



Étude : AENV19

**Caractérisation de la population de cerfs de Virginie de l'île
d'Anticosti et évaluation des impacts potentiels
des activités pétrolières et gazières sur celle-ci**

**Amélie Drolet M.Sc.
Christian Dussault Ph.D.
Steeve D. Côté Ph.D.**

Québec, Canada

15 mai 2015

Avertissement

Le présent document a été réalisé pour le compte du gouvernement du Québec dans le cadre des évaluations environnementales stratégiques sur les hydrocarbures. L'auteur est responsable du choix et de la présentation des faits. Les opinions exprimées dans ce document sont celles de l'auteur et n'engagent aucunement le gouvernement du Québec.

Avant-propos

Cette revue de littérature est soumise par l'Université Laval dans le cadre des travaux du comité directeur de l'Évaluation Environnementale et Stratégique sur la filière de l'exploration et de l'exploitation des hydrocarbures à l'île d'Anticosti. Ce document vise à informer le Gouvernement du Québec dans sa démarche d'utilisation durable et responsable du territoire de l'île d'Anticosti sous sa responsabilité. L'objectif est de dresser un portrait des impacts connus reliés aux activités pétrolières et gazières sur les ongulés afin de prévoir les impacts potentiels que représentent ces activités pour la population de cerf de Virginie à l'île d'Anticosti. Cet ouvrage présente une revue de la littérature pertinente et propose une analyse basée sur des observations faites dans d'autres systèmes qu'Anticosti. Puisque chaque système a ses caractéristiques propres, nous ne pouvons conclure avec certitude sur la nature des impacts à l'échelle populationnelle que pourraient avoir les activités pétrolières et gazières sur le cerf de Virginie à l'île d'Anticosti.

Ce document comporte cinq sections principales : un sommaire exécutif, une introduction, une section caractérisant le cerf de Virginie et la population sur l'Île d'Anticosti, une revue de littérature sur les impacts des perturbations anthropiques en lien avec l'exploitation d'hydrocarbures sur les ongulés et une conclusion.

Sommaire Exécutif

Il n'est pas possible de prédire avec certitude les impacts des activités pétrolières et gazières sur la population de cerfs de Virginie à l'île d'Anticosti, car aucune étude n'a évalué l'impact direct de ces activités sur le cerf de Virginie. À l'aide d'informations recueillies sur le cerf de Virginie à l'île d'Anticosti et d'une revue de littérature sur les impacts des perturbations anthropiques (dérangements causés par l'homme) sur les ongulés (dont le cerf de Virginie fait partie), il est possible de décrire les impacts potentiels des activités pétrolières sur les cerfs d'Anticosti, bien que l'on ne puisse prédire la probabilité que ces impacts se manifestent réellement.

Le cerf de Virginie

En première partie, nous décrivons l'écologie du cerf de Virginie en mettant l'accent sur la réponse de l'espèce aux perturbations anthropiques, pour identifier les périodes saisonnières critiques à la survie et pour cerner les éléments de sa biologie qui pourraient influencer sa réponse aux activités pétrolières et gazières.

Dans un premier temps, la sensibilité du cerf aux perturbations anthropiques peut être mesurée à l'aide de sa réponse comportementale. L'absence de comportement d'évitement envers certaines perturbations anthropiques telles que la présence de terres agricoles ou des développements résidentiels suggère que cette espèce peut tolérer ou s'habituer à des perturbations anthropiques à hautes densités dans son habitat. Toutefois une telle réaction positive a seulement été observée lorsque des ressources alimentaires alternatives et du couvert forestier étaient disponibles. Le cerf peut aussi tolérer ou s'habituer à des perturbations intermittentes telles que le passage de véhicules motorisés lorsque son exposition à celles-ci est fréquente. Il est à noter que le temps requis pour observer un comportement d'habituation n'a pas été évalué. D'un point de vue physiologique, trois mois d'exposition ne sont pas suffisants pour détecter une réponse d'habituation à des perturbations intermittentes provenant de véhicules motorisés. L'habituation est donc un processus qui demande du temps et qui implique des ajustements aux niveaux comportemental et physiologique afin de limiter les dépenses énergétiques de l'animal.

À l'île d'Anticosti, la population de cerfs de Virginie est en surabondance à cause de l'absence de grands prédateurs. La pression de broutement par les cerfs sur les végétaux a grandement diminué la disponibilité des ressources alimentaires hivernales. Le comportement des cerfs avant l'hiver est régi par la quête alimentaire puisqu'il est vital pour eux d'accumuler suffisamment de réserves corporelles afin de survivre à l'hiver. Lorsque les hivers sont rigoureux, on observe des taux de mortalité par inanition qui peuvent atteindre près de 40%. L'hiver est donc une période critique pour la

population, mais l'été également puisqu'il correspond au moment où les animaux reconstruisent leurs réserves énergétiques. La saison de rut à l'automne est aussi une période critique pour les mâles. Ceux-ci augmentent leur taux de mouvement pour trouver des femelles, tout en réduisant leur prise alimentaire, ce qui se traduit par une réduction de leur condition corporelle. La faible abondance de ressources hivernales engendre le catabolisme des réserves corporelles chez les femelles gestantes qui doivent répondre aux besoins de croissance du fœtus. Ainsi, une augmentation des pertes énergétiques avant ou pendant l'hiver peuvent avoir des impacts importants sur la survie des cerfs pendant cette saison précaire.

L'impact des perturbations anthropiques sur les ongulés

L'exploration et l'exploitation d'hydrocarbures nécessitent beaucoup de personnel, de machinerie, de véhicules et d'espace. Les sources de dérangement sont donc variées de par leur nature et leur intensité. Les différentes sources de perturbations anthropiques ont été considérées séparément, puis dans l'ensemble, afin d'évaluer leurs impacts potentiels et l'ampleur de ceux-ci sur les ongulés. Les trois catégories considérées étaient la présence humaine, les perturbations intermittentes (e.g. véhicules) et les perturbations cumulatives des activités pétrolières et gazières.

La présence humaine peut susciter une augmentation du taux de mouvement et une augmentation de la vigilance. Elle peut être plus dérangeante que les bruits de véhicules mais aucune étude ne rapporte son importance dans le cadre d'un projet d'exploitation d'hydrocarbures. Son effet semble négligeable si les travailleurs concentrent leur activité sur le site de forage.

Les études faites sur les perturbations intermittentes et les perturbations cumulatives rapportent tous des impacts négatifs sur les ongulés. Les deux impacts principaux sont l'augmentation du taux de mouvement et l'évitement des infrastructures humaines (perte indirecte d'habitat). D'autres impacts recensés sont une augmentation du taux de mortalité par collisions et une diminution de la survie des faons. Il peut aussi y avoir des réponses physiologiques comme une augmentation de la fréquence cardiaque ou une augmentation du stress. Ces réponses peuvent toutes entraîner des dépenses énergétiques supplémentaires chez les animaux perturbés et réduire le taux de survie.

L'ampleur des impacts qu'auraient les activités pétrolières et gazières dépend de plusieurs facteurs. La densité des perturbations anthropiques dans le paysage et le volume de trafic détermineront l'augmentation du taux de mouvement et l'ampleur des zones d'évitement par les ongulés. La saison pendant laquelle les travaux ont lieu affectera les réponses comportementales et physiologiques. Plusieurs études constatent aussi que les individus les plus sensibles d'une population sont les femelles accompagnées d'un faon.

Finalement, la tolérance des ongulés et leur capacité à s'habituer aux dérangements pourront aussi moduler les impacts.

Conclusion

En combinant l'information connue sur le cerf de Virginie à l'île d'Anticosti et l'information connue sur les effets des perturbations anthropiques sur les ongulés, nous estimons que l'exploitation d'hydrocarbures pourrait avoir un impact négatif sur la population de cerfs à l'île d'Anticosti.

La faible abondance de ressources hivernales induit un stress élevé sur la population de cerfs à l'hiver et au début du printemps, avant la fonte des neiges. L'introduction de perturbations anthropiques nouvelles pourrait engendrer un ou plusieurs des impacts mentionnés ci-haut et augmenter par conséquent les dépenses énergétiques et diminuer davantage la survie des individus d'une population qui est naturellement affaiblie par la rareté des ressources alimentaires hivernales.

À la lumière de l'information présentée, quelques suggestions peuvent être émises afin de réduire l'ampleur des impacts potentiels si les activités d'exploitation avaient lieu. D'abord, minimiser les activités pétrolières et gazières pendant l'hiver et jusqu'au début de la croissance des végétaux au printemps permettrait de limiter les dépenses énergétiques des cerfs qui sont en très mauvaise condition à cette période de l'année. Cette mesure permettrait possiblement de réduire la probabilité de mortalité. Afin de réduire l'exposition des femelles et des jeunes faons aux dérangements, il serait aussi recommandé de réduire toutes les activités pendant la mise bas au printemps et en début d'été. Finalement pour réduire les risques de collisions, il serait souhaitable de limiter le volume de trafic pendant les principales périodes d'activité du cerf; soit à l'aube et au crépuscule.

En dernier lieu, des mesures d'atténuation potentielles devraient être déterminées dans l'éventualité où des travaux de forage iraient de l'avant. Ces mesures devraient viser à diminuer les impacts de la construction et de l'exploitation des forages en prenant en compte les variations de vulnérabilité du cerf au cours de son cycle vital.

Table des matières

Avant-propos.....	ii
Sommaire Exécutif.....	iii
Le cerf de Virginie	iii
L’impact des perturbations anthropiques sur les ongulés	iv
Conclusion.....	v
Liste des Figures	vii
Définitions.....	vii
1- Introduction.....	1
2- Le cerf de Virginie.....	2
2.1- Description et répartition de l’espèce au Québec	2
2.2- Sensibilité du cerf de Virginie aux perturbations anthropiques.....	3
2.3- Biologie de l’espèce.....	4
2.3.1- Reproduction sur le continent et à l’île d’Anticosti.....	4
2.3.2- Périodes critiques influençant la survie	5
2.3.3- État et tendance de la population à l’île d’Anticosti	5
2.3.4- Habitat.....	6
2.3.5- Alimentation à l’île d’Anticosti	6
2.3.6- Sélection d’habitat à l’été et à l’hiver à l’île d’Anticosti.....	6
3- Les dérangements liés aux activités pétrolière et gazière	7
4- Synthèse des impacts potentiels chez les ongulés	8
4.1- Méthode	8
4.2- Sommaire de la revue de littérature	9
4.3- Résultats.....	10
4.3.1- Les bruits de forage à l’île d’Anticosti	10
4.3.2- Perturbations liées à la présence humaine	10
4.3.3- Perturbations intermittentes	12
4.3.4- Perturbations cumulées autour des d’activités pétrolières ou gazières.....	17
5- Discussion	20
Bibliographie.....	24

Liste des Figures

Figure 1 : Répartition du cerf de Virginie (*O. virginianus borealis*) au Québec. Carte adaptée du MRNF 2009

Figure 2 : Densité de cerfs à l'île d'Anticosti entre 1990 et 2006 selon les inventaires aériens réalisés

Figure 3 : Phylogénie des espèces de la famille des ongulés (Artiodactyla) inclus dans cette revue de littérature. Adapté de Fernández et Vrba 2005.

Figure 4 : A) Type d'étude B) Espèces fauniques et C) Répartition géographique des articles inclus dans la revue de littérature

Définitions

Collier GPS : Collier électronique posé sur un animal afin d'obtenir sa localisation. La localisation est obtenue à l'aide d'un « Global Positioning System » installé sur le collier. Ces colliers permettent d'obtenir un très grand nombre de localisations à une fréquence régulière prédéterminée.

Collier VHF (ou émetteurs): Similaire au collier GPS, ils permettent aussi d'obtenir la localisation de l'animal. Toutefois, la technologie « Very High Frequency » exige un effort d'échantillonnage beaucoup plus élevé et un repérage manuel. Par conséquent, un nombre beaucoup plus faible de localisations est obtenu.

Habituation : Réduction progressive au cours du temps d'une réponse comportementale ou physiologique à un stimulus qui est perçu comme étant ni aversif ou bénéfique (Bejder et al. 2009).

Individu ou site expérimental : Terme utilisé dans le cadre d'une étude ayant un design « expérimental ». L'individu ou le site expérimental subi un traitement quelconque.

Individu ou site témoin : Individus ou sites ne recevant pas de traitement et qui permettent la comparaison avec les individus ou sites ayant reçu un traitement (expérimental).

Sélection d'habitat : Modèle théorique en écologie qui suppose qu'un animal utilisant un habitat au-dessus ou en-dessous de sa disponibilité dans le paysage le sélectionne ou l'évite, respectivement (Manly 2002).

Tolérance : L'intensité d'un dérangement qu'un individu tolère sans qu'il réagisse d'une manière définie (Bejder et al. 2009).

1- Introduction

Située à l'embouchure du fleuve Saint-Laurent, l'île d'Anticosti (49° 28' N, 63° 00' O) occupe une superficie de 7 943 km² et abrite une population de cerfs de Virginie (*Odocoileus virginianus*) isolée de celles du continent depuis plus de 110 ans. En 1896, plus de 200 cerfs ont été introduits à l'île d'Anticosti. En absence d'un grand prédateur, les cerfs se sont rapidement multipliés si bien que l'île supporte aujourd'hui une population surabondante (>20 cerfs/km²) depuis plusieurs décennies (Rochette and Gingras 2007). Le cerf est rapidement devenu l'emblème d'Anticosti où il représente maintenant une ressource importante ayant des retombées économiques directes s'élevant à 10 M\$ annuellement pour les résidents et les pourvoyeurs de l'île (MFFP 2014). Cette ressource est tellement importante que le gouvernement du Québec attribue à ce territoire une « vocation faunique », ce qui implique, par exemple, que la coupe forestière est permise sous condition que tout soit mis en œuvre pour régénérer l'habitat du cerf (Bérubé et al. 2004). Toutefois, une nouvelle source de revenus se dresse à l'horizon pour l'île d'Anticosti.

En 2013, le potentiel en hydrocarbures du shale de Macasty se trouvant sous l'île d'Anticosti a été évalué à un maximum de 45 milliards de barils de pétrole (Lavoie et al. 2013). Puis en 2014, le gouvernement du Québec a conclu un accord stratégique de partenariat avec les différentes compagnies pétrolières possédant des permis de recherche. Le pétrole de shale pourrait devenir une ressource d'ampleur pour l'île d'Anticosti. Par contre, ce gisement potentiel de pétrole serait de type non conventionnel (c.-à-d., réservoirs où le gaz ou le pétrole est réparti également à travers le substrat) et son exploitation introduirait de nouvelles sources de dérangements d'envergure dans l'habitat du cerf. L'objectif de cette revue de littérature est de dresser un portrait des impacts potentiels que l'exploration et l'exploitation d'hydrocarbures pourrait avoir sur le cerf de Virginie à l'île d'Anticosti. Pour ce faire, nous débutons le document avec une description de l'écologie du cerf de Virginie et faisons ensuite une revue de la littérature sur les impacts des perturbations anthropiques sur les grands ongulés. La synthèse de ces deux sources d'informations permettra de dresser la liste des impacts potentiels de l'exploration et l'exploitation d'hydrocarbures à partir des meilleures connaissances disponibles.

2- Le cerf de Virginie

2.1- Description et répartition de l'espèce au Québec

Le cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) est le plus petit des cervidés au Québec. Bien que plusieurs sous-espèces existent en Amérique du Nord, on en retrouve qu'une seule au Québec; *O. virginianus borealis* (Figure 1) (MRNF 2009, Hewitt 2011). Comme chez la majorité des cervidés, seuls les mâles portent des bois à l'automne (Smith 1991). Le cerf possède de longues pattes fines munies de sabots étroits et pointus (MFFP 2013). La masse moyenne des mâles est de 90 à 135 kg alors que les femelles, plus petites, pèsent environ 20 à 40% de moins (Smith 1991). À l'île d'Anticosti, les cerfs sont en moyenne plus petits que ceux du continent. Selon les données de Simard et al. (2008), la masse moyenne des mâles adultes à l'automne se situerait entre 78 et 90 kg alors que les femelles adultes auraient une masse d'environ 50 kg.

La vision du cerf a évolué de manière à maximiser son champ de vision afin de mieux percevoir les prédateurs (D'Angelo et al. 2008). Il possède un champ de vision de 310° et, selon plusieurs études, distingue la majorité des couleurs (VerCauteren et Pipas 2003, D'Angelo et al. 2008, Hewitt 2011). Une membrane au fond de la rétine appelée *tapetum lucidum* lui permet d'avoir une bonne vision nocturne (D'Angelo et al. 2008). L'ouïe du cerf est aussi un sens essentiel à la détection des prédateurs. Son ouïe est particulièrement sensible aux fréquences entre 4 et 8 kHz, et peut percevoir des fréquences allant de 0,25 à 30 kHz (D'Angelo et al. 2007). Finalement, l'odorat est le troisième sens essentiel pour faciliter la détection des prédateurs, en plus d'aider à la localisation des ressources alimentaires (Hewitt 2011). Toutefois, peu de recherches ont été effectuées pour déterminer l'acuité de ce sens.

Limité au nord de sa distribution par les conditions rigoureuses de l'hiver et par une saison de croissance végétale plus courte, on retrouve le cerf de Virginie en Abitibi-Témiscamingue, dans le sud du Saguenay-Lac-St-Jean et dans les régions au sud de celles-ci (Figure 1) (MRNF 2009). Après son introduction à l'île d'Anticosti, le cerf s'est dispersé si bien qu'on le retrouve partout sur l'île depuis plusieurs décennies (Potvin et al. 2000). La superficie moyenne de son domaine vital est relativement petite, soit 42 ha en été et 30 ha en hiver (Massé et Côté 2009, Massé et Côté 2012a).

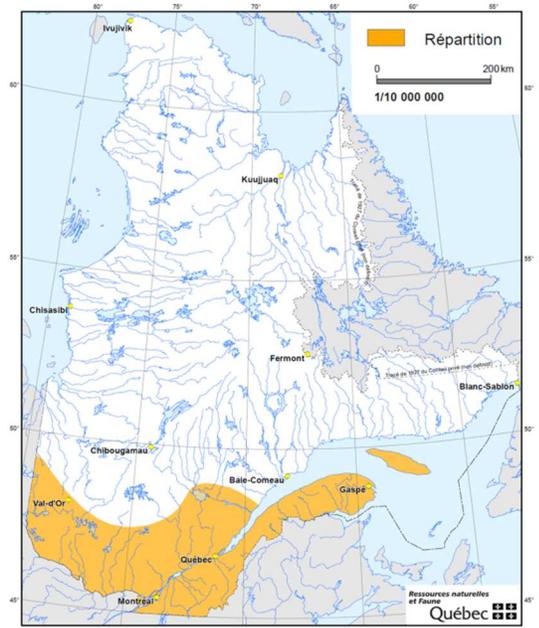


Figure 1 : Répartition du cerf de Virginie (*O. virginianus borealis*) au Québec. Carte adaptée du MRNF 2009

2.2- Sensibilité du cerf de Virginie aux perturbations anthropiques

Les perturbations anthropiques peuvent être très variées de par leur nature, leur magnitude et leur fréquence dans le paysage. La répartition spatiale du cerf en Amérique du Nord l'expose à une variété de perturbations différentes. Plusieurs études ont mesuré les réactions des ongulés, dont le cerf, aux perturbations anthropiques afin d'évaluer leur sensibilité face à celles-ci.

D'abord, la sensibilité du cerf à la perte ou la modification d'habitat peut dépendre de la qualité et de la quantité d'habitats modifiés au sein de son domaine vital. Par exemple, bien que la conversion de forêts en terrains agricoles puisse se traduire par une perte d'habitat majeure, certaines cultures offrent de nouvelles ressources alimentaires favorisant l'habituation ou la tolérance du cerf à cette perte d'habitat (Nixon et al. 1991, VerCauteren et Hygnstrom 1998). De manière similaire, la présence de ressources alimentaires telles que les mangeoires d'oiseaux et les plantes horticoles dans les milieux urbains et périurbains, offre parfois des lieux d'approvisionnement significatifs lorsque l'abondance des ressources est faible pendant l'hiver (Kilpatrick et Spohr 2000, Etter et al. 2002, Storm et al. 2007). Ces ressources alternatives peuvent diminuer le risque de mortalité par inanition en hiver, et ainsi permettre à un nombre plus élevé de femelles de mettre bas au printemps. De plus, les grands prédateurs évitent généralement la présence humaine. Ces raisons expliquent pourquoi certaines populations de cerfs deviennent surabondantes dans les paysages fortement anthropisés (Warren 1997).

À l'île d'Anticosti, la perturbation anthropique la plus répandue est la coupe forestière. Tout comme dans les milieux agricoles et résidentiels, le cerf tire profit des coupes forestières en broutant la régénération végétale dans les parterres de coupe (Côté et al. 2008).

La sensibilité du cerf aux changements dans son habitat dépend aussi du couvert forestier disponible pour la protection contre les chasseurs et les prédateurs et pour la mise bas (Nixon et al. 1991, VerCauteren et Hygnstrom 1998, Kilpatrick et Spohr 2000). Ainsi, la sensibilité du cerf aux perturbations anthropiques est modulée par l'accessibilité aux ressources alimentaires et par la proportion de couvert forestier dans son habitat.

Un second type de perturbations souvent rencontré par le cerf sont les dérangements intermittents. De manière générale, les réactions comportementales des cerfs autour des autoroutes et des pistes de motoneige suggèrent qu'ils peuvent s'habituer ou tolérer les bruits provenant des véhicules motorisés lorsque leur exposition à ces perturbations est grande (Dorrance et al. 1975, Eckstein et al. 1979, Waring et al. 1991, Forman et Deblinger 2000). Toutefois, Dorrance et al. (1975) ont observé que les

individus ayant peu d'exposition aux bruits des motoneiges augmentaient leurs déplacements ou évitaient les pistes de motoneige.

Les cerfs peuvent aussi avoir des réactions comportementales similaires à celles engendrées par des bruits intermittents lorsqu'ils sont soumis à la présence humaine. Hood et Inglis (1974) ont observé que les cerfs avaient des comportements de fuite en réponse aux perturbations intermittentes des éleveurs de bétails qui rassemblaient leurs troupeaux.

Il est possible de mesurer la sensibilité du cerf aux perturbations intermittentes par leurs réactions physiologiques. Moen et al. (1982) ont observé que le rythme cardiaque des cerfs en captivité augmentait jusqu'à 2.5 fois comparativement au rythme moyen lorsqu'il y avait passage d'une motoneige et ce, sans qu'il y ait d'habituation au cours de l'étude (3 mois). Ces différentes études suggèrent que le cerf peut développer un comportement de tolérance variable aux perturbations intermittentes sans toutefois s'y habituer physiologiquement.

2.3- Biologie de l'espèce

2.3.1- Reproduction sur le continent et à l'île d'Anticosti

À l'automne, le rut est la période pendant laquelle les cerfs adoptent un ensemble de comportements permettant la reproduction (Smith 1991). Pendant cette période, les femelles entrent en œstrus (chaleur) et chaque mâle tente de s'accoupler avec le plus grand nombre de femelles possible (Ozoga et Verme 1985, Smith 1991). Les dépenses énergétiques des mâles sont plus élevées pendant cette période car ils adoptent des comportements afin d'établir leur dominance auprès des autres mâles, augmentent leur taux de déplacement pour trouver un nombre maximal de femelles et réduisent leur prise alimentaire quotidienne (Hirth 1977, Ozoga et Verme 1985, Ditchkoff et al. 2001). Suite à l'accouplement, les femelles sont gestantes pour une durée moyenne de 200 jours (Verme 1969). Durant la gestation, les femelles ayant un régime alimentaire de faible qualité et des besoins métaboliques élevés cataboliseront leurs os, leurs réserves de gras et leur masse musculaire afin de subvenir aux besoins énergétiques de la croissance du fœtus (Huot 1982, Smith 1991). Les femelles mettront bas d'un à trois faons vers la fin du printemps afin de coïncider avec la période de l'année où les ressources alimentaires sont abondantes et de bonne qualité (Ozoga et al. 1982, Smith 1991). La production de lait est coûteuse d'un point de vue énergétique, et elle souvent limitée par la condition corporelle de la femelle. Ainsi, une femelle ayant une mauvaise condition corporelle produira moins de lait que celle ayant une meilleure condition corporelle (Hewitt 2011).

Sur Anticosti, les femelles donnent généralement naissance à un seul faon par année ($1,07 \pm 0,02$) (Simard et al. 2008). Le facteur principal influençant la reproduction

chez les femelles de 2 à 9 ans à l'île d'Anticosti est la densité de population au moment de l'œstrus. La reproduction chez les jeunes femelles est aussi influencée par les conditions automnales qui limitent la disponibilité et l'accessibilité des ressources (densité de population et enneigement) (Simard et al. 2010).

2.3.2- Périodes critiques influençant la survie

Certaines périodes de l'année sont critiques pour la survie du cerf de Virginie. Pour les mâles, le rut est une période critique pendant laquelle le risque de blessure et les dépenses énergétiques liées aux déplacements augmentent significativement (Gavin et al. 1984). Chez les femelles, l'augmentation des demandes énergétiques pendant la gestation en hiver et la mise bas/lactation au printemps peuvent réduire la survie (Gavin et al. 1984, Pekins et al. 1998). De plus, les dépenses énergétiques des mâles et des femelles pendant ces périodes sont exacerbées par les coûts liés au déplacement dans la neige lorsque l'enfoncement est grand, par les coûts reliés à la thermorégulation et principalement par la faible abondance de ressources alimentaires (Potvin et al. 1997, Jensen et al. 1999). Pour ces raisons, on peut observer jusqu'à 40% de mortalité par inanition chez les individus ne possédant pas suffisamment de réserves corporelles lors des hivers rigoureux à l'île d'Anticosti (Potvin et al. 1997, Dumont et al. 1998, Taillon et al. 2006). La condition corporelle des cerfs au printemps est donc en général très faible. Ainsi, l'acquisition de ressources alimentaires pendant la période estivale est primordial afin qu'ils puissent accumuler suffisamment de réserves corporelles pour survivre au prochain hiver, ce qui fait également de l'été une période critique.

2.3.3- État et tendance de la population à l'île d'Anticosti

À la fin des années 1980, le premier estimé fiable suggérait que la taille de la population se situait autour de 120 000 individus (>15 cerfs/km²) (Potvin et al. 1991). Toutefois, le dernier inventaire réalisé en 2006 a évalué la population à environ 166 000 cerfs (20 cerfs/km²), ce qui représente une augmentation comparativement à l'inventaire réalisé à la fin des années 1980 (Rochette et Gingras 2007). Cette augmentation suggère que la population continue à se maintenir à de fortes densités et est très résiliente face aux événements de mortalité qui surviennent lors d'hiver rigoureux (Figure 2).

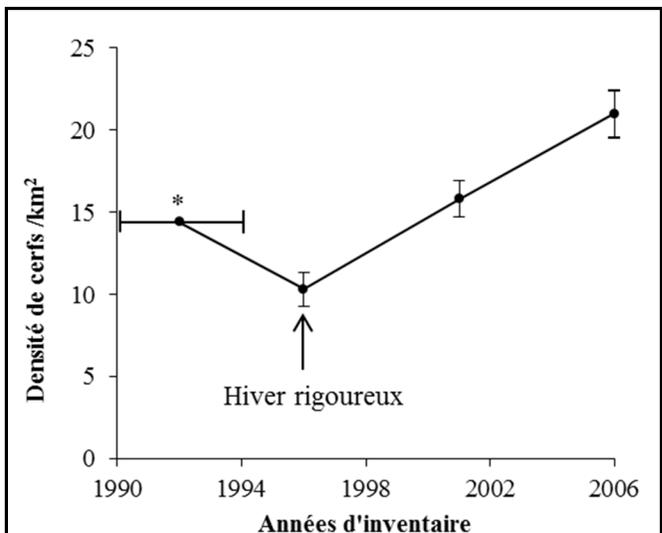


Figure 2 : Densité de cerfs à l'île d'Anticosti entre 1990 et 2006 selon les inventaires aériens réalisés
 * : Moyenne de densité provenant des inventaires réalisés de 1990 à 1994, aucune erreur n'a pu être calculée à partir de ces données.

2.3.4- Habitat

Depuis son introduction à l'île d'Anticosti, le cerf a grandement modifié la composition des espèces végétales (Côté et al. 2008). À l'origine, les forêts boréales d'Anticosti étaient dominées par des peuplements de sapin baumier (*Abies balsamea*), d'épinette blanche (*Picea glauca*) et d'épinette noire (*P. mariana*) ainsi que par de nombreuses essences ligneuses décidues (Potvin et al. 2000). Au fil des années, le broutement intensif des cerfs a favorisé la conversion des peuplements de sapin baumier en peuplements d'épinette blanche, et il a causé l'éradication de la presque totalité des espèces ligneuses décidues (Potvin et al. 2000, Potvin et al. 2003). De plus, la composition et la structure de la strate arbustive et de la strate d'herbacées ont aussi été grandement modifiées par le broutement (Potvin et al. 2000, Potvin et al. 2003, Côté et al. 2008). Outre le broutement par le cerf, des opérations forestières à l'île ont aussi modifié l'habitat en laissant de nombreux secteurs en régénération d'âges variés (Potvin et al. 2000). Les tourbières sont aussi un habitat important couvrant de grandes superficies, environ 25% de l'île (Lavoie et Fillion 2001). Ainsi, l'habitat du cerf est une mosaïque composée de forêts, de coupes en régénération et de tourbières.

2.3.5- Alimentation à l'île d'Anticosti

Le régime alimentaire du cerf a été fortement influencé au fil du temps par les modifications du milieu liées à l'intensité du broutement par les cerfs surabondants. Au printemps, à l'été et à l'automne, le régime alimentaire est composé majoritairement d'herbacées, de graminées, de sapins baumier disponibles au sol et de jeunes pousses de conifères (mélèze et épinette) (Huot 1982). La qualité des ressources consommées en hiver est significativement plus faible. Durant l'hiver, les cerfs consomment majoritairement du sapin baumier (70%), de l'épinette blanche (20%) et des lichens (10%) lorsque la neige empêche l'accès aux ressources de meilleure qualité se trouvant au sol (Tremblay et al. 2005, Lefort et al. 2007).

2.3.6- Sélection d'habitat à l'été et à l'hiver à l'île d'Anticosti

La taille de la population de cerfs est limitée par la quantité et la qualité des ressources hivernales (Potvin et al. 2003). Par contre, la sélection d'habitat des cerfs en été est aussi fortement influencée par l'acquisition de ressources alimentaires qui lui permettent de refaire ses réserves corporelles afin de survivre à l'hiver. À l'échelle du paysage pendant l'été, le cerf sélectionne des milieux avec des tourbières pour établir son domaine vital (Massé et Côté 2012b). À plus fine échelle, les cerfs sélectionnent les endroits ayant un fort pourcentage de recouvrement d'herbacées et d'arbustes décidus alors qu'ils évitent les endroits ayant une forte densité de tiges de conifères (Massé et Côté 2009). Les ouvertures d'origine anthropique dans la canopée en milieu forestier sont aussi des endroits sélectionnés (Massé et Côté 2012b). La sélection à ces deux échelles

spatiales s'explique par la présence d'herbacées et d'arbustes décidus dans les milieux sélectionnés et la plus faible abondance de ressources disponibles dans les peuplements de conifères.

À l'hiver, la sélection d'habitat est influencée par plusieurs facteurs. À large échelle, l'évitement des milieux ouverts augmente avec l'enfoncement dans la neige et les cerfs semblent utiliser davantage les peuplements dominés par des conifères plutôt que les peuplement mixtes, probablement pour réduire les coûts énergétiques liés à l'enfoncement (Dumont et al. 1998, Massé et Côté 2012a). À plus fine échelle, les cerfs sélectionnent les peuplements composés de sapin baumier, leur ressource alimentaire principale durant l'hiver.

3- Les dérangements liés aux activités pétrolière et gazière

L'exploitation des hydrocarbures contenus dans des formations telles que le shale de Macasty nécessite de nombreuses étapes et opérations qui introduisent des perturbations anthropiques dans le paysage.

Les étapes principales sont les suivantes (Bloomfield 2012):

1. Identification et préparation du site de forage
2. Design, forage vertical et horizontal, tubage et cimentation des puits
3. Fracturation hydraulique
4. Finition du puits
5. Production du puits

La première étape implique l'abattage d'arbres pour la construction du site de forage et d'une route d'accès, si nécessaire. Cette étape dure typiquement 4 semaines pour un site de forage (Bloomfield 2012). Les dérangements principaux sont les bruits émis par les génératrices et les véhicules en mouvement. L'étape la plus bruyante est la phase de fracturation qui requiert un très haut volume de trafic et de nombreuses génératrices. À partir de la deuxième étape, les travaux sont constants et se déroulent 24 heures par jour tous les jours et ce, jusqu'à l'étape de production du puits. Il est à noter que la présence humaine sur le site est aussi une forme potentielle de dérangement de la première à la dernière étape. De plus, les sites de forage ayant plus d'un puits sont significativement plus bruyants que les sites en ayant qu'un seul. Il est estimé que le bruit total pour un site de forage à 10 puits nécessite l'équivalent de 800 à 2500 jours de travaux bruyant de la première étape à la fin de la dernière (Bloomfield 2012). C'est donc cet amalgame de perturbations intermittentes causé par les humains, les véhicules et les bruits émis par des chantiers de développement d'hydrocarbures qui peuvent avoir des impacts quantifiable sur la faune (Francis et al. 2011, Blickey et al. 2012).

Selon le Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec, le scénario le plus intensif d'exploitation impliquerait la construction de 712 sites de forage (installation de plates-formes) dans le centre sud de l'île. Un maximum de 16 nouveaux sites serait ajouté par année sur une période de 50 ans, et un maximum de 385 plateformes serait en production à un même moment. De plus, la majorité des sites auraient 10 puits et la superficie d'un site de forage serait de 14 400 m² (120 m × 120 m).

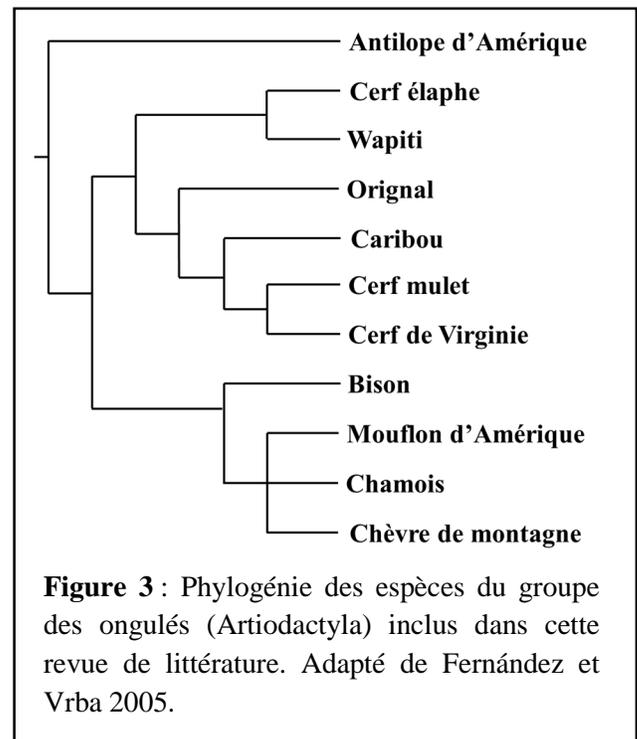
4- Synthèse des impacts potentiels chez les ongulés

4.1- Méthode

Afin de répondre à l'objectif de cette revue de littérature, une sélection minutieuse d'articles était de mise. Puisqu'aucune étude n'a évalué l'impact des activités pétrolières et gazières sur le cerf de Virginie, le champ de recherche a été élargi pour inclure des espèces appartenant au même groupe que celui-ci, les ongulés (Figure 3) (Fernández et Vrba 2005).

Ensuite les articles devaient examiner la réponse d'au moins une perturbation anthropique sur l'animal. Cette perturbation devait produire des stimuli similaires à ceux que la population de cerfs sur Anticosti pourrait rencontrer si les activités pétrolières et gazières avaient lieu. Pour cette raison, les études portant sur le développement de projets éoliens ainsi que les effets des hélicoptères, des avions et des mines à ciel ouvert n'ont pas été incluses dans cette revue de littérature parce que les stimuli et les perturbations ont été jugés trop différents de ceux émis par des activités de forage pour des hydrocarbures. Tous les articles traitant de développement énergétique pour des hydrocarbures nécessitant du forage ont été inclus.

Finalement, les perturbations anthropiques reliées aux activités pétrolières et gazières peuvent être décomposées en trois grandes catégories: la présence humaine, les dérangements intermittents (camions, autos, etc.) et les perturbations cumulées autour des d'activités pétrolières ou gazières. Les articles isolant l'une ou plusieurs de ces perturbations ont donc été inclus. Seule la perte d'habitat n'a pas été examinée séparément puisqu'il est souvent difficile de distinguer ses effets de ceux des activités qui ont nécessité la destruction/modification de cet habitat.



4.2- Sommaire de la revue de littérature

Dans le cadre de cette synthèse, 32 articles ont été inclus dont 34% ont utilisé un design expérimental (Figure 4A). En écologie, l'utilisation d'expériences présente plusieurs avantages par rapport aux études observationnelles. Les expériences avec répétitions temporelles (avant vs. pendant vs. après la perturbation) ou spatiales (zone expérimentale avec perturbation vs. zone témoin sans perturbation) permettent de déduire des relations de causalité parce que les interactions entre les variations dans le temps (avant, pendant, après) ou dans l'espace peuvent être prises en compte afin de bien isoler les effets d'un traitement (e.g. bruit d'une route, perte d'habitat etc.) (Hurlbert 1984, Oksanen 2001). Les conclusions provenant de ces études sont donc plus robustes lorsque l'expérience est bien réalisée. Les études observationnelles, plus communes, peuvent aussi être très informatives, surtout lorsque la taille de l'échantillon est grande. Nous avons donc noté la taille d'échantillon et l'utilisation d'un design expérimental afin de donner un indice de la qualité des études consultées.

Le cerf de Virginie (*O. virginianus*) était l'espèce visée dans seulement trois études (9%) inclus dans cette synthèse (Figure 4B) alors que son proche cousin le cerf mullet (*O. hemionus*) faisait l'objet de 16% des études. L'espèce la plus fréquente (34%) dans cette revue de littérature est le caribou (*Rangifer tarandus*). Sa situation précaire à l'échelle mondiale explique l'abondance d'études sur cette espèce (Vors et Boyce 2009).

Les études se sont principalement déroulées au Wyoming, en Alberta et ailleurs dans le Nord-Ouest de l'Amérique du Nord, soit des régions où l'exploitation pétrolière ou gazière est très répandue (58 %). Seulement 19 % des études ont été réalisées au Québec.

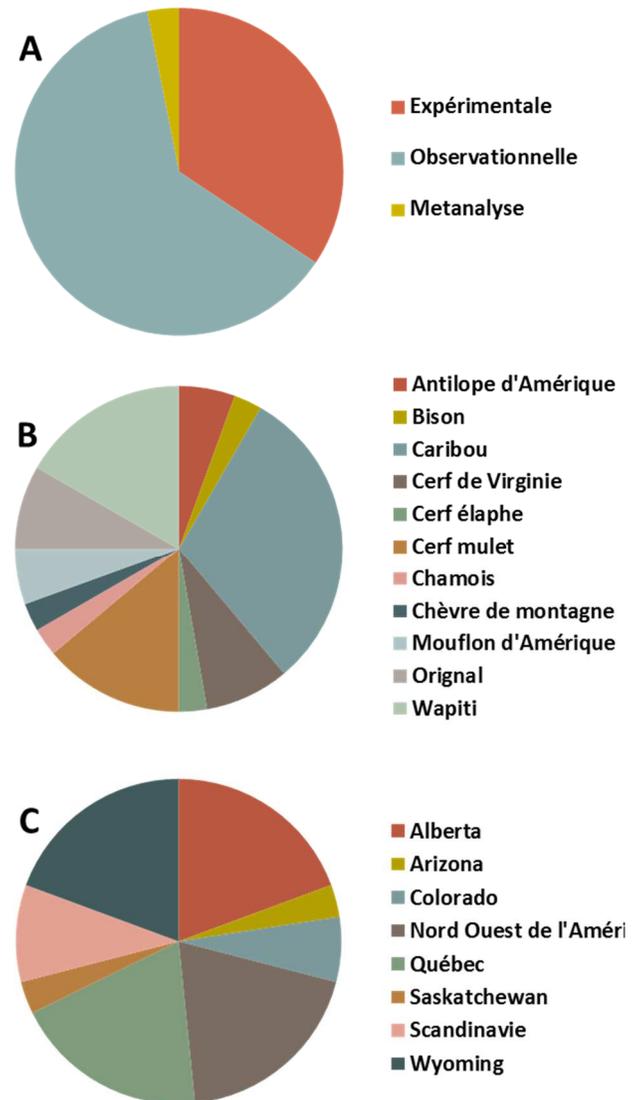


Figure 4 : A) Type d'étude B) Espèces fauniques et C) Répartition géographique des articles inclus dans la revue de littérature

4.3- Résultats

Une seule étude a examinée l'impact de l'activité pétrolière sur les cerfs de Virginie à l'île d'Anticosti. Celle-ci est présentée séparément au début de la section qui suit. Ensuite, les résultats sont présentés par type de perturbation et par espèce puis résumés dans l'annexe 1. Lorsqu'une étude présentait des impacts similaires pour plus d'une espèce, ou pour plusieurs types de perturbation analysées conjointement (ex : piétons et bruit intermittent), les résultats ont été présentés dans une seule section afin d'éviter la redondance. Un résumé des impacts associés à chaque type de perturbation débute chacune des sections.

4.3.1- Les bruits de forage à l'île d'Anticosti

Afin d'évaluer l'effet potentiel d'une des nombreuses perturbations provenant d'activités pétrolières sur les cerfs de Virginie, Drolet et al. (2015) ont simulé des bruits de forage à l'île d'Anticosti. Les bruits utilisés avaient été préalablement enregistrés autour d'un site de forage et provenaient principalement des génératrices situées sur le site. Les bruits étaient constants et réguliers. Pour évaluer l'impact des bruits de forage, l'enregistrement a été joué pendant trois semaines à l'aide de haut-parleurs et des colliers GPS ont été posés sur des cerfs, ce qui permettait d'obtenir leurs localisations à toutes les heures avant, pendant et après la simulation sonore. Trois cerfs ont été exposés aux bruits et trois cerfs ont servi de témoins. Les résultats suggèrent que le taux de mouvement et la superficie du domaine vital ne semblent pas être affectés par les bruits de forage. Toutefois, malgré la petite taille de l'échantillon, les bruits constants des génératrices de foreuses créent une zone d'évitement lorsque l'amplitude sonore est de plus de 70 dB(C) et ce, malgré la régularité et la constance des bruits. Cette perte d'habitat indirecte s'est produite jusqu'à 200 m de la source de bruit. Les perturbations cumulées des activités pétrolières et gazières ont donc le potentiel d'avoir un impact sur le cerf de Virginie à l'île d'Anticosti et des recherches futures sont nécessaires pour mieux comprendre l'ampleur de ces impacts.

4.3.2- Perturbations liées à la présence humaine

Résumé

Les ongulés peuvent être sensibles à la présence humaine dans des milieux forestiers. Des dérangements tels que ceux produits par des chasseurs et des randonneurs en forêt peuvent augmenter le taux de mouvement ou la taille du domaine vital. Des randonneurs peuvent être plus dérangeants pour des ongulés que de hauts volumes de trafic. De plus, les individus les plus sensibles d'une population à ce type de dérangement semblent être les femelles accompagnées d'un faon puisque des dérangements trop fréquents peuvent réduire la survie des faons. Dans le cadre d'une méta-analyse

exhaustive regroupant un grand nombre d'espèces d'ongulés, Stankowich (2008) arrivait au même constat; les humains se déplaçant à pied évoquent des réactions plus forte que des véhicules et les femelles accompagnées de faons sont les unités d'une population les plus sensibles. En plus d'une augmentation du taux de mouvement, il note que les comportements les plus souvent observés sont une augmentation de la vigilance et du nombre d'évènements de fuite.

Le cerf élaphe (*Cervus elaphus*)

Le comportement des cerfs élaphe face à des dérangements humains pendant la saison touristique et la saison de chasse a été évalué dans une étude de Jeppesen (1987) au Danemark. Treize colliers émetteurs ont été posés sur des femelles. La population dans l'aire d'étude subissait une forte pression de chasse pendant la moitié de l'année. Les chasseurs étaient une source de dérangement significative. Jeppesen a trouvé que le taux de mouvement et la taille du domaine vital des cerfs, pendant la saison de chasse et pendant la saison touristique, étaient plus élevés. Toutefois, cette étude est de nature très qualitative et est limitée par le manque de tests statistiques appropriés et de puissance statistique.

L'antilope d'Amérique (*Antilocapra americana*)

Brown et al. (2012) ont examiné l'impact que pouvait avoir les piétons et le passage de véhicules le long d'une route sur le comportement des antilopes d'Amérique et des cerfs muets à l'intérieur d'un parc au Wyoming. Ils ont fait des observations comportementales à la fois sur les troupeaux aperçus et sur des individus choisis à l'intérieur de chaque troupeau. Ces observations s'effectuaient le long de la route du parc, à des endroits déterminés aléatoirement à l'avance. Au total, 161 observations ont été effectuées sur des troupeaux et 113 sur des individus. Pendant ces observations, ils ont noté le passage de >3300 autos s'étant arrêtées, >3000 autos ayant passé sans s'arrêter et >1100 piétons. Contrairement à leur prédiction, plus le trafic augmentait moins les ongulés réagissaient. De plus, les piétons suscitaient la plus grande réaction en réponse au dérangement. Les auteurs ont aussi observé que les femelles avec un faon réagissaient plus que les mâles et les femelles sans faons.

Le caribou (*Rangifer tarandus*)

Dans la région de Charlevoix, Québec, Duchesne et al. (2000), se sont intéressés à l'impact des randonneurs en raquette ou en ski de fond sur le caribou dans le cadre d'une étude expérimentale. Ils ont noté le comportement des caribous avant, pendant et après la présence des randonneurs. Ils ont effectué un total de 11 visites sur une période d'environ 10 semaines de janvier à mars. Ils ont noté que les caribous passaient plus de temps debout et en état de vigilance lorsque des randonneurs étaient présents. Ce changement de

comportement diminuait le temps que les caribous consacraient à l'alimentation et au repos. Par contre, cet effet était moins prononcé vers la fin de l'étude ce qui suggère que le caribou pourrait s'habituer légèrement au dérangement.

Le wapiti (*Cervus canadensis*)

La période suivant la mise bas est un moment critique pendant lequel les jeunes faons sont vulnérables et doivent obtenir suffisamment d'énergie afin de croître et d'accumuler des réserves avant l'hiver. Phillips et Alldredge (2000) au Colorado se sont intéressés à l'effet que pouvait avoir le dérangement associé à la présence humaine sur le succès reproducteur pendant la période de mise bas. Dans cette expérience, ils ont noté le succès reproducteur de deux troupes pendant 3 ans. À la première année, aucun troupeau n'a été dérangé alors qu'à la deuxième et troisième année, un des 2 troupes a subi le dérangement d'un humain à pied s'avançant en direction d'une femelle et son faon. Presque 1100 dérangements ont été effectués sur le troupeau expérimental pendant la mise bas aux années 2 et 3. Les dérangements avaient pour effet de diminuer le ratio faons/femelle de 0.225 comparativement aux sites sans dérangement, ce qui indique que le taux de mortalité des faons était plus élevé dans le troupeau dérangé. Phillips et Alldredge (2000) concluaient que si le dérangement montait au-dessus de 10 dérangements/femelle, la population était susceptible de décliner.

Le chamois (*Rupicapra rupicapra*)

Dans une étude expérimentale similaire à celle de Duchesne et al (2000), Gander et Ingold (1997) ont évalué la réponse de chamois mâles (en Suisse) aux dérangements provenant de différents types d'activité de plein air (randonneurs, coureurs et cyclistes). Ils ont effectué un total de 32 dérangements et ont noté le comportement avant, pendant et après le dérangement ainsi que la distance de fuite des chamois. En moyenne, les chamois fuyaient les dérangements à une distance de 103 m et réagissaient légèrement plus aux coureurs et cyclistes qu'aux randonneurs à certains moments de la journée. De plus, les chamois réduisaient leur utilisation des habitats près des sentiers après les dérangements.

4.3.3- Perturbations intermittentes

Résumé

Les perturbations intermittentes peuvent avoir des impacts sur la survie, la physiologie et le comportement des ongulés. D'abord, les véhicules motorisés peuvent causer directement la mort de certains individus lors de collisions. Plus spécifiquement chez le cerf de Virginie, les risques de collision sont à leur maximum pendant le mois de novembre durant le rut. Sans affecter directement la survie, les bruits intermittents de

fortes amplitudes peuvent aussi affecter la physiologie des ongulés en augmentant leur fréquence cardiaque pendant de courtes périodes ou en augmentant leur niveau de stress. De nombreuses études ont mis en évidence que les routes et les chemins forestiers, ainsi que les véhicules qui les utilisent, pouvaient modifier le comportement des ongulés de différentes façons. Ces changements incluent une augmentation du taux de mouvement autour des routes et des chemins, un évitement en bordure de ces structures linéaires, une augmentation de la taille du domaine vital ou une augmentation de la vigilance. Les facteurs pouvant influencer l'ampleur des réactions observées étaient : la proximité aux sources de dérangement, l'intensité du trafic, la densité des routes/chemins, la saison (les impacts étant plus prononcé l'hiver que l'été) et la présence d'un faon avec une femelle.

Le cerf de Virginie

Dans le cadre d'une méta-analyse sur les probabilités de collision entre les cervidés et des véhicules routiers, Steiner et al. (2014) ont observé que la majorité des collisions se produisent à l'aube (5 h à 7 h) et au crépuscule (18 h et 23 h). De plus, ils ont aussi trouvé que le cerf de Virginie augmentait son taux de mouvement en novembre, ce qui avait pour résultat d'augmenter significativement le nombre d'accidents entre un cerf et un véhicule. Ce taux de mouvement élevé coïncide avec la période de rut et la période de chasse.

Le cerf mulet (*Odocoileus hemionus*)

Afin de mieux comprendre les réponses physiologiques et comportementales des ongulés aux perturbations intermittentes, Weisenberger et al. (1996) ont simulé des bruits de fortes amplitudes près de cerfs mulets et de mouflons d'Amérique en captivité. Les sons étaient des bruits d'avions préenregistrés. Ces enregistrements étaient émis à des amplitudes sonores entre 92 et 112 dB. Les animaux étaient soumis aux bruits d'une à sept fois par jour pendant 9 blocs de 4 semaines. À l'aide de sondes, la fréquence cardiaque était enregistrée et le comportement des animaux était noté. Les résultats obtenus montrent que le rythme cardiaque des animaux augmentait pendant la simulation mais redescendait à l'intérieur de 60 à 180 secondes après. Le comportement était aussi modifié par les bruits mais le cerf retournait à ses activités normales en moins de 250 secondes. De plus, il n'y avait aucun signe évident d'habituation entre les différentes périodes d'étude.

Le mouflon d'Amérique (*Ovis canadensis*)

MacArthur et al. (1979) se sont aussi intéressés aux modulations de la fréquence cardiaque d'un ongulé, le mouflon en Alberta, en réponse à différents types de perturbations tels que le trafic et la présence humaine dans un contexte naturel. Pour ce faire, ils ont muni 3 femelles avec des sondes permettant d'enregistrer la fréquence

cardiaque pendant une durée de 3 et 4 semaines lors d'observations visuelles faites par les auteurs. De manière générale, le rapprochement du mouflon à la route provoquait une augmentation du rythme cardiaque mais la fréquence cardiaque augmentait en réponse au trafic seulement lorsque la source était à moins de 200 m. Ils ont aussi constaté que 78% des fréquences cardiaques maximales se produisaient alors que l'animal était immobile et attentif au dérangement. De plus, la présence humaine durant une à 10 minutes avait pour résultats d'augmenter la fréquence cardiaque de 20%. Toutefois, il est important de souligner le faible nombre d'individus et la courte durée du suivi, sont deux limites importantes de cette étude.

La chèvre de montagne (*Oreamnos americanus*)

St-Louis et al. (2013) ont examiné l'effet des véhicules tout-terrain sur le comportement des chèvres de montagne en Alberta. Sur une période de trois ans, des données observationnelles sur les chèvres, sur les conditions environnementales et sur les dérangements ont été notées. Au total 201 réactions comportementales ont été documentées en réponse à des véhicules tout-terrain. Les chèvres avaient une réaction modérée ou forte 44% du temps et la vitesse et l'angle d'approche des véhicules étaient les deux variables qui avaient le plus gros effet sur la réponse des chèvres. Les conditions environnementales et la taille du groupe ne semblaient pas avoir d'effet sur les réactions des chèvres face aux dérangements.

Le caribou

Dans une étude expérimentale, Bradshaw et al. (1997) ont évalué l'effet de bruits intermittents sur le comportement et le taux de mouvement des caribous plutôt que sur la fréquence cardiaque. À l'aide de 25 individus portant un collier émetteur, ils ont simulé, avec un canon à propane, des bruits émis lors de l'exploration pétrolière. Les sons émis étaient d'une amplitude entre 90 et 110 dB à 2 m du canon. Ils ont ensuite comparé le taux de mouvement entre les individus témoins et expérimentaux ainsi que les mouvements avant et après. Ils ont observé que les caribous expérimentaux avaient un taux de mouvement plus élevé que les témoins. De plus, les individus dérangés changeaient plus souvent d'habitat. Toutefois, les auteurs notent que les perturbations ne semblaient pas affecter le temps qu'ils passaient à s'alimenter.

Plusieurs études sur le caribou se sont aussi intéressées à des perturbations intermittentes déjà existantes dans le paysage. Au Yukon et en Colombie-Britannique, Polfus et al. (2011) cherchaient à déterminer la zone d'influence de certaines structures humaines sur le caribou en été et en hiver. Des colliers GPS ont été posés sur 10 individus. Les chalets et les camps de chasse étaient évités à 0,5 km l'été, alors que les routes à trafic élevé étaient évitées à 2 km à l'été et à l'hiver. De plus, les routes à faible trafic étaient évitées à 1 km en hiver alors qu'elles étaient évitées à 0,5 km en été.

Lors de la modification d'une autoroute au Québec, Leblond et al. (2012) ont aussi constaté que le caribou évitait les dérangements intermittents. Les modifications de la route 175 ont servi d'expérience afin d'estimer les impacts des travaux sur les caribous de la région. Avant le commencement des travaux, 53 colliers GPS ont été posés sur des caribous. Les résultats de Leblond et al. (2012) suggèrent que la proportion d'individus qui évitaient la route augmentait avec la progression des travaux de réfection. Ils ont aussi constaté que le taux de mouvement des caribous était plus élevé autour de l'autoroute lorsqu'il y avait une densité de trafic élevé et qu'il y avait une plus faible proportion de localisations dans la zone située à 5000 m de l'autoroute. Cette faible proportion de localisations suggère un évitement par les caribous. Dans une seconde étude observationnelle, Leblond et al. (2013) ont évalué l'effet des chemins asphaltés et forestiers sur 87 caribous portant des colliers VHF ou GPS. Parmi les résultats observés, ils notaient que la taille du domaine vital augmentait avec la densité des routes dans leur domaine vital.

Le bison (*Bison bison*)

Chez le bison d'Amérique le comportement de fuite face à des dérangements intermittents liés au passage d'humains, de motoneiges et de camions a été examiné dans le cadre d'une étude observationnelle. Fortin et Andruskiw (2003) ont noté le comportement de troupeaux de bison lorsqu'approchés par l'une des trois sources de perturbation. À l'été, les bisons fuyaient plus souvent les camions qu'un randonneur et la même tendance s'observait l'hiver entre une motoneige et un randonneur. Ils ont aussi noté que les gros troupeaux ou les troupeaux ayant des femelles accompagnées de veaux avaient une plus grande probabilité de fuite que les petits troupeaux ou les troupeaux sans veaux.

L'orignal (*Alces alces*)

L'effet des autoroutes sur le comportement des orignaux a été évalué dans deux études observationnelles réalisées au Québec. Un total de 47 colliers GPS ont été posés sur des orignaux et ceux-ci ont été suivis sur une période variant de 2 à 36 mois. D'abord, Dussault et al. (2007) ont montré que le taux de mouvement des orignaux était en moyenne 3 fois plus élevé au moment de la traversée de l'autoroute, qu'avant ou après la traversée, indiquant que l'habitat en bordure de l'autoroute était perçu de moindre qualité. Puis dans la deuxième étude, Laurian et al. (2012) ont considéré non seulement les routes pavées mais aussi les chemins forestiers afin de déterminer leurs effets combinés sur la sélection d'habitat de l'orignal. Ils ont observé qu'il y avait un évitement de 100 à 250 m des autoroutes et des chemins forestiers, mais la distance de l'évitement n'était pas proportionnelle à l'intensité des dérangements sonores.

Dans une étude similaire à celle de Dussault et al. (2007), Neumann et al. (2013) ont évalué l'effet des routes, des maisons et des lignes électriques sur une population d'orignaux soumises à de fortes pressions de chasse en Suède. Cent-trente-huit (138) orignaux ont été munis de colliers GPS sur une période de 5 ans. Ils ont trouvé que les orignaux avaient un taux de mouvement plus élevé autour des routes dans une zone de 0 à 125 m, mais aucune relation n'a été observée entre le taux de mouvement et la présence d'habitations ou de lignes électriques.

Le wapiti

Le niveau de stress est une réponse physiologique pouvant être très informative quant aux impacts des perturbations anthropiques. Dans le parc de Yellowstone au Wyoming, Creel et al. (2002) ont récolté des échantillons fécaux afin d'évaluer la réponse des wapitis aux dérangements intermittents des motoneiges à l'hiver et des véhicules motorisés au printemps. En suivant des individus portant des colliers GPS, Creel et al. (2002) ont récolté 125 échantillons fécaux frais pour analyser la quantité d'hormones de stress (glucocorticoïdes) sécrétée par les animaux. Ensuite, ils ont mis en liens cet indice de stress avec le nombre quotidien de véhicules circulant dans le parc. Ils ont observé une augmentation significative du stress lorsque le nombre de motoneiges par jour dépassait 300. La même relation n'a pas été observée avec les véhicules motorisés. Les auteurs soulignent que l'arrivée des véhicules motorisés dans le parc coïncide avec la fonte de la neige, une meilleure accessibilité aux ressources alimentaires et une redistribution naturelle des wapitis plus loin des chemins. Ces facteurs confondants pourraient expliquer l'absence de relation entre le nombre de véhicules motorisés et le niveau de stress chez les wapitis.

Dans une étude regroupant à la fois le cerf de Virginie, le cerf mulot, le wapiti, et le mouflon d'Amérique, Pelletier (2006) a examiné la réaction comportementale de ces cervidés et du mouflon face au trafic dans un parc provincial de l'Alberta. Basé sur 78 inventaires routiers, réalisés sur deux ans, Pelletier (2006) a montré qu'il y avait significativement moins de groupes de cervidés pendant la fin de semaine près des routes (21 véhicules/heure, du vendredi au dimanche) comparativement à la semaine quand le volume de trafic était beaucoup plus léger (3 véhicules/heure). Toutefois, aucune différence significative n'a été détectée pour le mouflon d'Amérique qui semblait présent au bord de la route tant la semaine que la fin de la semaine.

Finalement, Ciuti et al. (2012) ont étudié la vigilance du wapiti en fonction de la présence humaine, du trafic routier et du type de territoire (privé, public ou parc). Ils ont effectué des observations sur la vigilance des individus dans les troupeaux et ont récolté, à l'aide de compteurs et de caméras infrarouges, des estimés de trafic et de présences humaines (randonneurs, chasseurs etc.) sur les différents territoires. Au final, ils ont

obtenus 424 observations sur des troupeaux et 870 sur des individus dans le troupeau. Leurs résultats montrent que la proximité aux routes, le volume de trafic et le type de territoire prédisait mieux la vigilance chez le wapiti qu'aucune autre variable. Le passage de ≥ 12 véhicules par jour augmentait la vigilance et entraînait une perte de temps passé à s'alimenter. De plus, les plus hauts niveaux de vigilance ont été détectés sur les terres publiques là où la chasse et les véhicules motorisés sont autorisés.

4.3.4- Perturbations cumulées autour des d'activités pétrolières ou gazières

Résumé

Les perturbations émises pour l'exploration et l'exploitation des hydrocarbures sont de natures variées et d'intensités fluctuantes. Presque toutes les études rapportent des effets négatifs de cette gamme de dérangements sur les ongulés. L'impact le plus fréquemment rapporté est l'évitement d'habitats de bonne qualité autour des sites de forage et des routes. On réfère à ce type d'évitement en utilisant l'expression « perte d'habitat indirect » puisque l'habitat n'est pas détruit, mais sa qualité est réduite par des stimuli externes tels que le bruit. Les facteurs influençant l'évitement sont la densité des perturbations (route et ou puits) dans le paysage, le volume de trafic et la saison (la mise bas et l'hiver sont plus critiques). Une fois de plus, plusieurs études démontrent la plus grande sensibilité des femelles et de leurs jeunes aux perturbations en lien avec ces dérangements. Une augmentation du taux de mouvement est aussi rapportée près des structures anthropiques. À court terme (3 ans), l'habitation n'a pas été détectée chez le cerf mulet, mais à long terme (27 ans) le caribou a semblé s'habituer aux perturbations anthropiques. La seule variable ne semblant pas être affectée par les perturbations est le temps dédié à la vigilance auditive.

L'antilope d'Amérique

L'effet du développement d'un chantier gazier sur l'antilope d'Amérique a été étudié au Wyoming pendant une période de 5 ans (Beckmann et al. 2012). Cette étude de type observationnelle a débuté alors que la construction du chantier était déjà entamée. L'objectif était de déterminer comment les conditions hivernales et la perte d'habitat modulaient la sélection d'habitat de l'antilope d'Amérique. Pour réaliser cette étude, 117 colliers GPS ont été déployés sur des femelles réparties sur deux aires d'étude de 800 et 120 km². À la fin de l'étude en 2009, de 3% à 14% de la surface des deux sites était affectée par de la perte d'habitat direct (construction de sites de forage et routes). À l'aide de modèles mathématiques, Beckmann et al. (2012) ont observé que les parcelles d'habitat qui, à l'origine, étaient fortement utilisées par les antilopes, étaient 5 fois moins abondantes. Cette diminution se traduit par une perte des habitats de meilleure qualité pour l'antilope. De plus, ils ont observé que les parcelles contenant le plus de perturbations anthropiques avaient été abandonnées. Toutefois les auteurs notent que

l'épaisseur de neige autour des sites de forages, variable d'une année à l'autre, peut avoir influencé la distance des antilopes aux puits.

Le cerf mulet

Avant la construction d'un chantier gazier au Wyoming, Sawyer et al. (2006) ont posé des colliers émetteurs sur 45 femelles adultes et ont récolté des données sur une période de 2 ans afin d'estimer l'impact du futur développement sur l'aire d'hivernage des cerfs. Des colliers GPS ont été déployés par la suite sur un nombre variable de femelles (7 à 15) pendant les trois premières années du développement du chantier gazier. L'aire d'étude avait une superficie d'environ 150 km² et contenait à la fin de la troisième année environ 80 sites de forage (0,5 puits/km²). Leurs résultats montrent que la probabilité d'utilisation des habitats était plus faible en bordure des infrastructures gazières que loin de celles-ci. De plus, selon leurs modèles, l'évitement augmentait avec le temps et résultait en une perte d'habitat indirect de 2,7 à 3,7 km des infrastructures et ce sans qu'il n'y ait d'habituation. Suite à cette étude, Sawyer et al. (2009) ont examiné l'effet du trafic et des différents types de puits sur les réactions comportementales des cerfs. Ils ont posé plusieurs colliers GPS supplémentaires pour suivre les mouvements de 31 femelles au total. Ils ont trouvé que tous les types de dérangement étaient évités par les cerfs et que les sites de forage ayant les plus hauts volumes de trafic étaient les plus fortement évités.

Par ailleurs, la vigilance auditive est un comportement qui a très peu été étudié à cause de la difficulté à le mesurer. Toutefois, à l'aide de colliers spécialisés posés sur 10 femelles, Lynch et al. (2015) ont pu enregistrer les bruits produits par les cerfs ainsi que ceux qui les entouraient (véhicules etc). Les bruits des cerfs incluaient ceux de la mastication, de la régurgitation et de l'avalement. Ensuite, ils ont identifié des périodes de vigilance auditive qui correspondaient aux pauses que prenaient les cerfs pendant la mastication. Dans le cadre de cette étude, Lynch et al. (2015) voulaient déterminer si les perturbations auditives, générées par un chantier gazier actif au Colorado, avaient un effet sur la vigilance auditive des cerfs mulets. Contrairement à leur prédiction, les cerfs avaient une vigilance accrue lorsqu'ils étaient plus loin des sites de forage que lorsqu'ils en étaient près. De plus, des facteurs tels que la distance à une route, à un puits actif ou à un site de forage n'ont pas influencé la vigilance auditive des cerfs.

Le wapiti

Van Dyke et Klein (1996) ont eu l'opportunité d'examiner l'impact d'un seul puits pétrolier sur le wapiti au Montana. En utilisant un design expérimental, ils ont comparé l'utilisation de l'habitat de 10 femelles avant, pendant et après la construction du puits et ont complété leur jeu de données avec des inventaires aériens. La position du puits se trouvait dans une zone fortement utilisée par les wapitis à l'automne, à l'hiver et

au printemps. Pour diminuer les impacts potentiels sur le wapiti, les travaux de forage ont seulement eu lieu à l'été et ont été rallongés de 30 jours à la fin du deuxième été. Les résultats de Van Dyke et Klein (1996) suggèrent qu'il n'y avait pas d'effet significatif du forage sur l'utilisation de l'habitat au cours des saisons. Toutefois, cette étude comporte une limitation majeure dû au fait que les wapitis n'utilisaient pas souvent l'habitat autour du puits au moment où les travaux ont eu lieu. Par conséquent, les résultats de cette étude doivent être interprétés avec prudence.

Dans une étude similaire à celle sur l'antilope d'Amérique et le cerf mulet, Buchanan et al. (2014) ont utilisé un design expérimental pour étudier l'impact que pouvait avoir le développement d'un chantier gazier sur la sélection d'habitat à l'été et à l'hiver du wapiti. Le site d'étude avait une superficie de 498 km² et comptait à la fin de l'étude 700 puits et un total de 542 km de routes. Buchanan et al. (2014) ont comparé l'utilisation de l'habitat par les wapitis avant et pendant le développement du chantier. Ils ont posé 17 colliers émetteurs sur des individus avant les travaux et 55 colliers GPS pendant les travaux. En réponse aux dérangements et à la perte d'habitat direct, le wapiti évitait les endroits perturbés et augmentait sa distance aux routes. En été et en hiver, cet évitement se traduisait par une grande perte d'habitat indirecte des régions prédites de forte utilisation par le wapiti, soit de 43,1% et 50,2% respectivement.

Le caribou

De nombreuses études ont examiné l'effet du développement énergétique sur les caribous. Dans une étude expérimentale, Cameron et al. (1992) se sont intéressés aux impacts que peuvent avoir la construction d'une grande route et de nombreux puits de forage sur l'aire de mise bas du caribou en comparant leur distribution avant et pendant les travaux. À l'aide d'inventaires aériens, ils ont dénombré les caribous le long de plusieurs trajets prédéterminés autour et centrés sur le site. La densité moyenne de caribous (1,41 caribous/km²) diminuait à 0,31 caribous/km² à moins de 1 km de la route, mais augmentait à 4,53 caribous/km² entre 5 et 6 km de la route. Par la suite en 2005, Cameron et al. (2005) ont poursuivi leur recherche dans la même région et ont trouvé que l'abondance des caribous était plus faible à 4 km des routes et diminuait exponentiellement avec la densité des routes. Les femelles étaient aussi moins abondantes autour des dérangements que dans les autres régions le long de la côte de l'Alaska.

Nellemann et Cameron (1998) ont examiné l'effet du développement d'un chantier pétrolier, situé dans l'aire de mise bas du caribou, sur leur utilisation de l'espace à l'aide d'inventaires aériens. Deux pourcent (2 %) de l'aire de mise bas a été modifiée et 75% des modifications étaient liées à la construction d'un réseau routier et d'un pipeline (Jorgenson et Joyce 1994). Les auteurs ont observé que la densité de caribous dans les endroits préférés diminuait exponentiellement avec l'augmentation de

la densité de routes. Ils ont calculé que la densité de caribou diminuait de 63% lorsque la densité de routes était située entre 0-0,3 km/km² et que la densité de caribou diminuait à 86 % lorsque la densité de routes était entre 0,6-0,9 km/km². De plus, les femelles avec des faons semblaient plus sensibles que les mâles.

À un autre site d'étude au nord de l'Alberta, Dyer et al. (2001) ont posé 36 colliers GPS pour évaluer l'effet des routes, des puits pétroliers et des lignes sismiques sur le mouvement et la distribution des caribous sur une période de 12 mois. Tout comme Carmeron et al. (1992 et 2005), ils ont aussi observé un évitement des infrastructures par les caribous. En extrapolant les distances d'évitement (1000 m pour un puits et 250 m pour une route ou une ligne sismique), ils considèrent que 22 à 48 % de l'aire d'étude était sous-utilisée par les caribous. Ces effets étaient plus prononcés pendant l'hiver et la mise bas.

Murphy et Curatolo (1987) ont vérifié l'effet combiné d'un pipeline, d'une route et du trafic sur le caribou en utilisant deux sites expérimentaux et deux sites témoins. En utilisant des inventaires visuels sur les sites, ils ont observé que les caribous à 600 m ou moins du trafic étaient beaucoup plus actifs que les caribous sur les sites témoins (sans dérangements). Les caribous dérangés passaient plus de temps à courir, avaient un taux de mouvement plus élevé et étaient moins souvent couchés.

En dernier lieu, Johnson et Russell (2014) voulaient savoir si les caribous pouvaient s'habituer à long terme aux perturbations anthropiques dans leurs aires d'hivernage en Alaska, au Yukon et aux Territoires du Nord-Ouest. Les perturbations incluaient des villages, le réseau routier, des pipelines et des sites et des puits de forage inactifs. Basé sur des données de colliers satellitaires récoltées sur 27 ans, ils ont détecté que la zone d'influence des perturbations humaines diminuait avec le temps. Toutefois les auteurs soulignent que la zone d'influence restait grande en comparaison avec d'autres troupeaux.

5- Discussion

Les perturbations liées à la présence humaine, les dérangements intermittents et les activités pétrolières et gazières en général ont tous des impacts négatifs documentés sur les grands ongulés. La première perturbation présentée, la présence humaine en milieu forestier, peut susciter des réactions comportementales notables chez les ongulés, mais cette perturbation n'est certainement pas la plus importante dans le cas des activités pétrolières ou gazières. La présence humaine sur un site de forage ne serait donc pas, selon toute vraisemblance, la source de dérangement le plus intense et néfaste sur Anticosti.

Contrairement à la présence humaine, les dérangements intermittents tels que ceux générés par le passage des véhicules autour des sites de forages seront beaucoup plus fréquents et affecteront de grandes superficies de territoire dans le contexte d'un développement des activités d'exploration et d'exploitation pétrolières sur Anticosti. Ces sources de dérangement sont reconnues comme ayant un impact majeur sur les ongulés tel que démontré par de nombreuses études qui ont isolé l'effet de ce type de perturbations et ont ainsi pu en évaluer les diverses conséquences. De plus, la combinaison de toutes les perturbations liées au développement d'un chantier pétrolier ou gazier a aussi plusieurs impacts cumulés. Les deux impacts les plus souvent observés par ces deux activités sont l'augmentation du taux de mouvement et l'évitement des infrastructures routières, gazières ou pétrolières, qui se traduisent inévitablement par une hausse des dépenses énergétiques et une perte indirecte d'habitat pour les animaux affectés.

En effet, un taux de mouvement plus élevé peut augmenter les dépenses énergétiques de l'individu et mener ultimement à une baisse de la condition corporelle si l'acquisition de ressources alimentaires ne compense pas ces dépenses énergétiques supplémentaires (Pyke et al. 1977). À l'île d'Anticosti, la population de cerfs est limitée par la disponibilité des ressources alimentaires en hiver. Si les activités de forage devaient augmenter le taux de mouvement des cerfs pendant l'hiver ou au début du printemps, lorsque les ressources se font plus rares et les coûts de déplacement sont plus élevés à cause de l'enfoncement dans la neige, il est possible que le développement énergétique d'hydrocarbures diminue la survie des cerfs. De plus, l'acquisition de ressources alimentaires avant l'hiver est cruciale à la survie hivernale des cerfs et surtout à celles des faons. Si une augmentation du taux de mouvement se traduisait par une diminution du temps passé à s'alimenter et à une perte d'énergie, la probabilité de survie des cerfs pourrait être réduite à l'hiver et au début du printemps.

Basé sur la sélection d'habitat à l'été et à l'hiver des cerfs sur l'Île d'Anticosti, la conséquence majeure d'une perte d'habitat indirecte causée par de l'évitement serait une réduction de l'accessibilité aux ressources alimentaires et/ou une réduction de l'accessibilité aux sites offrant un couvert de protection pour réduire l'enfoncement dans la neige (i.e. sites ayant une forte densité de tiges de conifères).

Dans le premier cas, une réduction de l'accessibilité des ressources alimentaires à l'été aurait moins d'impact si la densité des infrastructures est faible puisque les ressources sont moins limitantes pour le cerf à cette période. Si, toutefois, la densité des infrastructures était localement élevée et que les zones d'évitement devaient se superposer, la perte d'habitat indirect pourrait réduire la prise alimentaire significativement. Les cerfs n'ayant pas suffisamment de réserves corporelles auraient une probabilité de survie plus faible pendant l'hiver. À l'hiver, les sites où la nourriture

est abondante sont rares sur Anticosti. L'évitement par les cerfs de ces secteurs riches en nourriture pourrait donc potentiellement augmenter la mortalité par inanition. Les conséquences de la perte d'habitat pour les cerfs durant l'automne et le printemps seraient intermédiaires entre l'été et l'hiver, et dépendraient des ressources alimentaires disponibles et de la densité locale des perturbations dans le paysage.

En deuxième lieu, une réduction de l'accessibilité des endroits où l'enfoncement dans la neige est faible serait potentiellement de moindre importance puisque les peuplements de conifères sont abondants à l'Île d'Anticosti et le cerf pourrait donc potentiellement trouver des sites alternatifs offrant du couvert à proximité.

Un dernier impact potentiel moins étudié est l'augmentation de stress causée par des dérangements sonores. Chez les animaux, une augmentation du stress peut diminuer la réponse immunitaire, la survie, la reproduction, et la condition corporelle (Saino et al. 2003, Blas et al. 2007, Cabezas et al. 2007, Kight et Swaddle 2011). Pour la population de cerfs qui est déjà contrainte par la disponibilité des ressources, une augmentation du stress pourrait augmenter la mortalité ou réduire la résilience de cette population face aux hivers rigoureux.

L'ampleur des impacts potentiels sur les cerfs de l'île d'Anticosti dépendra de plusieurs facteurs. D'abord, à long terme, l'habituation pourrait réduire la réponse du cerf aux stimuli émis par les activités pétrolières et gazières. Plus le stimulus sera régulier et de longue durée, plus les cerfs pourraient s'y habituer (Bejder et al. 2006). Le seuil de tolérance du cerf aux différentes perturbations dans son habitat déterminera l'ampleur que les perturbations pourraient avoir sur le taux de mouvement, le degré d'évitement des perturbations et le niveau de stress. Finalement, les conditions climatiques pourraient être un facteur aggravant dont l'effet combiné aux perturbations pourrait être significatif. En effet, les hivers rigoureux causent déjà de grands événements de mortalité et la situation pourrait empirer autour des puits et forages pétroliers si les animaux sont en moins bonne condition corporelle en raison d'une augmentation des dépenses énergétiques ou d'une prise alimentaire réduite.

En conclusion, il est fort probable que l'exploitation pétrolière aura un impact négatif sur le cerf de Virginie, mais il est impossible de quantifier celui-ci précisément sans une étude empirique spécifique. Les études qui montrent que le cerf peut survivre dans des paysages fortement anthropisés mentionnent toutes l'importance des ressources alimentaires alternatives (champs agricoles et plantes horticoles) qui permettent aux cerfs de compenser pour la perte d'habitat. À l'île d'Anticosti, le cerf est maintenu à forte densité parce qu'il n'y a pas de prédateur, mais la faible disponibilité des ressources hivernales pourrait fortement affecter sa capacité à s'habituer aux dérangements. Ainsi, l'impact des activités pétrolières et gazières dépendra de sa tolérance aux perturbations.

Pour maintenir la probabilité de survie actuelle, le cerf devra minimiser les réponses comportementales et physiologiques face aux perturbations et continuer à s'alimenter tel qu'il le fait maintenant.

Bibliographie

- Beckmann, J. P., K. Murray, R. G. Seidler, et J. Berger. 2012. Human-mediated shifts in animal habitat use: Sequential changes in pronghorn use of a natural gas field in Greater Yellowstone. *Biological Conservation* 147:222-233.
- Bejder, L., A. Samuels, H. Whitehead, H. Finn, et S. Allen. 2009. Impact assessment research: use and misuse of habituation, sensitisation and tolerance in describing wildlife responses to anthropogenic stimuli. *Marine Ecology Progress Series* 395:177–185.
- Bejder, L., A. Samuels, H. Whitehead, et N. Gales. 2006. Interpreting short-term behavioural responses to disturbance within a longitudinal perspective. *Animal Behaviour* 72:1149-1158.
- Bérubé, P., C. Bédard, C. Dufour, A. Gingras, C. Malenfant, et P. F. 2004. Plan général d'aménagement intégré des ressources du milieu forestier de l'île d'Anticosti. Québec, Québec, Canada. p.152.
- Blas, J., G. R. Bortolotti, J. L. Tella, R. Baos, et T. A. Marchant. 2007. Stress response during development predicts fitness in a wild, long lived vertebrate. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104:8880-8884.
- Blickely, J. L., D. Blackwood, et G. L. Patricelli. 2012. Experimental evidence for the effects of chronic anthropogenic noise on abundance of greater sage-grouse at leks. *Conservation Biology* 26:461-471.
- Bloomfield, M. 2012. Support to the Identification of Potential Risks for the Environment et Human Health Arising from Hydrocarbons Operations Involving Hydraulic Fracturing in Europe. *Report for European Commission DG Environment*. AEA Technology pic. p.292.
- Bradshaw, C. J., S. Boutin, et D. M. Hebert. 1997. Effects of petroleum exploration on woodland caribou in northeastern Alberta. *Journal of Wildlife Management* 61:1127-1133.
- Brown, C. L., A. R. Hardy, J. R. Barber, K. M. Fristrup, K. R. Crooks, et L. M. Angeloni. 2012. The effect of human activities and their associated noise on ungulate behavior. *PloS one* 7:e40505.
- Buchanan, C., J. L. Beck, T. E. Bills, et S. N. Miller. 2014. Seasonal resource selection and distributional response by elk to development of a natural gas field. *Rangeland Ecology & Management* 67:369-379.
- Cabezas, S., J. Blas, T. A. Marchant, et S. Moreno. 2007. Physiological stress levels predict survival probabilities in wild rabbits. *Hormones and Behavior* 51:313-320.
- Cameron, R. D., D. J. Reed, J. R. Dau, et W. T. Smith. 1992. Redistribution of calving caribou in response to oil field development on the Arctic Slope of Alaska. *Arctic* 45:338-342.
- Cameron, R. D., W. T. Smith, R. G. White, et B. Griffith. 2005. Central Arctic caribou and petroleum development: distributional, nutritional, and reproductive implications. *Arctic* 58:1-9.
- Ciuti, S., J. M. Northrup, T. B. Muhly, S. Simi, M. Musiani, J. A. Pitt, et M. S. Boyce. 2012. Effects of humans on behaviour of wildlife exceed those of natural predators in a landscape of fear. *PloS one* 7:e50611.

- Côté, S. D., C. Dussault, J. Huot, F. Potvin, J. P. Tremblay, et V. Viera. High herbivore density and boreal forest ecology: white-tailed deer on Anticosti Island. Pp. 156-161 in Gaston A. J., Golumbia T.E., Martin J.L., Sharpe S.T.,(eds.). 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. 2008.
- Creel, S., J. E. Fox, A. Hardy, J. Sands, B. Garrott, et R. O. Peterson. 2002. Snowmobile activity and glucocorticoid stress responses in wolves and elk. *Conservation Biology* 16:809-814.
- D'Angelo, G., A. Glasser, M. Wendt, G. Williams, D. Osborn, G. Gallagher, R. Warren, K. Miller, et M. Pardue. 2008. Visual specialization of an herbivore prey species, the white-tailed deer. *Canadian Journal of Zoology* 86:735-743.
- D'Angelo, G. J., A. R. Chicchis, D. A. Osborn, G. R. Gallagher, R. J. Warren, et K. V. Miller. 2007. Hearing range of white-tailed deer as determined by auditory brainstem response. *The Journal of Wildlife Management* 71:1238-1242.
- Ditchkoff, S. S., E. R. Welch Jr, R. L. Lochmiller, R. E. Masters, et W. R. Starry. 2001. Age-specific causes of mortality among male white-tailed deer support mate-competition theory. *The Journal of Wildlife Management* 65:552-559.
- Dorrance, M. J., P. J. Savage, et D. E. Huff. 1975. Effects of snowmobiles on white-tailed deer. *The Journal of Wildlife Management* 39:563-569.
- Drolet, A., S. D. Côté, et C. Dussault. 2015. L'impact du bruit de forage sur l'utilisation de l'espace du cerf de Virginie à l'île d'Anticosti. *Mémoire de Maîtrise*, Université Laval, Québec, Québec, Canada. p.64.
- Duchesne, M., S. D. Côté, et C. Barrette. 2000. Responses of woodland caribou to winter ecotourism in the Charlevoix Biosphere Reserve, Canada. *Biological Conservation* 96:311-317.
- Dumont, A., J.-P. Ouellet, M. Crête, et J. Huot. 1998. Caractéristiques des peuplements forestiers recherchés par le cerf de Virginie en hiver à la limite nord de son aire de répartition. *Canadian Journal of Zoology* 76:1024-1036.
- Dussault, C., J. P. Ouellet, C. Laurian, R. Courtois, M. Poulin, et L. Breton. 2007. Moose movement rates along highways and crossing probability models. *The Journal of Wildlife Management* 71:2338-2345.
- Dyer, S. J., J. P. O'Neill, S. M. Wasel, et S. Boutin. 2001. Avoidance of industrial development by woodland caribou. *The Journal of Wildlife Management* 65:531-542.
- Eckstein, R. G., T. F. O'Brien, O. J. Rongstad, et J. G. Bollinger. 1979. Snowmobile effects on movements of white-tailed deer: a case-study. *Environmental Conservation* 6:45-51.
- Etter, D. R., K. M. Hollis, T. R. Van Deelen, D. R. Ludwig, J. E. Chelvig, C. L. Anchor, et R. E. Warner. 2002. Survival and movements of white-tailed deer in suburban Chicago, Illinois. *The Journal of Wildlife Management* 66:500-510.
- Fernández, M. H., et E. S. Vrba. 2005. A complete estimate of the phylogenetic relationships in Ruminantia: a dated species-level supertree of the extant ruminants. *Biological reviews* 80:269-302.

- Forman, R. T., et R. D. Deblinger. 2000. The ecological road-effect zone of a Massachusetts (USA) suburban highway. *Conservation Biology* 14:36-46.
- Fortin, D., et M. Andruskiw. 2003. Behavioral response of free-ranging bison to human disturbance. *Wildlife Society Bulletin* 31:804-813.
- Francis, C. D., J. Paritsis, C. P. Ortega, et A. Cruz. 2011. Landscape patterns of avian habitat use and nest success are affected by chronic gas well compressor noise. *Landscape Ecology* 26:1269–1280.
- Gander, H., et P. Ingold. 1997. Reactions of male alpine chamois *Rupicapra r. rupicapra* to hikers, joggers and mountainbikers. *Biological Conservation* 79:107-109.
- Gavin, T. A., L. H. Suring, P. A. Vohs Jr, et E. C. Meslow. 1984. Population characteristics, spatial organization, and natural mortality in the Columbian white-tailed deer. *Wildlife Monographs* 91:3-41.
- Hewitt, D. G. 2011. *Biology and management of white-tailed deer*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. p.674.
- Hirth, D. H. 1977. Social behavior of white-tailed deer in relation to habitat. *Wildlife Monographs* 53:3-55.
- Hood, R., et J. Inglis. 1974. Behavioral responses of white-tailed deer to intensive ranching operations. *The Journal of Wildlife Management* 38:488-498.
- Huot, J. 1982. Body condition and food resources of white-tailed deer on Anticosti Island, Québec *Thèse de doctorat*. University of Alaska, Fairbanks, Alaska, US. p.255.
- Hurlbert, S. H. 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs* 54:187-211.
- Jensen, P. G., P. J. Pekins, et J. B. Holter. 1999. Compensatory effect of the heat increment of feeding on thermoregulation costs of white-tailed deer fawns in winter. *Canadian Journal of Zoology* 77:1474-1485.
- Jeppesen, J. L. 1987. Impact of human disturbance on home range, movements and activity of red deer (*Cervus elaphus*) in a Danish environment. *Danish Review of Game Biology* 13:1-38.
- Johnson, C. J., et D. E. Russell. 2014. Long-term distribution responses of a migratory caribou herd to human disturbance. *Biological Conservation* 177:52-63.
- Jorgenson, M. T., et M. R. Joyce. 1994. Six strategies for rehabilitating land disturbed by oil development in arctic Alaska. *Arctic* 47:374-390.
- Kight, C. R., et J. P. Swaddle. 2011. How and why environmental noise impacts animals: an integrative, mechanistic review. *Ecology Letters* 14:1052-1061.
- Kilpatrick, H. J., et S. M. Spohr. 2000. Spatial and temporal use of a suburban landscape by female white-tailed deer. *Wildlife Society Bulletin* 28:1023-1029.
- Laurian, C., C. Dussault, J. P. Ouellet, R. Courtois, and M. Poulin. 2012. Interactions between a large herbivore and a road network. *Ecoscience* 19:69-79.
- Lavoie, D., Z. Chen, R. Thériault, S. Séjourné, R. Lefebvre, et X. Malet. Hydrocarbon Resources in the Upper Ordovician Black Shales in Quebec (Eastern Canada): From Gas/Condensate in the Utica to Oil in the Macasty in AAPG Annual Convention and Exhibition, Pittsburgh, Pennsylvania 2013. 2013.
- Lavoie, M., et L. Filion. 2001. Holocene vegetation dynamics of Anticosti Island, Quebec, and consequences of remoteness on ecological succession. *Quaternary Research* 56:112-127.

- Leblond, M., C. Dussault, et J.-P. Ouellet. 2013. Impacts of human disturbance on large prey species: do behavioral reactions translate to fitness consequences? *PloS one* 8:e73695.
- Leblond, M., C. Dussault, et J. P. Ouellet. 2012. Avoidance of roads by large herbivores and its relation to disturbance intensity. *Journal of Zoology* 289:32–40.
- Lefort, S., J.-P. Tremblay, F. Fournier, F. Potvin, et J. Huot. 2007. Importance of balsam fir as winter forage for white-tailed deer at the northeastern limit of their distribution range. *Écoscience* 14:109-116.
- Lynch, E., J. M. Northrup, M. F. McKenna, C. R. Anderson, L. Angeloni, et G. Wittemyer. 2015. Landscape and anthropogenic features influence the use of auditory vigilance by mule deer. *Behavioral Ecology* 26:75-82.
- MacArthur, R. A., R. H. Johnston, et V. Geist. 1979. Factors influencing heart rate in free-ranging bighorn sheep: a physiological approach to the study of wildlife harassment. *Canadian Journal of Zoology* 57:2010-2021.
- Manly, B. F. J. 2002. Resource selection by animals: statistical design and analysis for field studies. Second edition. Springer, Boston, Massachusetts, USA, p.221.
- Massé, A., et 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.
- Massé, A., et S. D. Côté. 2012a. Linking alternative food sources to winter habitat selection of herbivores in overbrowsed landscapes. *Journal of Wildlife Management* 76:544-556.
- Massé, A., et S. D. Côté. 2012b. Linking habitat heterogeneity to space use by large herbivores at multiple scales: From habitat mosaics to forest canopy openings. *Forest Ecology and Management* 285:67-76.
- MFFP. 2013. Ministère des Forêts de la Faune et de Parcs. Cerf de Virginie. *in* La Faune; Chasse; Gibier du Québec. Québec, Québec, Canada. Consulté le 8 avril 2015 <www.mffp.gouv.qc.ca/faune/chasse/gibiers/cerf-virginie.jsp>.
- _____. 2014. L'industrie faunique comme moteur économique régional: Une étude ventilant par espèces et par région les retombées économiques engendrées par les chasseurs, les pêcheurs et les piégeurs Québécois en 2012. *ÉcoRessources*, Québec, Québec, Canada. p.81.
- Moen, A. N., S. Whittemore, et B. Buxton. 1982. Effects of disturbance by snowmobiles on heart rate of captive white-tailed deer. *New York Fish and Game Journal* 29:176-183.
- MRNF. 2009. Répartition du cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) au Québec. Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune, Direction de l'expertise sur la faune et ses habitats. Québec, Québec, Canada.
- Murphy, S. M., et J. A. Curatolo. 1987. Activity budgets and movement rates of caribou encountering pipelines, roads, and traffic in northern Alaska. *Canadian Journal of Zoology* 65:2483-2490.
- Nellemann, C., et R. Cameron. 1998. Cumulative impacts of an evolving oil-field complex on the distribution of calving caribou. *Canadian Journal of Zoology* 76:1425-1430.

- Neumann, W., G. Ericsson, H. Dettki, et V. C. Radeloff. 2013. Behavioural response to infrastructure of wildlife adapted to natural disturbances. *Landscape and Urban Planning* 114:9-27.
- Nixon, C. M., L. P. Hansen, P. A. Brewer, et J. E. Chelvig. 1991. Ecology of white-tailed deer in an intensively farmed region of Illinois. *Wildlife Monographs* 118:3-77.
- Oksanen, L. 2001. Logic of experiments in ecology: is pseudoreplication a pseudoissue? *Oikos* 94:27-38.
- Ozoga, J. J., et L. J. Verme. 1985. Comparative breeding behavior and performance of yearling vs. prime-age white-tailed bucks. *The Journal of Wildlife Management* 49:364-372.
- Ozoga, J. J., L. J. Verme, et C. S. Bienz. 1982. Parturition behavior and territoriality in white-tailed deer: impact on neonatal mortality. *The Journal of Wildlife Management* 46:1-11.
- Pekins, P., K. Smith, et W. Mautz. 1998. The energy cost of gestation in white-tailed deer. *Canadian Journal of Zoology* 76:1091-1097.
- Pelletier, F. 2006. Effects of tourist activities on ungulate behaviour in a mountain protected area. *Journal of Mountain Ecology* 8:15-19.
- Phillips, G. E., et A. W. Alldredge. 2000. Reproductive success of elk following disturbance by humans during calving season. *The Journal of Wildlife Management* 64:521-530.
- Polfus, J., M. Hebblewhite, et K. Heinemeyer. 2011. Identifying indirect habitat loss and avoidance of human infrastructure by northern mountain woodland caribou. *Biological Conservation* 144:2637-2646.
- Potvin, F., P. Beaupré, A. Gingras, et D. Pothier. 2000. Le cerf et les sapinières de l'Île d'Anticosti. *Société de la Faune et des Parcs du Québec. Rapport: 4286-00-02.*
- Potvin, F., P. Beaupré, et G. Laprise. 2003. The eradication of balsam fir stands by white-tailed deer on Anticosti Island, Québec: a 150-year process. *Ecoscience* 10:487-495.
- Potvin, F., L. Breton, et A. Gingras. 1991. La population de cerfs d'Anticosti en 1988-1989. *Direction de la gestion des espèces et des habitats, Ministère du loisir, de la chasse et de la pêche*, p.28.
- _____. 1997. Déplacements et survie hivernale des biches d'Anticosti de 1986-1990: Une étude télémétrique. Québec, Québec, Canada. p.50.
- Pyke, G. H., H. R. Pulliam, et E. L. Charnov. 1977. Optimal foraging: a selective review of theory et tests. *Quarterly Review of Biology* 52:137-154.
- 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*, p.19.
- Saino, N., C. Suffritti, R. Martinelli, D. Rubolini, and A. P. Møller. 2003. Immune response covaries with corticosterone plasma levels under experimentally stressful conditions in nestling barn swallows (*Hirundo rustica*). *Behavioral Ecology* 14:318-325.
- Sawyer, H., M. J. Kauffman, et R. M. Nielson. 2009. Influence of well pad activity on winter habitat selection patterns of mule deer. *The Journal of Wildlife Management* 73:1052-1061.

- Sawyer, H., R. M. Nielson, F. Lindzey, et L. L. McDonald. 2006. Winter habitat selection of mule deer before and during development of a natural gas field. *Journal of Wildlife Management* 70:396-403.
- Simard, A. M., S. D. Côté, R. B. Weladji, et J. Huot. 2008. Feedback effects of chronic browsing on life-history traits of a large herbivore. *Journal of Animal Ecology* 77:678-686.
- Simard, M. A., T. Coulson, A. Gingras, et S. D. Côté. 2010. Influence of density and climate on population dynamics of a large herbivore under harsh environmental conditions. *The Journal of Wildlife Management* 74:1671-1685.
- Smith, W. P. 1991. *Odocoileus virginianus*. *Mammalian species* 388:1-13.
- St-Louis, A., S. Hamel, J. Mainguy, et S. D. Côté. 2013. Factors influencing the reaction of mountain goats towards all-terrain vehicles. *The Journal of Wildlife Management* 77:599-605.
- Stankowich, T. 2008. Ungulate flight responses to human disturbance: a review and meta-analysis. *Biological Conservation* 141:2159-2173.
- Steiner, W., F. Leisch, et K. Hackländer. 2014. A review on the temporal pattern of deer-vehicle accidents: Impact of seasonal, diurnal and lunar effects in cervids. *Accident Analysis & Prevention* 66:168-181.
- Storm, D. J., C. K. Nielsen, E. M. Schaubert, et A. Woolf. 2007. Space use and survival of white-tailed deer in an exurban landscape. *The Journal of Wildlife Management* 71:1170-1176.
- Taillon, J., D. G. Sauvé, et S. D. Côté. 2006. The effects of decreasing winter diet quality on foraging behavior and life-history traits of white-tailed deer fawns. *Journal of Wildlife Management* 70:1445-1454.
- Tremblay, J. P., I. Thibault, C. Dussault, J. Huot, et S. D. Côté. 2005. Long-term decline in white-tailed deer browse supply: can lichens and litterfall act as alternative food sources that preclude density-dependent feedbacks. *Canadian Journal of Zoology* 83:1087-1096.
- Van Dyke, F., et W. C. Klein. 1996. Response of elk to installation of oil wells. *Journal of Mammalogy* 77:1028-1041.
- VerCauteren, K. C., et S. E. Hygnstrom. 1998. Effects of agricultural activities and hunting on home ranges of female white-tailed deer. *The Journal of Wildlife Management* 62:280-285.
- VerCauteren, K. C., et M. J. Pipas. 2003. A review of color vision in white-tailed deer. *Wildlife Society Bulletin* 31:684-691.
- Verme, L. J. 1969. Reproductive patterns of white-tailed deer related to nutritional plane. *The Journal of Wildlife Management* 33:881-887.
- Vors, L. S., et M. S. Boyce. 2009. Global declines of caribou and reindeer. *Global Change Biology* 15:2626-2633.
- Waring, G., J. Griffis, et M. Vaughn. 1991. White-tailed deer roadside behavior, wildlife warning reflectors, and highway mortality. *Applied Animal Behaviour Science* 29:215-223.
- Warren, R. J. 1997. Editor's page: The challenge of deer overabundance in the 21st century. *Wildlife Society Bulletin* 25:213-214.

Weisenberger, M. E., P. R. Krausman, M. C. Wallace, D. W. De Young, et O. E. Maughan. 1996. Effects of simulated jet aircraft noise on heart rate and behavior of desert ungulates. *Journal of Wildlife Management* 60:52-61.

Annexe 1 Résumé des impacts négatifs par espèce animale

Espèce	Type d'impact	Nature de la perturbation étudiée	Impacts négatifs
1. Cerf de Virginie	Bruit de forage	Bruits constants préenregistrés	Perte d'habitat à fine échelle où l'amplitude sonore dépasse 70 dB(C).
2. Cerf élaphe	Présence humaine	Chasseurs, touriste	Taux de mouvement et taille du domaine vital plus élevé.
3. Antilope d'Amérique et cerf mulet	Présence humaine et véhicule routiers	Piétons, randonneurs, automobile, camions etc.	Les piétons suscitent la plus grande réaction comportementale en réponse au dérangement. Les femelles avec un faon réagissent plus que les mâles et les femelles sans faons.
4. Caribou	Présence humaine	Randonneurs en raquette et en ski de fond	Augmentation du temps passé debout et en état de vigilance. Ce changement diminue le temps consacré à l'alimentation et au repos.
5. Wapiti	Présence humaine	Une personne avance vers une mère et son faon pendant la mise bas	Augmentation du taux de mortalité chez les faons.
6. Chamois	Activités de plein air	Randonneurs, coureurs et cycliste	Fuite des chamois à moins de 103m. Réduction de l'utilisation d'habitat près des sentiers à la suite d'un dérangement.
7. Cerf de Virginie	Véhicule routiers	automobile, camions etc.	Risque de collision accru à l'aube et au crépuscule ainsi qu'en novembre (rut et période de chasse).
8. Cerf mulet et mouflon d'Amérique	Bruits d'avion	Bruits intermittents préenregistrés	Augmentation des fréquences cardiaques pendant et plusieurs minutes après. Aucun signe d'habituation à la suite d'expositions répétées.
9. Mouflon d'Amérique	Présence humaine et véhicule routiers	Randonneurs, automobile, camions etc.	Augmentation du rythme cardiaque en réponse au trafic lorsque la source était à moins de 200 m. La présence humaine durant une à 10 minutes augmentait la fréquence cardiaque de 20%.
10. Chèvre de	Véhicule tout-terrain		Réaction modérée ou forte 44%

Espèce	Type d'impact	Nature de la perturbation étudiée	Impacts négatifs
montagne			du temps. La réponse comportementale était modulée par la vitesse et l'angle d'approche des véhicules.
11. Caribou	Exploration pétrolière	Bruits intermittents simulés à l'aide d'un canon à propane	Taux de mouvement plus élevé, changement d'habitat plus fréquent.
12. Caribou	Infrastructures humaine et réseaux routiers	Camps, chalets, tous les types de routes	Évitement de 0.5 km des chalets et des camps de chasse à l'été. Routes à trafic élevé sont évitées à 2 km en été et en hiver. Évitement de 1 km autour des routes à faible trafic en hiver et 0,5 km en été.
13. Caribou	Réseaux routiers	Travaux routiers	Évitement grandissant de l'autoroute dans le temps jusqu'à 5000 m. Augmentation du taux de mouvement autour de l'autoroute lorsque la densité de trafic est plus élevée.
14. Caribou	Réseaux routiers	Chemins asphaltés et forestiers	Augmentation de la taille du domaine vital en réponse à la densité de routes dans le domaine vital.
15. Bison	Présence humaine, véhicules motorisés	Randonneurs, motoneiges et camions	Les camions causent plus d'événement de fuite que les randonneurs à l'été. La même tendance s'observe à l'hiver entre les motoneiges et les randonneurs. Les gros troupeaux ou les troupeaux ayant des femelles accompagnées de veaux ont une plus grande probabilité de fuite que les petits troupeaux ou les troupeaux sans veaux.
16. Orignal	Réseaux routiers	Dérangement liés aux autoroutes	Taux de mouvement en moyenne 3 fois plus élevé au moment de la traversée de l'autoroute, qu'avant ou après. Diminution de la qualité de l'habitat perçu par l'orignal.
17. Orignal	Réseaux routiers	Chemins pavés et forestiers	Évitement de 100 à 250 m des autoroutes et des chemins forestiers.

Espèce	Type d'impact	Nature de la perturbation étudiée	Impacts négatifs
18. Orignal ¹⁸	Infrastructures humaines	Routes, maisons et lignes électriques	Taux de mouvement plus élevé autour des routes dans une zone de 0 à 125 m.
19. Wapiti	Véhicules motorisés	Motoneiges, camions, autos etc.	Augmentation significative du stress lorsque le nombre de motoneiges circulant dans le parc (Yellowstone) dépasse 300 par jour.
20. Wapiti, cerf de Virginie, cerf mulet et mouflon	Véhicules motorisés	Traffic dans un parc provincial	Moins de groupes de cervidés près des routes pendant la fin de semaine (21 véhicules/heure, du vendredi au dimanche) comparativement à la semaine quand le volume de trafic était beaucoup plus léger (3 véhicules/heure).
21. Wapiti	Présence humaine, trafic routiers	Randonneurs, chasseurs, véhicules etc.	Le passage de ≥ 12 véhicules par jour augmente la vigilance et entraîne une perte de temps passé à s'alimenter. Les niveaux de vigilance les plus élevés ont été détectés sur des terres publiques là où la chasse et les véhicules motorisés sont autorisés.
22. Antilope d'Amérique	Chantier gazier		Perte d'habitats de meilleure qualité et évitement des parcelles d'habitat contenant le plus de perturbations anthropiques.
23. Cerf mulet	Chantier gazier		Diminution de la probabilité d'utilisation des habitats en bordure des infrastructures gazières. Augmentation de l'évitement avec le temps, ce qui se traduit pas une perte d'habitat indirect de 2,7 à 3,7 km des infrastructures et ce sans qu'il n'y ait d'habitation.
24. Cerf Mulet	Chantier gazier	Traffic et types de puits	Tous les types de dérangement sont évités par les cerfs. Les sites de forage ayant les plus hauts volumes de trafic sont les plus fortement évités.

Espèce	Type d'impact	Nature de la perturbation étudiée	Impacts négatifs
25. Cerf Mulet	Chantier gazier	Bruits diverses	Aucun effet sur la vigilance auditive
26. Wapiti	Puits pétrolier		Aucun effet détecté parce que les wapitis n'utilisent pas fortement l'habitat pendant la période de l'année où les travaux pétroliers ont été effectués
27. Wapiti	Chantier gazier		Évitements des endroits perturbés et augmentation de la distance aux routes. En été et en hiver, cet évitement se traduit par une grande perte d'habitat indirecte des régions prédites de forte utilisation par le wapiti, soit de 43,1% et 50,2% respectivement.
28. Caribou	Chantier pétrolier	Route et puits de forage	Diminution de la densité moyenne de caribous à moins de 1 km de la route mais augmentation de la densité entre 5 et 6 km de la route.
29. Caribou	Chantier pétrolier		Diminution de l'abondance des caribous jusqu' à 4 km des routes et diminution exponentielle avec la densité des routes. Les femelles sont moins abondantes autour des dérangements qu'ailleurs.
30. Caribou	Chantier pétrolier		Diminution exponentielle de la densité de caribous dans les endroits préférés en fonction de la densité de routes. Les femelles avec des faons semblent plus sensibles que les mâles.
31. Caribou	Chantier pétrolier	Routes, puits pétroliers et lignes sismiques	Évitement des infrastructures par les caribous et sous-utilisation de l'habitat. Ces effets sont plus prononcés pendant l'hiver et la mise bas.
32. Caribou	Infrastructure liée à l'exploitation d'hydrocarbures	Pipeline, route et trafic	Augmentation du taux d'activité à moins de 600 m du trafic ce qui se traduit par une augmentation du temps passé à

Espèce	Type d'impact	Nature de la perturbation étudiée	Impacts négatifs
			courir, du taux de mouvement et d'une diminution du temps passé couché.
33. Caribou	Infrastructures humaines diverses	Villages, réseaux routiers, pipeline, sites et puits de forages inactifs	Après 27 ans, ils ont remarqué une certaine habituation, mais la zone d'influence était encore très grande.