèle <sup>ab</sup>	K	$\Delta QICu^c$	$\omega_i$
1	visibilité	2	16.8	0.00
2	nourriture	3	18.6	0.00
<b>3</b>	<b>accès</b>	2	<b>0.5</b>	<b>0.13</b>
4	visibilité + nourriture	4	14.6	0.00
<b>5</b>	<b>visibilité + accès</b>	3	<b>0.9</b>	<b>0.11</b>
<b>6</b>	<b>nourriture + accès</b>	4	<b>0.6</b>	<b>0.13</b>
<b>7</b>	<b>visibilité + nourriture + accès</b>	5	<b>0.0</b>	<b>0.18</b>
8	visibilité + nourriture + visibilité x nourriture	6	17.9	0.00
<b>9</b>	<b>visibilité + accès + visibilité x accès</b>	4	<b>1.4</b>	<b>0.09</b>
<b>10</b>	<b>nourriture + accès + nourriture x accès</b>	6	<b>1.6</b>	<b>0.08</b>
11	visibilité + nourriture + accès + visibilité x nourriture	7	3.5	0.03
<b>12</b>	<b>visibilité + nourriture + accès + visibilité x accès</b>	6	<b>1.0</b>	<b>0.10</b>
13	visibilité + nourriture + accès + nourriture x accès	7	2.2	0.06
14	visibilité + nourriture + accès + visibilité x nourriture + visibilité x accès	8	4.2	0.02
15	visibilité + nourriture + accès + visibilité x accès + nourriture x accès	8	2.6	0.05
16	visibilité + nourriture + accès + visibilité x nourriture + nourriture x accès	9	5.8	0.01
17	visibilité + nourriture + accès + visibilité x nourriture + visibilité x accès + nourriture x accès	10	5.9	0.01

<sup>a</sup>Transformation des variables avec la méthode des polynômes fractionnaires (Hosmer et Lemeshow 2000) : visibilité (aucune), nourriture (aucune), accès (aucune).

<sup>b</sup>L'analyse a été réalisée en comparant les caractéristiques de l'habitat dans un cercle d'un rayon de 100 m autour des localisations de cerfs abattus à 10 localisations aléatoires parmi celles fréquentées par le chasseur au cours de la journée.

<sup>c</sup>Le critère de quasi-vraisemblance (QICu) du meilleur modèle est de 947.77.

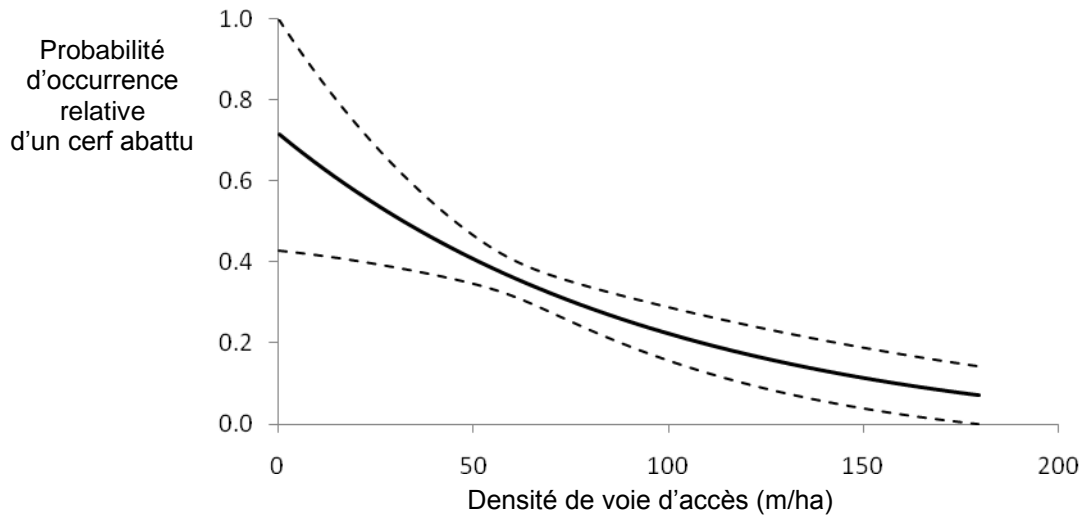


FIGURE 7. Relation entre la probabilité d'occurrence relative qu'un cerf de Virginie soit récolté et la densité de voies d'accès (m/ha) présente lors des déplacements effectués par les chasseurs durant les saisons de chasse 2007 et 2008, à l'île d'Anticosti, Québec, Canada. L'intervalle de confiance à 95 % est représenté à l'aide des lignes pointillées.

## 5. Discussion

Dans les régions où les grands prédateurs prospèrent, les populations d'ongulés sont souvent régulées par la prédation (Flueck 2000) et plusieurs études ont permis de mettre en évidence les relations entre l'efficacité des prédateurs à capturer une proie et les conditions environnementales (Kunkel et Pletscher 2000, Thogmartin et Schaeffer 2000, Quinn et Cresswell 2004). Là où les grands prédateurs sont peu abondants ou disparus, la chasse sportive est souvent le seul outil de gestion disponible afin de limiter la croissance des populations de cervidés et leurs effets négatifs. Nous avons utilisé une approche novatrice qui impliquait le suivi des chasseurs à des échelles spatiales et temporelles très fines (GPS, SIG). Cette dernière intégrait les caractéristiques de l'habitat où se déroulait la chasse, les conditions météorologiques, les caractéristiques individuelles du chasseur (i.e. âge, expérience à la chasse), la date et la densité locale de cerfs. Elle a permis d'identifier les variables qui déterminaient le succès des chasseurs dans un contexte de surabondance. Les résultats à l'échelle du paysage et du site concordent et indiquent que la répartition spatiale des cerfs de Virginie abattus à la chasse est principalement déterminée par la présence de voies d'accès dans des peuplements ouverts. À l'échelle des déplacements du chasseur, nous avons démontré que les chasseurs qui utilisaient les peuplements ouverts observaient

plus de proies, mais que leur succès augmentait lorsqu'ils utilisaient des sites où la densité de voies d'accès était faible. L'abondance de nourriture disponible pour le cerf influençait aussi la répartition spatiale de la récolte à grande échelle, mais à un moindre degré que la visibilité et l'accès. Nos résultats suggèrent que les chasseurs, tout comme les prédateurs, sont plus efficaces dans la capture de leurs proies sous certaines conditions. Cependant, dans un contexte de surabondance, ce sont surtout les attributs de l'habitat en termes d'accessibilité au territoire et de visibilité qui déterminent le succès de chasse, plutôt que la répartition de la nourriture, les conditions météorologiques, l'expérience du chasseur ou la date.

### **5.1 Accessibilité au territoire**

Alors que l'effort des chasseurs se concentre habituellement près des voies d'accès (Keenan et al. 2008), les prédateurs privilégient plutôt les zones où ils sont plus susceptibles de rencontrer une proie (Mao et al. 2005). Par exemple, les routes ne sont pas nécessairement requises pour les déplacements des loups et pour la capture de leurs proies (Whittington et al. 2005). Les loups utilisent les routes de façon opportuniste, c'est-à-dire qu'ils s'en servent pour augmenter leur efficacité de déplacements et de chasse (James et Stuart-Smith 2000, Trombulak et Frissel 2000, Whittington et al. 2005). À une autre échelle, une étude de Kunkel et Pletscher (2000) a montré que les sites de prédation de l'orignal par le loup se trouvaient dans des secteurs où la densité de route était faible.

Pour les chasseurs, plusieurs études ont montré que l'accessibilité au territoire, par la présence de routes et de sentiers pédestres, avait un effet significatif sur leur distribution spatiale (Johnson 1943, Lyon et Burcham 1998). En effet, dans ces études, la densité de chasseurs tendait à diminuer avec la distance à une voie d'accès. En accord avec nos résultats, Fuller (1988) a observé que l'activité des chasseurs de cerfs de Virginie se concentrait à moins de 200 m de routes carrossables ou de sentiers pédestres. En effet, parmi l'ensemble des points constituant le tracé des déplacements des chasseurs de notre étude, près de 80 % étaient situés à moins de 100 m d'une route carrossable ou d'un sentier pédestre. Les conditions de marche difficiles associées à la présence d'arbres renversés (e.g. chablis) ou à la régénération dense en épinettes blanches ont probablement découragé

les chasseurs de pénétrer profondément sur le territoire à Anticosti (voir aussi Keenan et al. 2008). Ainsi, les chasseurs ont un impact spatialement très limité sur leurs proies puisqu'ils sont limités dans leurs déplacements par la présence de chemins carrossables et de sentiers pédestres. La pression de chasse et la récolte s'effectuent sur une faible portion du territoire et cela limite la capacité des chasseurs à gérer efficacement une population de cervidés sur une grande superficie. Cette réalité est encore plus vraie en contexte de surabondance puisque les chasseurs n'ont pas besoin de parcourir de grandes distances hors sentier pour observer du gibier.

Chez les cervidés tels que le caribou (*Rangifer tarandus*), le wapiti (*Cervus elaphus*) et le cerf de Virginie, il a été montré que le risque d'être abattu par un chasseur augmentait près des chemins carrossables pendant la saison de chasse (Fuller 1990, Weber 1996, James et Stuart-Smith 2000). Selon nos résultats et des études antérieures portant sur la localisation des individus tués à la chasse et la distribution spatiale des chasseurs, les cerfs de Virginie seraient récoltés plus souvent près des routes, une conséquence directe de la distribution des chasseurs (Fuller 1988, Keenan et al. 2008). Toutefois, nos résultats révèlent que l'effet positif des voies d'accès que l'on observe à l'échelle du paysage disparaît à l'échelle du site puisque les cerfs étaient récoltés dans des endroits où la densité de routes et sentiers était plus faible que là où les chasseurs effectuaient la majorité de leurs déplacements. Ces résultats pourraient s'expliquer par un comportement d'évitement des voies d'accès par les cerfs de Virginie alors que celles-ci sont fréquemment utilisées durant la saison de chasse (Kilgo et al. 1998, Rothley 2002, Laurian et al. 2008). Une étude sur la chasse au wapiti a d'ailleurs montré qu'une densité de routes élevée dans un secteur pouvait diminuer le succès de récolte (Cooper et al. 2002). Le risque d'être abattu pour un animal augmente également sur les territoires ayant subi une perte de couvert végétal, comme dans une coupe forestière, puisque ces modifications du paysage augmentent l'accessibilité du territoire par la création d'un réseau de chemins en plus de favoriser la visibilité du gibier du point de vue du chasseur, qui peut repérer son gibier plus facilement (Weber 1996, Farmer et al. 2006, Brinkman et al. 2009). Nos résultats indiquent que la présence de peuplements ouverts offrant une bonne visibilité et accessibles aux chasseurs ont favorisé la récolte de

gibier. Dans les habitats avec une visibilité élevée du cerf du point de vue du chasseur, la récolte a pu s'effectuer à des distances plus élevées des voies d'accès.

## **5.2 Visibilité du gibier du point de vue du chasseur**

Pour le chasseur, comme pour les prédateurs, la détection de la proie est un élément déterminant du succès de récolte. Les habitats ouverts permettent par exemple aux loups de détecter plus facilement leurs proies (Creel et al. 2005). Les loups sélectionnent aussi des zones caractérisées par la présence de bordures qui procurent une bonne visibilité de la proie du point de vue du prédateur reliée à un couvert de fuite plus faible (Houle et al. 2010). Ces caractéristiques du paysage peuvent ralentir la proie et ainsi donner un avantage au prédateur (Bergman et al. 2006). Les chasseurs préfèrent aussi rechercher leurs proies dans des habitats ouverts, caractérisés par un faible couvert végétal et une visibilité élevée, où ils peuvent apercevoir leur gibier à de plus grandes distances et augmenter leur probabilité de succès (Lyon et Burcham 1998, Millspaugh et al. 2000, Brinkman et al. 2009). Parmi ces habitats, on trouve notamment les coupes forestières, les plaines humides, les plans d'eau et des portions ouvertes de forêts matures (Lyon et Burcham 1998, Farmer et al. 2006, Brinkman et al. 2009).

La récolte du gibier n'est pas le seul déterminant de la satisfaction des chasseurs (Miller Craig et Graefe 2001). Le fait d'apercevoir du gibier et d'avoir l'opportunité de récolter une bête sont également des facteurs qui contribuent fortement à leur satisfaction (Hayslette et al. 2001, Miller et Graefe 2001). Ainsi, une population à haute densité de cervidés ne garantit pas nécessairement la satisfaction des chasseurs. Dans un contexte de surabondance, où le chasseur est souvent sélectif et souhaite récolter un trophée, le nombre de cerfs vus par jour est susceptible de déterminer la perception d'un chasseur de la qualité de son séjour de chasse. Notre approche intégrative nous a permis de considérer l'ensemble des variables susceptibles d'influencer le nombre de cerfs vus par un chasseur lors d'une journée de chasse. Nos résultats ont cependant montré que seule la fréquentation d'habitats ouverts offrant une bonne visibilité avait une influence positive et significative sur le potentiel de récolte. Nos résultats concordent avec ceux de Sage Jr. et al. (1983), qui ont démontré que le taux d'observation de cerfs de Virginie augmentait en présence

d'ouvertures le long des chemins. Bien que nous n'ayons pas détecté de relation entre les conditions météorologiques et le nombre de cerfs vus en situation de surabondance, certaines études ont montré que le climat pouvait influencer la pratique de la chasse. En effet, il semble que des précipitations de pluie modérées puissent permettre aux chasseurs d'observer plus de cerfs (Curtis Jr. 1971, Curtis Jr. et al. 1972). Nos analyses montrent également que les journées pluvieuses ont semblé avoir un effet positif sur le nombre de cerfs observés, mais ce facteur n'était pas significatif. Une saison de chasse caractérisée par des journées très ensoleillées, une faible humidité et l'absence de précipitation s'est traduite par un succès de récolte moins élevé dans une étude au Maine (Fobes 1945). Enfin, contrairement à nos résultats, Holsworth (1973) a montré que l'expérience des chasseurs pouvait influencer leur succès de récolte lors d'une chasse intensive visant une diminution de la densité de cerfs de Virginie sur une île. Les chasseurs les plus expérimentés récoltaient plus de cerfs de Virginie en moins de temps, mais ne voyaient pas significativement plus de gibier. Dans notre système, nous croyons que les conditions météorologiques, l'expérience du chasseur et la date à laquelle s'est déroulée la chasse n'ont pas influencé le taux d'observation de gibier par les chasseurs à cause de la densité élevée de cerfs de Virginie.

### **5.3 Abondance de nourriture pour le cerf**

Les habitats présentant une abondance élevée de nourriture disponible aux cervidés peuvent être sélectionnés par les prédateurs naturels afin d'augmenter leurs chances de rencontrer une proie (Hebblewhite et al. 2009). Courbin et al. (2009), par exemple, ont observé que les loups sélectionnaient des paysages avec une proportion élevée de coupe en régénération qui offraient une quantité élevée de brout feuillu à l'orignal, leur principale proie (Courtois et al. 1998).

En situation de surabondance, alors même que l'habitat du cerf est profondément dégradé par le broutement, notre étude a démontré que la disponibilité de nourriture avait un effet beaucoup moindre que la visibilité et l'accessibilité au territoire sur la répartition spatiale des cerfs récoltés à la chasse. De plus, une relation inattendue a montré que l'effet de la disponibilité de nourriture était non linéaire puisque les cerfs étaient récoltés davantage

dans les sites où la nourriture disponible était faible ou bien élevée. Ceci peut s'expliquer par le fait que la sélection d'habitat par les cervidés est déterminée non seulement par l'abondance et la qualité de la nourriture, mais aussi par la qualité du couvert (Dussault et al. 2005). Ainsi, les chasseurs qui ont utilisé des milieux ouverts (e.g. tourbières) et des habitats ayant subi une perte de couvert végétal (e.g. coupes forestières), des milieux productifs en plantes de sous-étages dont s'alimentent les cervidés (Johnson et al. 1995), ont accru leur probabilité de récolte. Les chasseurs qui ont utilisé des milieux moins productifs en nourriture pour le cerf mais avec un plus grand couvert forestier (e.g. peuplements forestiers) ont aussi pu augmenter leur probabilité de récolte grâce à la qualité du couvert. Dans ces habitats, les animaux font un compromis entre l'accès à la nourriture et l'exposition aux prédateurs naturels ou aux chasseurs (Verdolin 2006). Ceci indique que le chasseur n'a pas avantage à rechercher seulement les habitats les plus productifs en nourriture pour obtenir du succès. Nos résultats ont aussi révélé une interaction entre l'abondance de nourriture pour le cerf et la visibilité du cerf du point de vue du chasseur afin d'expliquer la répartition spatiale des cerfs abattus. Les milieux très productifs en nourriture ont probablement attiré plus de cerfs et augmenté les chances de récolte, sans égard à la visibilité. Par contre, la visibilité avait une influence cruciale dans les milieux avec une disponibilité faible et intermédiaire de nourriture. Dans ces milieux moins productifs, qui attirent probablement moins de cerfs, la capacité du chasseur à apercevoir les cerfs sur de grandes distances demeure un atout essentiel afin d'augmenter la probabilité de récolte.

## **6. Implications pour la gestion des cervidés et l'aménagement des habitats**

Notre projet de recherche a permis d'obtenir une meilleure compréhension du comportement des chasseurs et d'identifier les variables qui influencent leur efficacité de récolte en contexte de surabondance de gibier. Si les gestionnaires de la faune désirent utiliser la chasse sportive pour la gestion des populations de cervidés, ils devront viser à augmenter l'efficacité des chasseurs. Ainsi, ils devront diriger les chasseurs aux bons endroits et en nombre suffisant. Nos résultats ont montré qu'en contexte de surabondance de gibier, on peut modifier les caractéristiques de l'habitat afin d'augmenter l'accessibilité

du territoire et la visibilité du gibier du point de vue du chasseur près de ces voies d'accès afin d'améliorer la récolte. Par exemple, des aménagements fauniques peuvent être effectués dans le but de maintenir ou créer des ouvertures près des routes carrossables et des sentiers pédestres pour permettre aux chasseurs d'obtenir des distances de tir d'au moins 100 m. Des ouvertures dans des peuplements en régénération peuvent être effectuées à l'aide de machinerie de type agricole (ex : tracteur muni d'un broyeur). Les travaux dans les peuplements matures peuvent être effectués à l'aide de machinerie forestière avec l'objectif de laisser une densité de tiges matures suffisante pour permettre de garder du couvert forestier pour le cerf mais à la fois augmenter la visibilité. Aussi, la création d'accès (sentier pédestre et/ou chemin carrossable) vers des habitats avec un faible couvert forestier et une haute visibilité permettrait d'accroître les déplacements des chasseurs dans ces secteurs et augmenter leur efficacité.

## Annexe A

Questionnaire distribué aux chasseurs de cerfs de Virginie dans les différentes pourvoies à l'étude pendant les saisons de chasse 2007 et 2008 à l'île d'Anticosti, Québec, Canada.

### Informations sur le chasseur

Dates du séjour : du \_\_\_\_\_ au \_\_\_\_\_

Pourvoirie : \_\_\_\_\_ Camp : \_\_\_\_\_

Catégorie d'âge : <25  25-35  35-45  45-55  55-65  >65

Depuis combien d'années pratiquez-vous la chasse au cerf de Virginie? : \_\_\_\_\_ années

Depuis combien de temps chassez-vous à l'île d'Anticosti? : 1<sup>ère</sup> année  ou \_\_\_\_\_ années

### Effort de chasse et conditions météorologiques lors de chaque journée

	Journée					
	1	2	3	4	5	
1. Heure du début de votre chasse :						
2. Heure de fin de votre chasse :						
3. Périodes non chassées au cours de la journée?	1 <sup>ère</sup> période	de :	de :	de :	de :	
		à :	à :	à :	à :	
	2 <sup>e</sup> période	de :	de :	de :	de :	
		à :	à :	à :	à :	
4. Conditions météorologiques :	Oui <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>	
	- Présence de neige au sol?	Non <input type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>	
	- Précipitation au cours de la journée?	Oui <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>
		Non <input type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>
	- Présence de forts vents?	Oui <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>
		Non <input type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>
	- Présence de gel au sol?	Oui <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>
		Non <input type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>
	- Journée chaude et ensoleillée (> +10°C)?	Oui <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>
		Non <input type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>
	5. Nombre de cerfs de Virginie vus avec possibilité de tir?					

## Annexe B

Modèles candidats *a priori* incluant les variables explicatives qui sont susceptibles d'influencer le nombre de cerfs de Virginie vus au cours d'une journée par un chasseur à l'île d'Anticosti, Québec, Canada. Ces variables sont les conditions météorologiques (couvert nuageux et température), l'expérience du chasseur (nombre d'années d'expérience à la chasse au cerf) et la date. Le nombre de paramètres estimés incluant l'ordonnée à l'origine (K), la différence entre le critère de quasi-vraisemblance QICu et le meilleur modèle ( $\Delta\text{QICu}$ ) et le poids QIC ( $\omega_i$ ) des modèles sont fournis pour chacun des modèles.

#	Modèles	K	$\Delta\text{QICu}^a$	$\omega_i^a$
1	expérience	2	68.0	0.00
<b>2</b>	<b>couvert nuageux</b>	<b>2</b>	<b>0.0</b>	<b>0.80</b>
3	température	2	337.8	0.00
4	date	2	792.1	0.00
5	expérience + couvert nuageux	3	2.8	0.20
6	expérience + température	3	347.9	0.00
7	expérience + date	3	824.4	0.00
8	couvert nuageux + température	3	287.8	0.00
9	couvert nuageux + date	3	652.4	0.00
10	température + date	3	837.4	0.00
11	expérience + couvert nuageux + température	4	297.0	0.00
12	expérience + couvert nuageux + date	4	682.7	0.00
13	expérience + température + date	4	873.6	0.00
14	couvert nuageux + température + date	4	607.4	0.00
15	expérience + couvert nuageux + température + date	5	637.7	0.00

<sup>a</sup>Le critère de quasi-vraisemblance (QICu) du meilleur modèle est de -3711.97.

## **Conclusion générale**

En résumé, cette étude a permis de mieux comprendre les limites de la chasse sportive comme outil de gestion des populations surabondantes de cervidés et d'identifier les variables qui peuvent influencer la récolte de cerfs de Virginie. Nous avons émis l'hypothèse que la récolte de cerfs serait davantage influencée par les milieux fréquentés par le chasseur, par son propre comportement et par les conditions environnementales durant la chasse, que par la disponibilité du gibier.

Nos résultats démontrent que les caractéristiques de l'environnement jouent un rôle important dans la récolte de gibier, même en contexte de surabondance. La distance d'une voie d'accès et une bonne visibilité du gibier du point de vue du chasseur sont les principales variables qui ont influencé la répartition spatiale des cerfs abattus à l'échelle du site. À l'échelle du paysage, l'abondance de nourriture disponible pour le cerf a aussi influencé la répartition spatiale de la récolte, mais à un moindre degré que la visibilité et l'accès. Afin d'obtenir l'estimation la moins biaisée possible du succès de chasse, nous avons décidé d'utiliser le nombre de cerfs vus et ayant pu être récoltés par un chasseur au cours d'une journée de chasse comme variable dépendante dans les modèles. À l'échelle du site, ce sont les chasseurs qui ont fréquenté les peuplements les plus ouverts et qui offraient une visibilité élevée qui ont obtenu le plus de chances de récolter un cerf. Enfin, nos résultats ont montré que, bien que les chasseurs utilisaient beaucoup les voies d'accès pour se déplacer, ils ont récolté leur gibier dans des endroits où la densité de voies d'accès était plus faible qu'aux endroits où ils se sont déplacés la plupart du temps.

### **1. Originalité du projet**

Ce projet de recherche a utilisé une approche originale et novatrice afin d'étudier la sélection de l'habitat par les chasseurs en établissant un parallèle entre les chasseurs et les prédateurs naturels (Eriksen et al. 2009). Les avancements technologiques des dernières années au niveau des systèmes de positionnement global (GPS) et des systèmes d'information géographique (SIG) ont permis d'en faire des outils forts utiles en écologie (Haslett 1990). Nous avons démontré comment ces outils pouvaient être utilisés pour étudier l'activité des chasseurs sportifs. L'utilisation de GPS portatifs par les chasseurs a

permis, par exemple, de recenser l'ensemble de leurs déplacements, peu importe les conditions météorologiques et les types de peuplements fréquentés, permettant d'obtenir une estimation non biaisée de l'effort de chasse dans l'espace et le temps. La localisation des sites d'abattage avec le système GPS a aussi permis d'obtenir des informations plus précises que les études se basant uniquement sur les déclarations des chasseurs. Une telle précision peut s'avérer critique lorsque le succès de chasse dépend de variables agissant à l'échelle du site telle que la visibilité du gibier du point de vue du chasseur dans notre étude. Afin de permettre de bien cibler les variables d'habitat qui influençaient le succès de chasse, il était important de considérer le maximum de variables confondantes. Dans cette optique, nous avons distribué un questionnaire aux chasseurs (Brinkman et al. 2009) afin d'obtenir des informations pertinentes sur chacun des participants. Ainsi, la méthode utilisée pour échantillonner le comportement des chasseurs a limité les biais engendrés par la subjectivité des chasseurs et nous a permis de décrire leur véritable comportement.

## **2. Parallèle chasseur-gibier vs prédateur-proie**

Nous avons effectué une revue de littérature sur l'efficacité des grands prédateurs à capturer une proie afin de nous permettre de cibler les variables indépendantes les plus pertinentes pour expliquer le succès des chasseurs. Cette approche nous a permis de constater certaines similarités mais aussi deux différences majeures entre le comportement du chasseur et des prédateurs naturels. Premièrement, l'accès au territoire pour les chasseurs est l'une des variables les plus importantes pour expliquer la répartition spatiale de la récolte sportive. Contrairement aux prédateurs naturels comme le loup, qui utilisent les voies d'accès de façon opportuniste (James et Stuart-Smith 2000, Whittington et al. 2005), les chasseurs ont un impact spatialement très limité sur leurs proies puisqu'ils sont limités dans leurs déplacements par la présence de chemins carrossables et de sentiers pédestres. La présence de terrains accidentés, de peuplements en régénération dense et de perturbations sont des exemples de facteurs qui incitent les chasseurs à restreindre leurs déplacements. Selon notre étude, l'effort de chasse s'est concentré principalement à moins de 50 m d'une voie d'accès, ce qui correspond à 8 % à 14 % du territoire disponible selon les secteurs de chasse. Ainsi, la pression de chasse et la récolte s'effectuent sur une faible portion du territoire et cela limite la capacité des chasseurs à gérer efficacement une

population de cervidés sur une grande superficie. Cette réalité est encore plus vraie en contexte de surabondance puisque les chasseurs n'ont pas besoin de parcourir de grandes distances hors sentier pour observer du gibier. Deuxièmement, il existe une différence majeure entre les prédateurs naturels et les chasseurs en ce qui concerne la sélection de leurs proies. Dans un contexte de surabondance, les chasseurs peuvent se permettre d'être plus sélectifs et ils peuvent patienter afin de récolter un mâle trophée (Andersen et al. 2007). Cette sélectivité des chasseurs envers les mâles est peu souhaitable dans un contexte de surabondance où l'on souhaite plutôt réduire le segment reproducteur de la population. Les prédateurs naturels sélectionnent plutôt les individus vulnérables, comme les individus jeunes, vieux ou faibles (Mech et Peterson 2003). Ce comportement des prédateurs naturels favorise la sélection naturelle en permettant aux individus les mieux adaptés de survivre alors que les chasseurs pourraient, à la limite, avoir un effet contraire en prélevant les meilleurs reproducteurs (Festa-Bianchet 2003). Dans les régions sans prédateur naturel, il est souhaitable d'instaurer des incitatifs pour réduire la sélectivité des chasseurs afin d'augmenter la pression de chasse sur les femelles, par exemple. Dans une telle situation, la chasse sportive est la seule méthode de gestion socialement acceptable pour diminuer les impacts engendrés par la surabondance d'herbivores (Côté et al. 2004).

### **3. Chasse sportive : différentes applications**

La surpopulation de cervidés dans plusieurs régions du monde engendrent des impacts directs au niveau des communautés végétales et indirects sur l'abondance d'autres espèces animales, via les cascades trophiques (Diamond 1992, Garrot et al. 1993, Diefenbach et al. 1997). Différentes modalités de chasse sportive peuvent être employées afin de réduire les populations d'herbivores et diminuer leurs impacts sur les écosystèmes. Par exemple, l'île d'Anticosti supporte une densité très élevée de cerfs de Virginie et on y teste différentes méthodes impliquant la chasse afin de diminuer la dégradation de l'habitat engendrée par le cerf. Un plan d'aménagement intégré des ressources, en vigueur depuis 2001, préconise de clôturer les superficies ayant fait l'objet de coupes forestières pour créer des enclos de grande dimension (Beaupré et al. 2004). Par la suite, la chasse sportive dans ces enclos est gérée de façon à y prélever le maximum de cerfs et permettre à la forêt de se régénérer naturellement. Un autre projet expérimental à l'île d'Anticosti a évalué l'efficacité d'une

chasse sportive aux cerfs sans bois sur des territoires de 20 km<sup>2</sup> entre 2002 et 2006 afin de diminuer localement le segment reproducteur de la population (Simard 2010). L'efficacité de ces deux méthodes de gestion dépend essentiellement de la capacité des chasseurs à prélever les cerfs. Les résultats de notre étude offrent des balises essentielles pour développer des aménagements de l'habitat permettant de maximiser le succès des chasseurs et ainsi améliorer les chances de succès des activités d'aménagement. À la lumière de nos résultats, il est évident qu'un aménagement efficace pour la chasse passe par la création d'un réseau de sentiers et par la création d'ouvertures afin d'améliorer l'accessibilité du territoire et la visibilité des cerfs du point de vue des chasseurs. Ces aménagements pourraient permettre de maximiser l'efficacité de la chasse sportive dans des secteurs où l'on souhaite accroître la rentabilité des aménagements (e.g. bloc de coupe clôturé, secteur de chasse aux cerfs sans bois).

#### **4. Aménagement adaptatif**

L'aménagement d'un territoire afin d'accroître l'efficacité des chasseurs peut être réalisé selon les principes de l'aménagement adaptatif. L'aménagement adaptatif est un processus structuré et rigoureux conçu pour améliorer progressivement la politique et les pratiques d'aménagement en apprenant à partir des résultats des programmes en cours (Duinker et Trevisan 2003). Ainsi, à la suite d'une intervention, il est important de faire un suivi afin d'évaluer l'efficacité des travaux effectués. Les futurs aménagements pourront être ajustés en appliquant les nouvelles connaissances acquises à la suite d'une première phase d'opération.

Dans une première étape du processus d'aménagement adaptatif sur un territoire en surabondance de cervidés, il sera important de procéder à une concertation avec les divers intervenants du milieu (compagnie forestière, dirigeants et guides de chasse des différentes pourvoiries) afin d'élaborer un plan opérationnel qui convient à tous à court terme comme à long terme. Les aménagements choisis devraient non seulement permettre d'augmenter la récolte de gibier par les chasseurs, mais aussi d'augmenter le nombre de bêtes observées et ainsi accroître les opportunités de récolte, un élément qui contribue fortement à la satisfaction des chasseurs (Hayslette et al. 2001, Miller et Graefe 2001). En second lieu, des

aménagements fauniques pourront être réalisés à l'échelle du site (e.g. création d'ouvertures et de sentiers à l'aide d'un tracteur muni d'un broyeur forestier) et à l'échelle du paysage (e.g. coupe forestière) lors de la première année du plan opérationnel. Enfin, le suivi de la récolte et du nombre de cerfs aperçus par les chasseurs dans les différents aménagements pourra être effectué dès la première saison de chasse suivant les travaux d'aménagements en collaboration avec les guides et les chasseurs. Suite aux résultats obtenus, une analyse pourra être réalisée sur l'efficacité des travaux effectués la première année. Des ajustements au niveau des travaux d'aménagement pourront être effectués lors des années suivantes.

## **5. Avenues de recherche**

Bien que cette étude ait permis une avancée notable dans la compréhension du comportement des chasseurs sportifs et des facteurs environnementaux qui déterminent leur succès, elle a aussi soulevé certaines pistes de recherche. Il serait très intéressant, par exemple, d'étudier le chevauchement entre la sélection d'habitat par les cerfs et les chasseurs durant la saison de chasse. Des cerfs de chaque sexe pourraient être munis de colliers GPS afin d'étudier leurs déplacements. Nous pourrions à nouveau munir des chasseurs de GPS portatifs et analyser les probabilités de rencontre entre le chasseur et les cerfs, en considérant l'activité des cerfs comme covariable. Grâce à ces données, les pourvoyeurs et les guides de chasse pourraient diriger les chasseurs aux bons endroits pour favoriser la récolte de cerfs et ainsi obtenir un outil de gestion plus performant par la chasse sportive. Aussi, des aménagements fauniques sont en cours depuis quelques années afin d'augmenter l'efficacité des chasseurs à l'île d'Anticosti. L'évaluation de ces aménagements, en termes de succès de chasse et de qualité des bêtes récoltées (masse, largeur du panache, etc) pourrait être effectuée à l'aide d'un dispositif expérimental impliquant la comparaison de zones témoins (secteurs sans aménagement) et de zones expérimentales (secteurs avec différents types d'aménagements effectués). L'effort de chasse (nombre de jour/chasseur) serait aussi tenu en compte dans les analyses comme covariable. Enfin, nos résultats suggèrent que les conditions météorologiques ont peu d'effet sur le potentiel de récolte d'un chasseur. Cependant, nous avons estimé les conditions météorologiques à partir de classes de température et d'indices de précipitations

fournis par les chasseurs et cet indice était par conséquent peu précis en plus d'intégrer l'ensemble des conditions météorologiques rencontrées durant la journée. Des stations météorologiques portatives dans chacun des territoires de chasse permettrait d'avoir des données quantitatives plus précises pour la température et les précipitations, ainsi que de considérer d'autres variables susceptibles d'influencer le comportement du cerf comme la pression atmosphérique et la vitesse du vent.

## Bibliographie

- Agresti, A. 1996. An introduction to categorical data analysis. John Wiley & Sons, New-York, New-York, USA.
- Allison, P. D. 2003. Logistic regression using the SAS system: theory and application. Second edition. SAS Institute Inc., Cary, North-Carolina, USA.
- Andersen, R., J. Karlsen, L. B. Austmo, J. Odden, J. D. C. Linnell, and J.-M. Gaillard. 2007. Selectivity of Eurasian lynx *Lynx lynx* and recreational hunters for age, sex and body condition in roe deer *Capreolus capreolus*. *Wildlife Biology* 13:467-474.
- Bangs, E. E., and S. H. Fritts. 1996. Reintroducing the gray wolf to central Idaho and Yellowstone National Park. *Wildlife Society Bulletin* 24:402-413.
- Beaupré, P., C. Bédard, C. Dufour, A. Gingras, C. Malenfant et F. Potvin. 2004. Plan général d'aménagement intégré des ressources du milieu forestier de l'île d'Anticosti, Ministère des ressources naturelles et de la faune, Québec, Québec, Canada.
- Bergman, E. J., R. A. Garrott, S. Creel, J. J. Borkowski, R. Jaffe, and F. G. R. Watson. 2006. Assessment of prey vulnerability through analysis of wolf movements and kill sites. *Ecological Applications* 16:273-284.
- Beyer, H. L. 2006. Hawth's analysis tool for ArcGIS. Disponible à <http://www.spatial ecology.com/htools>.
- Boyce, M. S., P. R. Vernier, S. E. Nielsen, and F. K. A. Schmiegelow. 2002. Evaluating resource selection functions. *Ecological Modelling* 157:281-300.
- Bradford, J. B., and N. T. Hobbs. 2008. Regulating overabundant ungulate populations: an example for elk in Rocky Mountain National Park, Colorado. *Journal of Environmental Management* 86:520-528.
- Brinkman T. J., T. Chapin, G. Kofinas, and D. K. Person. 2009. Linking hunter knowledge with forest change to understand changing deer harvest opportunities in intensively logged landscapes. *Ecology and Society* 14:36.
- Broseth, H., and H. C. Pedersen. 2000. Hunting effort and game vulnerability studies on a small scale: a new technique combining radio-telemetry, GPS and GIS. *Journal of Applied Ecology* 37:182-190.
- Brown, T. L., D. J. Decker, S. J. Riley, J. W. Enck, T. B. Lauber, P. D. Curtis, and G. F. Mattfeld. 2000. The future of hunting as a mechanism to control white-tailed deer populations. *Wildlife Society Bulletin* 28:797-807.

- Burnham, K. P., and D. R. Anderson. 2002. Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach. Second edition. Springer-Verlag, New-York, New-York, USA.
- Cattell, R. B. 1966. The scree test for the number of factors. *Multivariate Behavioral Research* 1:245-276.
- Cooper, A. B., J. C. Pinheiro, J. W. Unsworth, and R. Hilborn. 2002. Predicting hunter success rates from elk and hunter abundance, season structure, and habitat. *Wildlife Society Bulletin* 30:1068-1077.
- Côté, S. D., T. P. Rooney, J.-P. Tremblay, C. Dussault, and D. M. Waller. 2004. Ecological impacts of deer overabundance. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 35:113-147.
- Côté, S. D., C. Dussault, J. Huot, F. Potvin, J.-P. Tremblay, and V. Viera. 2008. High herbivore density and boreal forest ecology: white-tailed deer on Anticosti Island. Pages 154-161 in A. J. Gaston., T. E. Golumbia., J.-L. Martin., et S. T. Sharpe, editors. *Lessons from the Islands: introduced species and what they tell us about how ecosystems work. Proceedings from the Research Group on Introduced Species 2002 Symposium, Queen Charlotte City, Queen Charlotte Islands, British Columbia.* Canadian Wildlife Service, Environment Canada, Ottawa, Ontario, Canada.
- Courbin, N., D. Fortin, C. Dussault, and R. Courtois. 2009. Landscape management for woodland caribou: the protection of forest blocks influences wolf-caribou co-occurrence. *Landscape Ecology* 24:1375-1388.
- Courtois, R., J.-P. Ouellet, and B. Gagné. 1998. Characteristics of cutovers used by moose (*Alces alces*) in early winter. *Alces* 34:201-211.
- Creel, S., J. Winnie Jr., B. Maxwell, K. Hamlin, and M. Creel. 2005. Elk alter habitat selection as an antipredator response to wolves. *Ecology* 86:3387-3397.
- Crête, M. 1999. The distribution of deer biomass in North America supports the hypothesis of exploitation ecosystems. *Ecology Letters* 2:223-227.
- Crête, M., J.-P. Ouellet, and L. Lesage. 2001. Comparative effects on plants of caribou/reindeer, moose and white-tailed deer herbivory. *Arctic* 54:407-417.
- Curtis Jr., R. L. 1971. Climatic factors influencing hunter sightings of deer on the broad run research area. M.Sc. thesis, Virginia Polytechnic Institute, Virginia, USA.
- Curtis Jr., R. L., H. S. Mosby, and C. T. Cushwa. 1972. The influence of weather on hunter-deer contacts in Western Virginia. *Proceedings of Southeastern Association Game and Fish Commission* 26:282-285.

- DeNicola, A. J., S. J. Weber, C. A. Bridges, and J. L. Stokes. 1997. Nontraditional techniques for management of overabundant deer populations. *Wildlife Society Bulletin* 25:496-499.
- Diamond, J. 1992. Must we shoot deer to save nature? *Natural History* 101:2-7.
- Diefenbach, D. R., and W. L. Palmer. 1997. Deer management: marketing the science. *Wildlife Society Bulletin* 25:378-381.
- Doerr, M. L., J. B. McAninch, and E. P. Wiggers. 2001. Comparison of 4 methods to reduce white-tailed deer abundance in an urban community. *Wildlife Society Bulletin* 29:1105-1113.
- Duinker, P. N., and L. M. Trevisan. 2003. Adaptive management : progress and prospects for Canadian forests. Pages 857-892 in P. J. Burton, C. Messier, D. W. Smith, and W. Adamowicz, editors. *Towards sustainable management of the boreal forest*. NRC Press, Ottawa, Ontario, Canada.
- Dussault, C., J.-P. Ouellet, R. Courtois, J. Huot, L. Breton, and H. Jolicoeur. 2005. Linking moose habitat selection to limiting factors. *Ecography* 28:619-628.
- Environment Canada. 1982. Canadian climate normals, temperature and precipitations, 1951-1980. Quebec, Atmospheric Environment Surveys, Ottawa, Ontario, Canada.
- Environment Canada. 2006. Climate normals and averages, daily data reports of Port-Menier's station from 1995 to 2005. Ottawa, Ontario, Canada.
- Eriksen, A., P. Wabakken, B. Zimmermann, H. P. Andreassen, J. M. Arnemo, H. Gundersen, J. M. Milner, O. Liberg, J. Linnell, H. C. Pedersen, H. Sand, E. J. Solberg, and T. Storaas. 2009. Encounter frequencies between GPS-collared wolves (*Canis lupus*) and moose (*Alces alces*) in a Scandinavian wolf territory. *Ecological Research* 24:547-557.
- ESRI Inc. 2007. ArcGIS version 9.2. Environmental System Research Institute Inc. Redlands, California, USA.
- Farmer, C. J., D. K. Person, and R. T. Bowyer. 2006. Risk factors and mortality of black-tailed deer in a managed forest landscape. *Journal of Wildlife Management* 70:1403-1415.
- Festa-Bianchet, M. 2003. Exploitative wildlife management as a selective pressure for life-history evolution of large mammals. Pages 191-207 in M. Festa-Bianchet, and M. Appolonio, editors. *Animal behaviour and wildlife conservation*. Island Press, Washington, Washington, USA.

- Flueck, W. T. 2000. Population regulation in large northern herbivores: evolution, thermodynamics, and large predators. *Zeitschrift fur Jagdwissenschaft* 46:139-166.
- Fobes, C. B. 1945. Weather and the kill of white-tailed deer in Maine. *Journal of Wildlife Management* 9:76-78.
- Fuller, T. K. 1988. Hunter harvest of white-tailed deer in the Bearville study area, northcentral Minnesota. Department of Natural Resources, St-Paul, Minnesota, USA.
- Fuller, T. K. 1990. Dynamics of a declining white-tailed deer population in north-central Minnesota. *Wildlife Monographs* 110:1-37.
- Garrott, R. A., P. J. White, and C. A. Vanderbilt White. 1993. Overabundance - an issue for conservation biologists. *Conservation Biology* 7:946-949.
- Gillies, C. S., M. Hebblewhite, S. E. Nielsen, M. A. Krawchuk, C. L. Aldridge, J. L. Frair, D. J. Saher, C. E. Stevens, and C. L. Jerde. 2006. Application of random effects to the study of resource selection by animals. *Journal of Animal Ecology* 75:887-898.
- Gingras, A. 2002. Plan de gestion du cerf de Virginie 2002-2008. Direction de l'aménagement de la faune de la Côte-Nord. Société de la faune et des parcs du Québec, Québec, Québec, Canada.
- Gratson, M. W., and C. Whitman. 2000. Characteristics of Idaho elk hunters relative to road access on public lands. *Wildlife Society Bulletin* 28:1016-1022.
- Grondin, P., C. Anseau, C. Bélanger, L. Bergeron, J.-F. Bergeron, Y. Bergeron, A. Bouchard, et al. 1996. Écologie forestière. Pages 134-279 *dans* J. A. Bérard et al. éditeurs. Manuel de foresterie. Presses de l'Université Laval, Québec, Québec, Canada.
- Hardin, J. W., and J. M. Hilbe. 2003. *Generalized Estimating Equations*. Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, Florida, USA.
- Haslett, J. R. 1990. Geographic information-systems - a new approach to habitat definition and the study of distributions. *Trends in Ecology and Evolution* 5:214-218.
- Hayslette, S. E., J. B. Armstrong, and R. E. Mirarchi. 2001. Mourning dove hunting in Alabama: motivations, satisfactions, and sociocultural influences. *Human Dimensions of Wildlife* 6:81-95.
- Hebblewhite, M., E. H. Merrill, and T. L. McDonald. 2005. Spatial decomposition of predation risk using resource selection functions: an example in a wolf-elk predator-prey system. *Oikos* 111:101-111.

- Hebblewhite, M., R. H. Munro, and E. H. Merrill. 2009. Trophic consequences of postfire logging in a wolf-ungulate system. *Forest Ecology and Management* 257:1053-1062.
- Holsworth, W. N. 1973. Hunting efficiency and white-tailed deer density. *Journal of Wildlife Management* 37:336-342.
- Hosmer, D. W., and S. Lemeshow. 2000. *Applied logistic regression*. Second edition. John Wiley & Sons, New-York, New-York, USA.
- Houle, M., D. Fortin, C. Dussault, R. Courtois, and J.-P. Ouellet. 2010. Cumulative effects of forestry on habitat use by gray wolf (*Canis lupus*) in the boreal forest. *Landscape Ecology* 25:419-433.
- Hugie, D. M., and L. M. Dill. 1994. Fish and game: a game theoretic approach to habitat selection by predator and prey. *Journal of Fish Biology* 45:151-169.
- Huot, J. 1982. Body condition and food resources of white-tailed deer on Anticosti Island, Québec. Ph.D. thesis, University of Alaska, Fairbanks, USA.
- James, A. R. C., and A. K. Stuart-Smith. 2000. Distribution of caribou and wolves in relation to linear corridors. *Journal of Wildlife Management* 64:154-159.
- Johnson, A. S., P. E. Hale, W. M. Ford, J. M. Wentworth, J. R. French, O. F. Anderson, and G. B. Pullen. 1995. White-tailed deer foraging in relation to successional stage, overstory type and management of Southern Appalachian Forests. *American Midland Naturalist* 133:18-35.
- Johnson, F. W. 1943. Hunter distribution-studies and methods. *Transactions of the North American Wildlife Conference* 8:392-407.
- Kauffman, M. J., N. Varley, D. W. Smith, D. R. Stahler, D. R. MacNulty, and M. S. Boyce. 2007. Landscape heterogeneity shapes predation in a newly restored predator-prey system. *Ecology Letters* 10:690-700.
- Keenan, M. T., C. S. Rosenberry, and B. D. Wallingford. 2008. Effects of hunter activities on deer movements and harvest. National Fish and Wildlife Foundation, Quality Deer Management Association, Washington, Washington, USA.
- Kilgo, J. C., R. F. Labisky, and D. E. Fritzen. 1998. Influences of hunting on the behavior of white-tailed deer: implications for conservation of the Florida panther. *Conservation Biology* 12:1359-1364.
- Kilpatrick, H. J., S. M. Spohr, and G. G. Chasko. 1997. A controlled deer hunt on a state-owned coastal reserve in Connecticut: controversies, strategies, and results. *Wildlife Society Bulletin* 25:451-456.

- Kirkpatrick, J. F., and J. W. Turner Jr. 1985. Chemical fertility-control and wildlife management. *BioScience* 35:485-491.
- Kunkel, K. E., and D. H. Pletscher. 2000. Habitat factors affecting vulnerability of moose to predation by wolves in southeastern British Columbia. *Canadian Journal of Zoology* 78:150-157.
- Laurian, C., C. Dussault, J.-P. Ouellet, R. Courtois, M. Poulin, and L. Breton. 2008. Behavior of moose relative to a road network. *Journal of Wildlife Management* 72:1550-1557.
- Lima, S. L. 2002. Putting predators back into behavioral predator-prey interactions. *Trends in Ecology and Evolution* 17:70-75.
- Lyon, L. J., and M. G. Burcham. 1998. Tracking elk hunters with the Global Positioning System. U.S. Forest Service, Rocky Mountain Research Station Research Paper 3.
- Manly, B. F., L. L. McDonald, and D. L. Thomas. 2002. Resource selection by animals: statistical design and analysis for field studies. Second edition. Kluwer Academic Publishers, Norwell, Massachusetts, USA.
- Mao, J. S., M. S. Boyce, D. W. Smith, F. J. Singer, D. J. Vales, J. M. Vore, and E. H. Merrill. 2005. Habitat selection by elk before and after wolf reintroduction in Yellowstone National Park. *Journal of Wildlife Management* 69:1691-1707.
- Massé, A. and S. D. Côté. 2009. Habitat selection of a large herbivore at high density and without predation: trade-off between forage and cover? *Journal of Mammalogy* 90: 961-970.
- McCullough, D. R., K. W. Jennings, N. B. Gates, B. G. Elliott, and J. E. DiDonato. 1997. Overabundant deer populations in California. *Wildlife Society Bulletin* 25:478-483.
- McDonald Jr., J. E., D. E. Clark, and W. A. Woytek. 2007. Reduction and maintenance of a white-tailed deer herd in central Massachusetts. *Journal of Wildlife Management* 71:1585-1593.
- Mech, L. D., and R. O. Peterson. 2003. Wolf-prey relations. Pages 131-160 *in* L. D. Mech, et L. Boitani, editors. *Wolves : Behavior, Ecology and Conservation*. University of Chicago Press, Chicago, Chicago, USA.
- Miller C. A., and A. R. Graefe. 2001. Effect of harvest success on hunter attitudes toward white-tailed deer management in Pennsylvania. *Human Dimensions of Wildlife* 6:189-203.
- Millspaugh, J. J., G. C. Brundige, R. A. Gitzen, and K. J. Raedeke. 2000. Elk and hunter space-use sharing in South Dakota. *Journal of Wildlife Management* 64:994-1003.

- Ministère des Ressources naturelles du Québec. 2000. Norme de cartographie écoforestière, confection et mise à jour – troisième programme de connaissance de la ressource forestière. Ministère des Ressources naturelles du Québec, Direction des inventaires forestiers. Québec, Canada.
- MTF. 1974. Les grandes unités naturelles de l'île d'Anticosti. Ministère des Terres et Forêts, Québec, Québec, Canada.
- Mysterud, A., E. L. Meisingset, V. Veiberg, R. Langvatn, E. J. Solberg, L. E. Loe, and N. C. Stenseth. 2007. Monitoring population size of red deer *Cervus elaphus*: an evaluation of two types of census data from Norway. *Wildlife Biology* 13:285-298.
- O'Bryan, M. K., and D. R. McCullough. 1985. Survival of black-tailed deer following relocation in California. *Journal of Wildlife Management* 49:115-119.
- Pan, W. 2001. Akaike's information criterion in generalized estimating equations. *Biometrics* 57:120-125.
- Pettorelli, N., S. D. Côté, A. Gingras, F. Potvin, and J. Huot. 2007. Aerial surveys vs hunting statistics to monitor deer density: the example of Anticosti Island, Québec, Canada. *Wildlife Biology* 13:321-327.
- Potvin, F., L. Breton et A. Gingras. 1997. Déplacements et survie hivernale des biches d'Anticosti de 1986 à 1990 : une étude télémétrique. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats, Québec, Québec, Canada.
- Potvin, F., P. Beaupré, and G. Laprise. 2003. The eradication of balsam fir stands by white-tailed deer on Anticosti island, Québec: a 150 year process. *Écoscience* 10:487-495.
- Quinn, J. L., and W. Cresswell. 2004. Predator hunting behaviour and prey vulnerability. *Journal of Animal Ecology* 73:143-154.
- Riley, S. J., D. J. Decker, J. W. Enck, P. D. Curtis, T. B. Lauber, and T. L. Brown. 2003. Deer populations up, hunter populations down: implications of interdependence of deer and hunter population dynamics on management. *Écoscience* 10:455-461.
- Ripple, W. J., and R. L. Beschta. 2003. Wolf reintroduction, predation risk, and cottonwood recovery in Yellowstone National Park. *Forest Ecology and Management* 184:299-313.
- Rochette, B. et A. Gingras. 2007. Inventaire aérien du cerf de Virginie de l'île d'Anticosti – Été 2006. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'aménagement de la faune de la Côte-Nord, Québec, Québec, Canada.

- Rothley, K. D. 2002. Use of multiobjective optimization models to examine behavioural trade-offs of white-tailed deer habitat use in forest harvesting experiments. *Canadian Journal of Forest Research* 32:1275-1284.
- Sage Jr., R. W., W. C. Tierson, G. F. Mattfeld, and D. F. Behrend. 1983. White-tailed deer visibility and behavior along forest roads. *Journal of Wildlife Management* 47:940-953.
- SAS Institute Inc. 2002. SAS Statistical software version 9.2. SAS Institute Inc. Cary, North-Carolina, USA.
- Simard, A. 2010. Dynamique de population d'un ongulé nordique à haute densité. Les déterminants environnementaux de la démographie et des composantes biodémographiques. Ph.D. thesis. Université Laval, Québec, Canada.
- Simard, M. A., T. Coulson, A. Gingras, and S. D. Côté. *In press*. Influence of density and climate on the population dynamics of a large herbivore under harsh environmental conditions. *Journal of Wildlife Management*.
- Solberg, E. J., A. Loison, J. M. Gaillard, and M. Heim. 2004. Lasting effects of conditions at birth on moose body mass. *Ecography* 27:677-687.
- Stedman, R., D. R. Diefenbach, C. B. Swope, J. C. Finley, A. E. Luloff, H. C. Zinn, G. J. San Julian, and G. A. Wang. 2004. Integrating wildlife and human-dimensions research methods to study hunters. *Journal of Wildlife Management* 68:762-773.
- Thogmartin, W. E., and B. A. Schaeffer. 2000. Landscape attributes associated with mortality events of wild turkeys in Arkansas. *Wildlife Society Bulletin* 28:865-874.
- Tremblay, J.-P., I. Thibault, C. Dussault, J. Huot, and S. D. Côté. 2005. Long-term decline in white-tailed deer browse supply : can lichens and litterfall act as alternate food sources that preclude density-dependent feedbacks? *Canadian Journal of Zoology* 83: 1087-1096.
- Trombulak, S. C., and C. A. Frissell. 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology* 14:18-30.
- Tufto, J., R. Andersen, and J. Linnell. 1996. Habitat use and ecological correlates of home range size in a small cervid: the roe deer. *Journal of Animal Ecology* 65:715-724.
- Turner, J. W., I. K. M. Liu, and J. F. Kirkpatrick. 1992. Remotely delivered immunocontraception in captive white-tailed deer. *Journal of Wildlife Management* 56:154-157.
- Van Deelen, T. R., and D. R. Etter. 2003. Effort and the functional response of deer hunters. *Human Dimensions of Wildlife* 8:97-108.

- Verdolin, J. L. 2006. Meta-analysis of foraging and predation risk trade-offs in terrestrial systems. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 60:457-464.
- Weber, K. T. 1996. Identifying landscape elements in relation to elk kill sites in Western Montana. M. Sc. University of Montana, Montana, USA.
- Whittington, J., C. C. St. Clair, and G. Mercer. 2005. Spatial responses of wolves to roads and trails in mountain valleys. *Ecological Applications* 15:543-553.