

Le rôle des herbivores vertébrés sur la dynamique des communautés végétales au Nunavik

Pascale Ropars, Martin Simard et Stéphane Boudreau

Volume 144, numéro 1, printemps 2020

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/1068216ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/1068216ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Société Provancher d'histoire naturelle du Canada

ISSN

0028-0798 (imprimé)

1929-3208 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Ropars, P., Simard, M. & Boudreau, S. (2020). Le rôle des herbivores vertébrés sur la dynamique des communautés végétales au Nunavik. *Le Naturaliste canadien*, 144(1), 24–36. <https://doi.org/10.7202/1068216ar>

Résumé de l'article

Les changements environnementaux influencent la végétation nordique, mais également les herbivores qui s'en nourrissent. Comme ces changements s'accroissent, un état de la situation au Nunavik (Québec, Canada) devient nécessaire. Nous discutons ici de l'influence qu'exercent les herbivores vertébrés sur les communautés végétales, et décrivons l'état des populations des deux principales espèces d'herbivores de cette guildes au Nunavik. Réparti en deux troupeaux, le caribou migrateur (*Rangifer tarandus*) est un élément structurant des écosystèmes du Nunavik. À forte densité, il peut réduire la productivité végétale dans son aire d'estivage et limiter la croissance des espèces consommées. Espèce introduite dans les années 1960, le boeuf musqué (*Ovibos moschatus*) colonise maintenant l'essentiel des côtes de la région. Quoiqu'il soit connu pour limiter l'expansion arbustive ailleurs dans l'Arctique, l'influence du bovidé au Nunavik demeure marginale jusqu'à maintenant. Sauf pour la bernache du Canada (*Branta canadensis*) qui niche en grandes colonies, l'influence des autres herbivores vertébrés sur les communautés végétales sera vraisemblablement localisée. L'augmentation du couvert arbustif procure des ressources alimentaires et un abri à diverses espèces qui pourraient voir leur aire de répartition se déplacer vers le nord. Les préférences alimentaires de ces herbivores pourraient moduler la réponse des espèces végétales aux changements climatiques.

Le rôle des herbivores vertébrés sur la dynamique des communautés végétales au Nunavik

Pascale Ropars, Martin Simard et Stéphane Boudreau

Résumé

Les changements environnementaux influencent la végétation nordique, mais également les herbivores qui s'en nourrissent. Comme ces changements s'accroîtront, un état de la situation au Nunavik (Québec, Canada) devient nécessaire. Nous discutons ici de l'influence qu'exercent les herbivores vertébrés sur les communautés végétales, et décrivons l'état des populations des deux principales espèces d'herbivores de cette guild au Nunavik. Réparti en deux troupeaux, le caribou migrateur (*Rangifer tarandus*) est un élément structurant des écosystèmes du Nunavik. À forte densité, il peut réduire la productivité végétale dans son aire d'estivage et limiter la croissance des espèces consommées. Espèce introduite dans les années 1960, le bœuf musqué (*Ovibos moschatus*) colonise maintenant l'essentiel des côtes de la région. Quoiqu'il soit connu pour limiter l'expansion arbustive ailleurs dans l'Arctique, l'influence du bovidé au Nunavik demeure marginale jusqu'à maintenant. Sauf pour la bernache du Canada (*Branta canadensis*) qui niche en grandes colonies, l'influence des autres herbivores vertébrés sur les communautés végétales sera vraisemblablement localisée. L'augmentation du couvert arbustif procure des ressources alimentaires et un abri à diverses espèces qui pourraient voir leur aire de répartition se déplacer vers le nord. Les préférences alimentaires de ces herbivores pourraient moduler la réponse des espèces végétales aux changements climatiques.

MOTS CLÉS : bœuf musqué, caribou, changements climatiques, herbivores, Nunavik

Abstract

Environmental changes influence northern plant communities and the populations of herbivores that feed on them. Given the predicted increased rates of change in the north, it is essential to understand the situation in Nunavik (Québec, Canada). This review outlines the influence of vertebrate herbivores on plant communities and describes the population status of the two main members of this guild in the region. The migratory caribou (*Rangifer tarandus*) is a keystone species, and two herds are present. At high densities, it can reduce plant productivity in its summer range and limit the growth of the species consumed. The muskox (*Ovibos moschatus*), which was introduced in the 1960s, has now colonized most of the region's coastal area. Although it may limit shrub expansion elsewhere in the Arctic, to date, its influence in Nunavik remains marginal. Except for the Canada goose (*Branta canadensis*), which nests in large colonies, the impact of other vertebrate herbivores on plant communities is likely localized. Increases in shrub cover will provide food and shelter for various herbivores that may experience a northward shift in range. Finally, the food preferences of herbivores present in Nunavik is expected to influence the response of plant species to climate change.

KEYWORDS : climate change, herbivores, migratory caribou, muskox, Nunavik

Mise en contexte

Les herbivores représentent un élément structurant des écosystèmes qui les supportent. Cette influence s'opère à plusieurs niveaux et de diverses façons : par le broutement des espèces végétales bien entendu, mais également par le piétinement, la dissémination des graines et l'enrichissement des sols par les fèces (Hester et collab., 2006). Loin d'échapper à cette réalité, la dynamique des écosystèmes arctiques et subarctiques est souvent considérée comme étant dominée par les relations trophiques de type plantes-herbivores (au Nunavik : Crête et Manseau, 1996, et ailleurs : Jefferies et collab., 1994; Mulder, 1999, mais voir Legagneux et collab., 2012 pour un contre-exemple dans le Haut-Arctique). Au Nunavik (Québec, Canada), deux espèces de grands herbivores dominent la guild des herbivores par leur taille et leur abondance : le caribou migrateur (*Rangifer tarandus*) et le bœuf musqué (*Ovibos moschatus*). En plus de ces derniers, quelques

autres espèces de mammifères et d'oiseaux consomment les espèces végétales de la toundra québécoise et peuvent de ce fait influencer la dynamique de ces écosystèmes nordiques.

Dans le contexte actuel, où les pressions environnementales influencent à la fois les populations d'herbivores et les écosystèmes dans lesquels ils se nourrissent, il devient important de faire état de la situation dans le Nord québécois. Dans la présente revue de littérature, nous suggérons donc de décrire la situation démographique, de détailler le régime

Pascale Ropars (biologiste, Ph. D.) est chercheuse postdoctorale affiliée à l'UQAR et à l'Université McGill.

pascale.ropars@uqar.ca

Martin Simard (écologiste, Ph. D.) est professeur agrégé au département de géographie de l'Université Laval.

Stéphane Boudreau (biologiste, Ph. D.) est professeur titulaire au département de biologie de l'Université Laval.

alimentaire des deux principales espèces d'herbivores et de discuter de l'influence que chacun des espèces ou groupes taxonomiques d'herbivores vertébrés présents dans la région peut exercer sur les communautés végétales du Nunavik. Les herbivores invertébrés jouent également un rôle clé dans la dynamique des communautés végétales nordiques, mais nous ne les aborderons pas dans le contexte de ce manuscrit, en raison du manque d'information à leur sujet.

Le caribou migrateur, principal herbivore du Nunavik

Comptant plusieurs centaines de milliers d'individus, le caribou migrateur est, de loin, l'herbivore ayant la plus grande influence sur les écosystèmes terrestres du Nunavik, en plus de revêtir un caractère particulier pour les communautés inuites. C'est, en effet, l'animal terrestre le plus chassé par ces autochtones du Nord, et il occupe une place de choix dans leur culture et leur art traditionnel (Blanchet et Rochette, 2008).

Les caribous migrants du Nunavik sont répartis en deux troupes (figure 1) : celui de la rivière George (TRG), dont l'aire de répartition se situe dans la partie est du Nunavik (et qui chevauche également le Labrador et le Nunatsiavut), et celui de la rivière aux Feuilles (TRF) qui occupe une grande partie de la péninsule de l'Ungava (et qui s'étend au sud jusqu'au 52° parallèle). Ces deux troupes effectuent de longues migrations annuelles entre la toundra et la forêt boréale (Le Corre et collab., 2017).

L'effectif des deux troupes a connu de grandes fluctuations dans les dernières décennies (figure 2), et des études dendroécologiques suggèrent que ces fluctuations ont également existé au cours des derniers siècles (Boudreau et collab., 2003; Payette et collab., 2004). Évalué à un minimum de 60 000 individus dans les années 1950 (Rasiulis, 2015),

l'effectif du TRG a rapidement augmenté jusqu'au début des années 1990, puis il a chuté abruptement pour atteindre 5 500 individus en 2018 (ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec [MFFP], données non publiées). À sa découverte par la communauté scientifique en 1975, la taille du TRF a été estimée à 56 000 individus (Le Hénaff, 1976). Il a ensuite connu une forte croissance jusqu'en 2001, lorsqu'il a été estimé à plus de 628 000 individus. Après avoir connu une courte période de stabilité, le TRF a décliné depuis lors, atteignant moins de 200 000 têtes en 2018 (MFFP, données non publiées). Les grandes fluctuations qu'ont connues les deux troupes ont influencé leur occupation de l'espace au Nunavik (figure 1); par conséquent, les variations dans l'abondance d'un troupeau ne se traduisent pas nécessairement par des changements de densité, du moins sur certaines portions du territoire.

Régime alimentaire

Le caribou migrateur est un herbivore vivant dans l'ensemble de l'Arctique. Son régime alimentaire estival est dominé par les espèces arbustives décidues, mais contient également une forte proportion de lichens ainsi que différentes espèces de plantes graminoides (tableau 1). Bien qu'ayant des teneurs faibles en protéines, certains lichens représentent une source d'énergie hautement digestible (Côté, 1998) et demeurent une part appréciable du régime alimentaire estival de l'espèce (Crête et collab., 1990). En hiver, le caribou migrateur se nourrit en grande partie de lichens terricoles, qu'il trouve en creusant des cratères d'alimentation dans la neige. Différentes observations suggèrent que le caribou migrateur aurait une préférence pour les saules érigés au Nunavik, malgré la grande abondance du bouleau glanduleux (*Betula glandulosa* Michx.) relevée par Crête et collab. (1990).

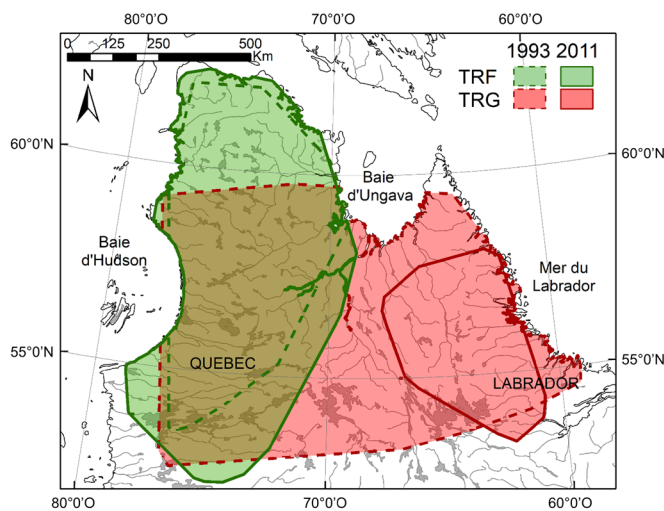


Figure 1. Aires de répartition annuelle des caribous des troupes de la rivière aux Feuilles (TRF; vert) et de la rivière George (TRG; rouge). Les traits pointillés représentent la situation en 1993, tandis que les traits pleins représentent celle de 2011. Cette figure est tirée de Le Corre (2016).

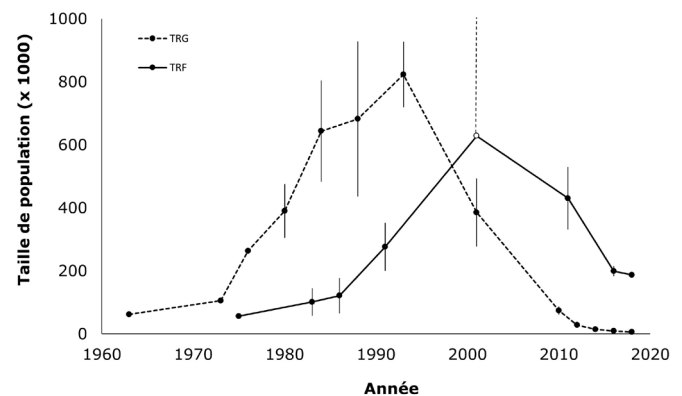


Figure 2. Taille des troupes de la rivière aux Feuilles (TRF) et de la rivière George (TRG) évaluée à partir des inventaires du gouvernement du Québec de 1963 à 2016. L'intervalle de confiance (IC) n'est pas disponible pour les estimations antérieures à 1980, et ce, pour les deux troupes. Il est à noter que les IC pour le TRG en 2012, 2014, 2016 et 2018 sont trop petits pour être visibles sur la figure. L'estimation du TRF de 2001 (point blanc) correspond à la limite inférieure de l'IC (628 000 caribous).

Tableau 1. Liste des espèces/taxons consommés par le caribou migrateur (*Rangifer tarandus*) au Canada, selon la saison.

Famille/groupe fonctionnel	Espèce ou taxon consommé		Saison	Référence
	Nom latin	Nom vernaculaire		
Bétulacées	<i>Betula glandulosa</i>	Bouleau glanduleux	Juillet	Crête et collab., 1990
Cypéracées	<i>Carex</i> sp.	Laïches	Année	Larter et Nagy, 1997
	<i>Eriophorum</i> sp.	Linaigrettes	Année	Larter et Nagy, 1997
Éricacées	<i>Arctous alpina</i>	Busserole alpine	Juillet	Crête et collab., 1990
	<i>Vaccinium uliginosum</i>	Airelle des marécages	Juillet	Crête et collab., 1990
	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	Airelle rouge	Juillet	Crête et collab., 1990
Fabacées	Légumineuses (ex. <i>Astragalus</i> sp.)	Légumineuses	Année	Larter et Nagy, 1997
Lichens	<i>Alectoria ochroleuca</i>	Alectorie jaune pâle	Juin-Juillet	Crête et collab., 1990
	<i>Cetraria</i> sp.	Cétraïres	Juin-Juillet	Crête et collab., 1990
	<i>Cladonia</i> sp.	Cladonies	Juin-Juillet	Crête et collab., 1990
	<i>Cladonia</i> sp.	Cladonies	Juin-Juillet	Crête et collab., 1990
	<i>Cornicularia</i> sp.	Corniculaires	Juin-Juillet	Crête et collab., 1990
	<i>Nephroma arcticum</i>	Néphrome arctique	Juin-Juillet	Crête et collab., 1990
	<i>Sphaerophorus globosus</i>	Sphérophore globuleux	Juin-Juillet	Crête et collab., 1990
	<i>Stereocaulon</i> sp.	Stéréocauls	Juin-Juillet	Crête et collab., 1990
Rosacées	<i>Dryas integrifolia</i>	Dryade à feuilles entières	Année	Larter et Nagy, 1997
Salicacées	<i>Salix herbacea</i>	Saule herbacé	Juillet	Crête et collab., 1990
	<i>Salix</i> sp.	Saules	Année	Crête et collab., 1990; Larter et Nagy, 1997
Saxifragacées	<i>Saxifraga</i> sp.	Saxifrages	Année	Larter et Nagy, 1997

En effet, Tremblay (2017) mentionne que les saules (*Salix* spp., notamment *Salix glauca* L.) dans la région de la baie Déception (62° 11' 42" N., 74° 45' 32" O.) sont systématiquement broutés, de sorte que l'ensemble des individus érigés du secteur sont moribonds, à l'exception de ceux ayant atteint une taille suffisante pour que l'apex soit hors d'atteinte. Des traces de broutement sont également recensées sur les bouleaux, mais ces derniers semblent bien tolérer un broutement modéré et compensent les pertes par la production de rameaux longs à partir des rameaux courts (Champagne et collab., 2012; Crête et collab. 2001; Manseau et collab., 1996).

Au Nunavik, le régime alimentaire a été caractérisé par Crête et collab. (1990) à la fin des années 1980 alors que le troupeau de la rivière George atteignait son maximum d'abondance et que celui de la rivière aux Feuilles continuait de croître. Une analyse des contenus stomacaux a permis une analyse comparative de l'abondance de différents taxons végétaux dans le régime alimentaire des caribous des deux troupeaux (figure 3).

Influence sur la dynamique des communautés végétales nordiques

Grand herbivore grégaire, le caribou migrateur a le potentiel de moduler la structure et la composition des communautés végétales des régions qui le supportent, que ce soit par le broutement ou le piétinement. Ces impacts incluent

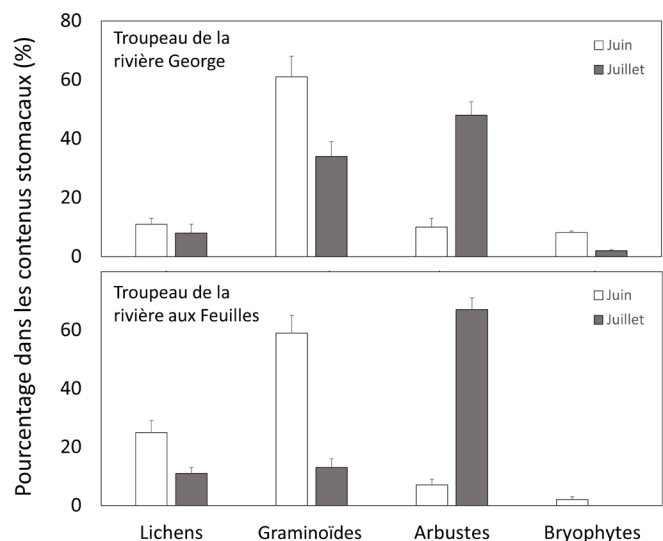


Figure 3. Pourcentage (+ erreur type) de différents taxons végétaux trouvés dans les contenus stomacaux du caribou migrateur du Nunavik, pour les troupeaux de la rivière George (en haut) et de la rivière aux Feuilles (en bas), selon le mois d'échantillonnage. Ces données sont tirées de Crête et collab. (1990).

une forte destruction du couvert lichénique (Boudreau et Payette, 2004; Manseau et collab., 1996) ainsi qu'une diminution du couvert et de la biomasse des arbustes (Crête et collab., 2001; Manseau et collab., 1996). Plusieurs études ont aussi démontré de façon expérimentale l'importance de l'herbivore dans la stabilité des communautés végétales arctiques soumises aux changements climatiques. Un des résultats majeurs de ces travaux est une augmentation importante du couvert arbustif au sein de communautés soustraites au broutement (Olofsson et collab., 2009; Post et Pedersen, 2008; Zamin et Grogan, 2013). Certains rapportent aussi une diminution de la diversité floristique dans les parcelles où le caribou était exclu (Post, 2013; Zamin et Grogan, 2013). Par ailleurs, bien que le couvert arbustif ait augmenté dans les parcelles réchauffées artificiellement, la hausse a été beaucoup moins importante dans celles qui étaient également soumises au broutement (Post et Pedersen, 2008). Un tel frein exercé par les grands herbivores sur l'augmentation du couvert d'arbustes érigés dans un contexte de réchauffement climatique est également avancé par Plante et collab. (2014) à la pointe nord de la péninsule de l'Ungava. Il y est rapporté que l'étendue du couvert arbustif n'a pas changé dans les environs de la baie Déception entre 1972 et 2010, et ce, malgré une hausse des températures moyennes annuelles de 3 °C. L'absence de réponse positive serait en partie expliquée par un broutement intensif par le caribou, dont la population dans ce secteur a culminé en 2001 à des effectifs de plusieurs centaines de milliers de têtes. Une partie de l'explication viendrait également de limites de croissance des espèces arbustives, qui sont soumises dans cette région à des conditions hivernales rigoureuses et qui bénéficient d'un très faible couvert nival protecteur. Ainsi, les méristèmes apicaux dépassant le couvert neigeux sont brisés par l'effet abrasif des vents hivernaux, limitant la croissance en hauteur des arbustes en place (Hadley et Smith, 1989; Marchand et Chabot, 1978).

L'impact qu'aura le caribou migrateur sur son habitat dans les prochaines décennies est fortement influencé par la taille des deux troupeaux du Nunavik. Le caribou a un impact sur son environnement par son broutement, mais également par le piétinement causé par les centaines de milliers de sabots qui foulent le sol (Couturier et collab., 2004; Crête et Huot, 1993). Lors de périodes de forte abondance, le caribou migrateur peut dégrader son habitat d'estivage de façon telle qu'il peut entraîner une diminution de la condition corporelle des individus, de la fécondité des femelles et de la survie des faons (Crête et Huot, 1993; Crête et collab., 1996). C'est vraisemblablement ce qui s'est produit dans les années 1990, sur l'aire d'estivage du TRG, alors que la productivité végétale a été fortement réduite par la pression induite par le broutement et le piétinement (Campeau et collab., 2019). Avec la faible abondance actuelle des caribous de ce troupeau, l'adoucissement prévu des conditions climatiques favorisera vraisemblablement une forte reprise végétale, phénomène déjà bien enclenché à proximité de Kangiqsualujjuaq (Tremblay et collab., 2012), où la population du troupeau de la rivière

George a atteint son plus bas niveau depuis les années 1960. Si la chasse de subsistance le permet, cette reprise végétale pourrait permettre aux caribous migrateurs du TRG de profiter de bonnes conditions sur leur aire d'estivage dans les prochaines années et de restaurer les effectifs du troupeau.

Le bœuf musqué, un herbivore récemment introduit au Nunavik

Historiquement absent du Nunavik (Jean et collab., 2006), le bœuf musqué a été introduit en 1967 dans le but d'en faire l'élevage, puis relâché progressivement entre 1973 et 1983 (Le Hénaff, 1986). Initialement confiné aux environs des villages nordiques de Kuujjuaq et de Tasiujaq, ce bovidé colonise maintenant l'essentiel de la côte de la péninsule de l'Ungava et les rives de la rivière aux Feuilles (figure 4).

Les 55 bœufs musqués initialement relâchés semblent s'être particulièrement bien adaptés aux conditions du Nunavik : la population du bovidé a atteint 533 individus en 1991, puis 1 400 en 2003 (Jean et collab., 2006). Un inventaire récent (mars 2019, MFFP) indique que la population de bœufs musqués du Nunavik continue de croître et atteint maintenant 4 000 individus (Cuyler et collab., 2019). De plus, des observations sur le terrain suggèrent que le taux de recrutement chez le bœuf musqué pourrait permettre à cette population de maintenir une bonne croissance dans les prochaines décennies (S.D. Côté, communication personnelle).

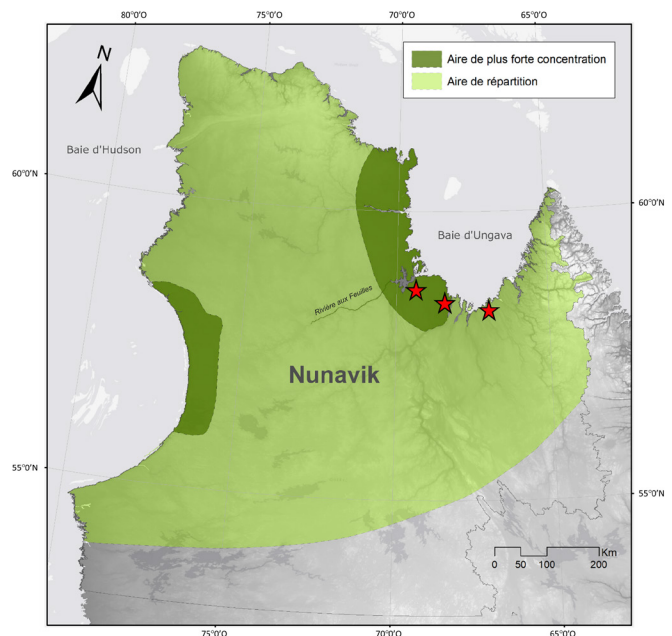


Figure 4. Aire de répartition du bœuf musqué au Québec, et délimitation des zones ayant une plus forte concentration de l'espèce. Les étoiles correspondent aux trois sites de relâchement de bœufs musqués (de l'ouest vers l'est) : dans la région de Tasiujaq, au nord de Kuujjuaq et à la rivière à la Baleine (Le Hénaff et Crête, 1989). Les données ont été fournies par le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (Vincent Brodeur, MFFP, Chibougamau).

Tableau 2. Liste des espèces/taxons consommés par le bœuf musqué (*Ovibos moschatus*) au Canada, selon la saison. Les espèces dont le nom est suivi d'un astérisque (*) ne se trouvent pas au Nunavik, selon le recensement de Blondeau et Roy (2004).

Famille	Espèce ou taxon consommé		Été	Hiver	Prin-temps	Références
	Nom latin	Nom vernaculaire				
Bétulacées	<i>Betula glandulosa</i>	Bouleau glanduleux	x	x		Nault et Mathieu, 1989; Tener, 1965
	<i>Betula nana</i> *	Bouleau nain	x			Bos, 1967
	<i>Betula</i> sp.	Bouleaux	x	x		Bos, 1967
Caryophyllacées	<i>Silene</i> sp.	Silènes	x			Tener, 1965
Cypéracées	<i>Carex</i> sp.	Laïches, Carex	x			Bos, 1967; Nault et Mathieu, 1989; Parker, 1978; Tener, 1965; Wilkinson et collab., 1976
	<i>Carex bigelowii</i>	Carex de Bigelow			x	Robus, 1984
	<i>Carex rupestris</i>	Carex des rochers		x		Parker, 1978
	<i>Eriophorum</i> sp.	Linaïgrettes	x			Bos, 1967; Parker, 1978
	<i>Eriophorum angustifolium</i>	Linaïgrette à feuilles étroites		x	x	Parker, 1978
	<i>Eriophorum vaginatum</i>	Linaïgrette dense	x		x	Robus, 1984
Éricacées	<i>Empetrum nigrum</i>	Camarine noire		x		Bos, 1967; Tener, 1965
	<i>Rhododendron groenlandicum</i>	Thé du Labrador		x		Tener, 1965
	<i>Vaccinium uliginosum</i>	Airelle des marécages		x		Tener, 1965
	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	Airelle rouge		x		Tener, 1965
Équisétacées	<i>Equisetum</i> sp.	Prêles	x			Bos, 1967; Tener, 1965
Joncacées	<i>Juncus castaneus</i>	Jonc marron	x			Tener, 1965
	<i>Luzula arctica</i>	Luzule arctique		x		Parker, 1978
Onagracées	<i>Chamaerion latifolium</i>	Épilobe à feuilles larges	x			Robus, 1984; Tener, 1965
Orobanchacées	<i>Castilleja caudata</i> *	Castilléje caudée	x			Robus, 1984
	<i>Pedicularis lanata</i>	Pédiculaire laineuse	x			Robus, 1984
	<i>Pedicularis</i> sp.	Pédiculaires	x		x	Parker, 1978
Poacées	<i>Arctagrostis latifolia</i>	Arctagrostide à larges feuilles			x	Parker, 1978
	<i>Arctophila fulva</i>	Arctophile fauve	x			Wilkinson et collab., 1976
	<i>Calamagrostis canadensis</i>	Calamagrostide du Canada	x			Bos, 1967
	<i>Deschampsia cespitosa</i>	Deschampsie cespiteuse	x			Tener, 1965; Wilkinson et collab., 1976
	<i>Dupontia fisheri</i>	Dupontie de Fisher	x			Tener, 1965
	<i>Festuca</i> sp.	Fétuques	x	x		Bos, 1967; Parker, 1978
	<i>Poa</i> sp.	Pâturins	x	x		Nault et Mathieu, 1989; Parker, 1978; Tener, 1965
Rosacées	<i>Dryas integrifolia</i>	Dryade à feuilles entières			x	Parker, 1978; Robus, 1984
	<i>Rubus arcticus</i>	Ronce acaule	x			Bos, 1967
Salicacées	<i>Salix alaxensis</i>	Saule d'Alaska	x			Robus, 1984; Tener, 1965
	<i>Salix arctica</i>	Saule arctique			x	Parker, 1978
	<i>Salix glauca</i>	Saule à beaux fruits	x			Nault et Mathieu, 1989
	<i>Salix planifolia</i>	Saule planifolié	x		x	Nault et Mathieu, 1989
	<i>Salix pulchra</i> *	Saule joli	x			Bos, 1967
	<i>Salix vestita</i>	Saule pubescent	x			Nault et Mathieu, 1989
	<i>Salix</i> sp.	Saules	x		x	Tener, 1965

Cependant, cette croissance pourrait être limitée par une multitude d'autres facteurs naturels et anthropiques, dont la prédation, le parasitisme et la chasse. Dans le nord-est de l'Alaska par exemple, la prédation par le grizzli (*Ursus arctos*) semble avoir joué un rôle dans le déclin de la population de bœufs musqués (Arthur et Del Vecchio, 2017).

Régime alimentaire

Le bœuf musqué est un bovidé de grande taille capable d'ingérer une grande quantité de fourrage de faible qualité (Larter et Nagy, 1997). Comparativement au caribou, il peut donc généralement s'alimenter d'une plus vaste gamme d'espèces végétales (tableau 2). Il semble cependant s'alimenter préférentiellement dans les habitats de basses altitudes en été, notamment les arbustaies basses à mousses (Nault et Mathieu, 1989). Ceci pourrait d'ailleurs limiter le chevauchement des habitats utilisés par les deux grands herbivores du Nunavik.

Le régime alimentaire estival du bœuf musqué est dominé par les plantes graminoides, particulièrement par les espèces du genre *Carex* (figure 5). Les plantes arbustives et herbacées sont généralement moins recherchées, mais leur importance varie d'une région à l'autre. D'après Klein (1986), par exemple, les bœufs musqués qui vivent dans le sud de leur aire de répartition utilisent fortement les saulaies comparativement aux prairies ou aux milieux humides qui prennent de l'importance dans le Haut-Arctique. Ceci est corroboré par les observations de Nault et Mathieu (1989) au Nunavik qui stipulent que plusieurs groupes de ce bovidé s'alimentaient en été dans les saulaies situées le long des ruisseaux, principalement celles composées de *Salix planifolia* Pursh. En hiver, le régime alimentaire du bœuf musqué est également dominé par les plantes graminoides et les espèces ligneuses (Nault et Mathieu, 1989). La population de bœufs musqués du Nunavik étant la plus méridionale (Cuyler et collab., 2019), il est probable que certaines espèces végétales s'ajoutent à la liste des espèces consommées par le bovidé.

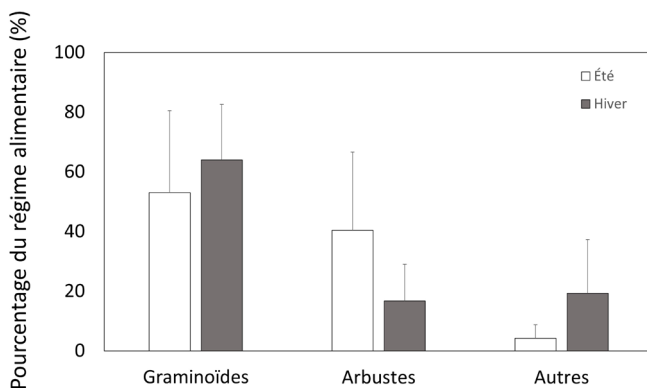


Figure 5. Pourcentage (+ erreur type) de différents taxons végétaux trouvés dans le régime alimentaire du bœuf musqué (*Ovibos moschatus*), selon la saison. Ces données correspondent à des valeurs moyennes recensées dans différentes études au Canada et en Alaska, mais colligées dans Nault et Mathieu (1989).

Comme pour le caribou migrateur, les nouvelles techniques de séquençage génétique disponibles permettront de reconstituer le régime alimentaire du bœuf musqué au Nunavik avec des échantillons de fèces (travaux en cours, S.D. Côté et A. Brodeur, communication personnelle).

Influence sur la dynamique des communautés végétales nordiques

Le bœuf musqué a un régime alimentaire varié, passant des arbustes érigés comme les bouleaux et les saules aux espèces d'éricacées rampantes et à une grande variété de plantes herbacées (tableau 2). Par contre, la densité et le nombre actuel de bœufs musqués sont probablement trop faibles pour que l'espèce exerce une influence significative sur le couvert végétal de l'Arctique québécois, sauf possiblement à une échelle locale. Il faut néanmoins souligner que les recensements effectués depuis le relâchement de cette espèce au Nunavik montrent une forte augmentation de sa population (Jean et collab., 2006). Ainsi, si cette croissance démographique se maintient dans les prochaines décennies, la situation pourrait changer. Le bœuf musqué est effectivement connu pour influencer la dynamique des écosystèmes ailleurs en Arctique, que ce soit en diminuant la production primaire localement (Elliott et Henry, 2011) ou en limitant l'expansion des espèces arbustives et donc, en favorisant une plus grande diversité végétale (Post et Pedersen, 2008). Au Groenland, cependant, une étude suggère que, même à forte densité, le bœuf musqué ne prélève qu'une très faible quantité de biomasse végétale (0,04 à 0,17 % pour l'ensemble de la saison de croissance; Mosbacher et collab., 2016), limitant ainsi son influence sur les communautés végétales qui le supportent. Cette même étude rapporte néanmoins que ce bovidé favoriserait le transfert de nutriments de ses aires d'alimentation (sites riches) vers des sites de repos plus pauvres où il déféquait davantage. Loin d'être anodin, ce transfert permettait un ajout net d'azote de l'ordre de 0,016 g/m² par année, une quantité équivalente au bassin total d'azote inorganique dissout (Mosbacher et collab., 2016).

Les autres herbivores du Nunavik

Les herbivores aviaires

Le Nunavik compte plusieurs autres herbivores vertébrés appartenant à divers groupes taxonomiques (tableau 3). Parmi les oiseaux, notons par exemple certaines espèces d'anatidés : l'oie des neiges (*Chen caerulescens*), la bernache du Canada (*Branta canadensis*), la bernache de Hutchins (*Branta hutchinsii*) et le cygne siffleur (*Cygnus columbianus*). Ces quatre espèces sont des oiseaux de grandes tailles qui migrent annuellement vers les régions arctique et subarctique pour y nidifier. En raison des demandes énergétiques qu'imposent la migration et la reproduction, ces oiseaux ont de grands besoins nutritionnels en arrivant sur leur aire de nidification. Ceci peut engendrer des pressions importantes sur les habitats qui les supportent, surtout lorsque l'effectif de ses populations aviaires est grand et que leurs colonies sont denses.

Tableau 3. Autres espèces d'herbivores vertébrés (oiseaux et mammifères) présents au Nunavik, Québec.

Catégorie	Ordre	Famille	Espèce	
			Nom latin	Nom vernaculaire
Oiseaux	Ansériformes	Anatidés	<i>Chen caerulescens</i>	Oie des neiges
			<i>Branta canadensis</i>	Bernache du Canada
			<i>Branta hutchinsii</i>	Bernache de Hutchins
			<i>Cygnus columbianus</i>	Cygne siffleur
	Galliformes	Phasianidés	<i>Falcipennis canadensis</i>	Tétras du Canada
			<i>Lagopus lagopus</i>	Lagopède des saules
			<i>Lagopus muta</i>	Lagopède alpin
Mammifères	Artiodactyles	Cervidés	<i>Alces alces</i>	Orignal, Élan
	Lagomorphes	Leporidés	<i>Lepus americanus</i>	Lièvre d'Amérique
			<i>Lepus arcticus</i>	Lièvre arctique
	Rongeurs	Castoridés	<i>Castor canadensis</i>	Castor du Canada
		Cricetidés	<i>Dicrostonyx hudsonius</i>	Lemming d'Ungava
			<i>Microtus pennsylvanicus</i>	Campagnol des champs
			<i>Myodes gapperi</i>	Campagnol à dos roux de Gapper
			<i>Ondatra zibethicus</i>	Rat musqué
			<i>Phenacomys ungava</i>	Campagnol des bruyères
<i>Synaptomys borealis</i>			Campagnol-lemming boréal	

La dégradation des habitats nordiques causée par la surabondance d'une espèce comme l'oie des neiges est largement connue dans la littérature scientifique (Gauthier et collab., 1995; Handa et collab., 2002), mais cette situation ne semble pas avoir été observée au Nunavik. Contrairement aux régions fortement touchées par cette dégradation de l'habitat (p. ex. : La Pérouse Bay, Manitoba; Handa et collab., 2002), le Nunavik ne supporte pas de grandes colonies d'oies des neiges. La seule espèce d'anatidés qui niche en abondance au Nunavik est la bernache du Canada, qui utilise majoritairement les côtes des baies d'Hudson et d'Ungava (Malecki et Trost, 1990). Malgré des densités relativement fortes (13,5 oiseaux/km² sur la côte de la baie d'Hudson; Harvey et collab., 2015), l'influence de cet oiseau sur la composition végétale et la qualité de l'habitat semble minime (Cadieux et collab., 2005). Cette différence est entre autres attribuable aux plus fortes densités des populations d'oies des neiges sur les sites de nidification et aux différentes stratégies d'alimentation adoptées par ces deux espèces (Cadieux et collab., 2005). En mangeant l'entière de la plante, y compris les structures souterraines, l'oie des neiges limite en effet la régénération des espèces végétales qu'elle consomme. Les bernaches, en revanche, ne consomment que les structures aériennes, permettant ainsi aux espèces végétales touchées de poursuivre leur croissance.

Oiseau emblématique du Nunavik, le lagopède compte deux espèces qui sillonnent le territoire : le lagopède alpin (*Lagopus muta*) et le lagopède des saules (*Lagopus lagopus*). Peu d'informations sont disponibles sur l'influence

du lagopède sur les communautés végétales, mais une étude récente suggère qu'il peut influencer l'architecture (hauteur, densité de branches) ainsi que la capacité reproductive d'une espèce de saule (*Salix alaxensis* [Anderson] Coville) en Alaska (Christie et collab., 2014). En broutant les bourgeons de cette espèce, le lagopède réduirait de moitié la quantité de chatons produits, limitant de ce fait la capacité du saule à coloniser de nouveaux milieux (Christie et collab., 2014). Les changements climatiques en cours et prévus devraient augmenter la viabilité des graines de différentes espèces d'arbustes (Myers-Smith et collab., 2011), mais celles particulièrement consommées par les herbivores pourraient se voir désavantagées par rapport aux espèces moins appréciées.

Le tétras du Canada (*Falcapennis canadensis*), la troisième espèce de phasianidé présente au Nunavik, est un herbivore solitaire dont l'aire de répartition est limitée à la partie forestière de cette région. Les densités estimées de cette espèce étant très faibles (8-12 individus/km² en Alaska; Ellison, 1974), il est peu probable qu'elle ait une influence importante sur les communautés végétales qui la supportent.

L'orignal, un herbivore marginal

Encore limité à la partie sud du Nunavik, l'orignal (*Alces alces*) pourrait voir son aire de répartition se déplacer vers le nord en raison des changements climatiques prévus (Berteaux et collab., 2018). Son influence potentielle sur les communautés végétales nordiques est difficile à estimer, car son arrivée au Nunavik pourrait entraîner diverses conséquences aux effets

divergents. D'une part, l'arrivée d'un autre grand herbivore pourrait augmenter la pression de broutement sur les espèces végétales consommées par les herbivores déjà bien ancrés dans le paysage arctique. D'autre part, l'extension de son aire de répartition vers le nord pourrait se traduire par l'arrivée d'un nouveau cortège d'insectes parasites ayant le potentiel d'infecter les herbivores arctiques, chez qui aucune défense immunitaire n'a encore été développée (Taillon et collab., 2016).

Les petits mammifères

Les petits mammifères consomment préférentiellement les arbustes bas (Christie et collab., 2015), y compris des arbustes sempervirents comme *Empetrum nigrum* ssp. *hermaphroditum* (Hagerup) Böcher et *Vaccinium vitis-idaea*. L'influence de ces petits herbivores sur la performance des espèces sempervirentes mentionnées semble fortement dépendante de leur abondance. En Scandinavie, par exemple, la forte densité de petits mammifères caractéristique des épisodes de pics d'abondance peut fortement diminuer l'abondance de ces espèces végétales (Dahlgren et collab., 2009; Hoset et collab., 2014; Olofsson et collab., 2009, 2014), tandis qu'aucune tendance n'a été observée à des densités plus faibles de lemmings et de campagnols (Dahlgren et collab., 2009; Grellmann, 2002). De récentes études portant sur la dynamique des populations de petits mammifères montrent une diminution marquée de l'amplitude de leurs cycles d'abondance (Gilg et collab., 2009; Ims et collab., 2008), changement généralement attribué aux changements climatiques récents (Kausrud et collab., 2008). Les conditions hivernales sont particulièrement critiques pour la reproduction de plusieurs espèces de lemmings; des hivers trop humides favorisant la formation de couches de neige durcie sont associés à une reproduction plus faible et donc, à un effectif moins important de la population l'été suivant (Kausrud et collab., 2008). Avec la tendance climatique qui devrait rester la même dans les prochaines décennies, il est possible de croire que les populations de petits mammifères atteindront de moins en moins fréquemment des densités capables d'influencer les espèces végétales qu'ils consomment.

Le lièvre d'Amérique et le lièvre arctique

Le lièvre d'Amérique (*Lepus americanus*) est une figure emblématique de la forêt boréale canadienne, en raison des grands cycles d'abondance que ses populations suivent, mais également pour la proportion importante de la biomasse animale qu'il représente dans certaines régions (Krebs, 2011). Bien qu'il ait un régime alimentaire plus diversifié que les autres herbivores étudiés en Alaska (Christie et collab., 2015), le lièvre d'Amérique consomme une grande quantité de bouleau glanduleux, surtout en hiver. Lors des périodes de fortes densités (environ 3 individus/ha à l'hiver 1981-1982; Krebs, 2011), 80 % des rameaux de cette espèce arbustive avaient été consommés par le lièvre d'Amérique (Smith et collab., 1988). Au Québec, peu d'informations sont disponibles sur l'abondance du lièvre d'Amérique. Or, l'augmentation récente du couvert arbustif à l'écotone forêt boréale-toundra

(Ropars et Boudreau, 2012; Tremblay et collab., 2012) pourrait fournir les ressources nécessaires au lièvre d'Amérique pour s'établir au-delà de son aire de répartition. Dans le contexte où le Québec nordique a vraisemblablement enregistré la plus forte densification arbustive au Canada dans les dernières décennies (Ju et Masek, 2016), il devient de plus en plus pertinent d'étudier la dynamique des populations de lièvre d'Amérique ainsi que l'impact qu'elles peuvent exercer sur les espèces consommées.

Plus petit et plus nordique que son cousin, le lièvre arctique (*L. arcticus*) se nourrit principalement de saules (Klein et Bay, 1994). Au meilleur de nos connaissances, aucune étude ne s'est intéressée à l'impact de cette espèce sur la dynamique des communautés végétales.

Le castor du Canada

Le castor (*Castor canadensis*) est un rongeur fortement associé aux écosystèmes forestiers (Baker et Hill, 2003; Jenkins et Busher, 1979). L'observation de plus en plus fréquente de barrages dans les rivières avoisinant certains villages du Nunavik suggère cependant que le rongeur a repoussé sa limite nord de répartition dans la région, phénomène d'ailleurs déjà recensé en Alaska (Tape et collab., 2018). En haussant les niveaux d'eau grâce à ses barrages, le castor peut causer une certaine mortalité des espèces végétales en bordure des cours d'eau où il s'installe, mais a peu de chances d'influencer la croissance de celles à l'extérieur de la zone riparienne (Campbell et collab., 2013). En effet, les castors s'approvisionnent généralement en arbres et arbustes décidus à l'intérieur d'un mètre de la berge et rarement au-delà de 40 m (Aleksiuk, 1970; Campbell et collab., 2013; Haarberg et Rosell, 2006; Parker et collab., 2001).

Influence sur la dynamique des communautés végétales nordiques

Bien que l'influence des herbivores sur les communautés végétales nordiques demeurera hétérogène en raison des préférences alimentaires variées et de l'abondance des espèces impliquées, il n'en demeure pas moins que certaines tendances peuvent être soulignées. Par exemple, la probabilité d'être consommée, et donc d'être influencée par les herbivores, variera selon la palatabilité des différentes espèces végétales (c'est-à-dire ses propriétés nutritionnelles et la facilité avec laquelle l'herbivore peut la digérer). Cette palatabilité est fonction de la quantité des composés secondaires et de nutriments que les tissus végétaux contiennent (Bryant et Kuropat, 1980). Avec leurs forts taux de croissance, de photosynthèse et d'acquisition de nutriments (Chapin et collab., 1996), les arbustes décidus ont tendance à accumuler une faible quantité de composés secondaires (Mulder, 1999), comparativement aux arbustes sempervirents. Ils tendent donc à être préférentiellement consommés par les herbivores (tableau 4). En plus d'accumuler de grandes quantités de composés secondaires, les arbustes sempervirents ont des structures difficilement digestibles, ce qui les rend d'autant moins attrayants pour les herbivores (Rammul

Tableau 4. Composés secondaires de défense, abondance moyenne d'azote et palatabilité relative de différentes espèces arbustives nordiques. Ce tableau est tiré de Christie et collab. (2015).

Groupe	Espèce ou taxon		Composés secondaires produits	% d'azote dans les feuilles	Palatabilité
	Nom latin	Nom vernaculaire			
Sempervirents	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	Airelle rouge	Tannins, composés phénoliques, triterpènes	0,9	Faible
	<i>Empetrum</i> spp.	Camarines	Tannins, composés phénoliques, triterpènes, cycloalcène, flavonoïdes	0,9	Faible
Décidus	<i>Alnus viridis</i>	Aulne crispé	Pinosylvine, composées phénoliques	2,3	Faible
	<i>Betula glandulosa</i>	Bouleau glanduleux	Tannins, composés phénoliques, triterpènes	2,3	Modérée
	<i>Vaccinium uliginosum</i>	Airelle des marécages	Tannins, composés phénoliques	1,8	Modérée
	<i>Salix</i> spp.	Saules	Tannins, composés phénoliques	3,0	Élevée

et collab., 2007). Ils pourraient donc profiter des changements climatiques projetés sans être limités par le broutement, comme le démontrent certaines études dendrochronologiques (Bär et collab., 2008; Zamin et collab., 2014). Par contre, leur croissance lente et leur pouvoir compétitif plus faible dans les milieux riches ne leur permettraient pas de prendre l'avantage sur les espèces décidues qui croissent plus rapidement.

À l'intérieur du groupe des arbustes décidus, les saules investissent particulièrement peu d'énergie dans la fabrication de composés de défense comparativement aux bouleaux et aux aulnes (Hansen et collab., 2006). Ils sont par conséquent préférés par un large éventail d'herbivores. Ils montrent d'ailleurs plus de signes de broutement en Alaska. Même si certaines espèces montrent une croissance compensatoire importante (p. ex. : *S. alaxensis*; Christie et collab., 2015), il semble que la préférence marquée des caribous pour les saules érigés résulte en une mortalité importante des individus de cette espèce dans les régions où les populations d'herbivores sont grandes (Norvège: Ravolainen et collab., 2014; baie Déception, Nunavik: Tremblay, 2017). Ces préférences alimentaires différentielles pour les espèces arbustives décidues pourraient avoir des effets marqués sur le devenir des communautés végétales nordiques. En effet, les arbustes décidus composent le groupe fonctionnel répondant le plus promptement aux changements climatiques récents (Elmendorf et collab., 2012). Face à l'augmentation prévue des températures dans les prochaines décennies, les saules pourraient avoir un désavantage relatif en comparaison aux bouleaux et aux aulnes qui sont moins consommés par les herbivores (Christie et collab., 2015). Grâce à sa propension à produire de nombreux méristèmes actifs sous des conditions environnementales favorables (Bret-Harte et collab., 2001), le bouleau glanduleux a rapidement et positivement répondu aux changements climatiques des dernières décennies au Nunavik (Ropars et Boudreau, 2012; Tremblay et collab., 2012) et ailleurs (Myers-Smith et collab., 2011). Comme il produit également une quantité importante de composés secondaires non appréciés des herbivores (Christie et collab., 2015), il pourrait devenir un acteur important de l'expansion de la strate arbustive. Malgré le fait que les fortes densités de caribous

migrateurs du troupeau de la rivière George aient réduit de façon importante son abondance dans les années 1980 et 1990 (Crête et Doucet, 1998), le bouleau glanduleux a su profiter des conditions climatiques plus favorables des dernières décennies (Tremblay et collab., 2012).

Conclusion

Les herbivores vertébrés, et à plus forte raison les grands herbivores grégaires, ont le potentiel de moduler la réponse des communautés végétales aux changements climatiques en broutant préférentiellement certaines espèces, mais également en piétinant le sol de leurs sabots et en enrichissant ce dernier avec leurs fèces (tableau 5). Au Nunavik, la pression exercée par les deux grands troupeaux de caribous migrateurs semble expliquer en partie la dégradation de leur aire d'estivage (troupeau de la rivière George) et la croissance ralentie des espèces arbustives dans la péninsule d'Ungava (troupeau de la rivière aux Feuilles). Moins nombreux, les bœufs musqués n'ont vraisemblablement pas influencé significativement le couvert végétal du Nunavik, sauf possiblement à une échelle locale. Parmi les autres herbivores colonisant la région, la bernache du Canada est celle atteignant les plus fortes densités. Contrairement à l'oie des neiges, la présence des bernaches du Canada n'est pas associée à une forte dégradation de la végétation dans son aire de nidification. Finalement, l'augmentation du couvert arbustif observée et celle prévue dans les prochaines décennies procureront des ressources alimentaires et un abri à diverses espèces animales qui pourraient voir leur aire de répartition se déplacer vers le nord, notamment le lièvre d'Amérique et le castor du Canada. Les préférences alimentaires de ces herbivores pourraient influencer la réponse des espèces arbustives aux changements climatiques, en donnant par exemple un désavantage relatif aux saules en comparaison aux bouleaux et aux aulnes qui sont moins consommés par les herbivores. Bien que des efforts de recherche sur le caribou migrateur et le bœuf musqué demeurent nécessaires, il est primordial d'étudier l'impact des autres herbivores afin de bien saisir l'influence qu'ils exercent et qu'ils exerceront au Nunavik. Connu pour consommer de grandes proportions de la biomasse arbustive dans l'ouest

Tableau 5. Synthèse des principaux effets des herbivores sur les communautés végétales du Nunavik (Québec, Canada). Les mécanismes sous-tendant chacun des effets sont indiqués entre parenthèses et les effets les plus importants sur le plan de la taille ou de l'étendue dans la région à l'étude sont indiqués en gras.

	Effets sur la communauté végétale					Autres effets
	Arbustes décidus	Arbustes sempervirents	Graminoïdes	Lichens	Diversité végétale	
Caribou	Diminution du couvert et de la biomasse¹ (broutement)			Diminution du couvert² (piétinement)	Augmentation ³ (diminution du couvert d'arbustes décidus)	
Boeuf musqué	Diminution du couvert et de la biomasse ⁴ (broutement)				Augmentation ⁴ (diminution du couvert d'arbustes décidus)	Redistribution des nutriments ⁵ (féces)
						Diminution de la productivité primaire ⁶
Sauvagine			Diminution de la biomasse ⁷ (consommation)			
Lagopède	Diminution de la reproduction et changement d'architecture ⁸ (consommation des bourgeons)					
Orignal	Diminution du couvert et de la biomasse ⁹ (broutement)					
Petits mammifères		Diminution de l'abondance ¹⁰ (consommation)				
Castor	Mortalité des espèces ripariennes ¹¹ (hausse du niveau d'eau)					

1. Crête et collab., 2001; Manseau et collab., 1996

2. Boudreau et Payette, 2004; Manseau et collab., 1996

3. Post, 2013; Zamin et Grogan, 2013

4. Post et Pedersen, 2008

5. Mosbacher et collab., 2016

6. Elliott et Henry, 2011

7. Cadieux et collab., 2005; Gauthier et collab., 1995; Handa et collab., 2002

8. Christie et collab., 2014

9. Taillon et collab., 2016

10. Dahlgren et collab., 2009; Hoset et collab., 2014; Olofsson et collab., 2009; 2014

11. Campbell et collab., 2013

du Canada, le lièvre d'Amérique pourrait être un acteur important de la dynamique de la strate arbustive au Nunavik, notamment à l'écotone forêt boréale-toundra.

Remerciements

Les auteurs veulent remercier Hugues Dorion pour l'aide avec les cartes, Steeve D. Côté, Émilie Champagne et Marco Festa-Bianchet pour les commentaires constructifs sur le manuscrit, Jean-Sébastien Michaud et Andrew P. Coughlan pour la révision linguistique, ainsi que toute l'équipe éditoriale pour le soin et le professionnalisme avec lesquels elle a traité notre dossier. Le soutien financier pour l'analyse des données présentées dans le présent travail a été fourni par le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (Gouvernement du Québec, projet Fondsvert-DCP-20171003). ◀

Références

- ALEKSIUK, M., 1970. The seasonal food regime of arctic beavers. *Ecology*, 51 : 264-270. <https://doi.org/10.2307/1933662>.
- ARTHUR, S.M. et P.A. DEL VECCHIO, 2017. Effects of grizzly bear predation on muskoxen in northeastern Alaska. *Ursus*, 28 : 81-91. <https://doi.org/10.2192/URSUS-D-16-00023.1>.
- BAKER, B.W. et E.P. HILL, 2003. Beaver (*Castor canadensis*). Dans : FELDHAMER, A., B.C. THOMPSON et J.A. CHAPMAN (édit.). *Wild mammals of North America: Biology, management, and conservation*, 2nd edition. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, USA, p. 288-310.
- BÄR, A., R. PAPE, A. BRAUNING et J. LOFFLER, 2008. Growth-ring variations of dwarf shrubs reflect regional climate signals in alpine environments rather than topoclimatic differences. *Journal of Biogeography*, 35 : 625-636. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2007.01804.x>.
- BERTEAUX, D., N. CASAJUS et P. ROPARS, 2018. Changements climatiques et toundra du Nunavik : exposition, sensibilité et vulnérabilité. Rapport final présenté au consortium Ouranos sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques. Université du Québec à Rimouski, 61 p. Disponible en ligne à : <https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/RapportBerteaux2018.pdf>.
- BLANCHET, C. et L. ROCHETTE, 2008. Nutrition and food consumption among the Inuit of Nunavik. Nunavik Inuit Health Survey 2004, Qanuipitaa? How are we? Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) et Nunavik Regional Board of Health and Social Services (NRBHSS), Québec, 161 p. Disponible en ligne à : https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/762_ESI_Nutrition_Report_MA.pdf.
- BLONDEAU, M. et C. ROY, 2004. Atlas des plantes des villages du Nunavik. Éditions MultiMondes, Québec, 609 p.
- BOS, G.W., 1967. Range types and their utilization by muskox on Nunivak Island, Alaska: a reconnaissance study. Mémoire de maîtrise, Université de l'Alaska, États-Unis, 133 p.
- BOUDREAU, S. et S. PAYETTE, 2004. Growth performance of *Cladina stellaris* following caribou disturbance in subarctic Québec. *Ecoscience*, 11 : 347-355.
- BOUDREAU, S., S. PAYETTE, C. MORNEAU et S. COUTURIER, 2003. Recent decline of the George River Caribou herd as revealed by tree-ring analysis. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 35 : 187-195. <https://doi.org/10.1080/011956860.2004.11682842>.
- BRET-HARTE, M.S., G.R. SHAVER, J.P. ZOERNER, J.F. JOHNSTONE, J.L. WAGNER, A.S. CHAVEZ, R.F. GUNKELMAN, S.C. LIPPERT et J.A. LAUNDRE, 2001. Developmental plasticity allows *Betula nana* to dominate tundra subjected to an altered environment. *Ecology*, 82 : 18-32. <https://doi.org/10.2307/2680083>.
- BRYANT, J.P. et P.J. KUROPAT, 1980. Selection of winter forage by sub-arctic browsing vertebrates: the role of plant chemistry. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 11 : 261-285. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.11.110180.001401>.
- CADIEUX, M.C., G. GAUTHIER et R.J. HUGUES, 2005. Feeding ecology of Canada geese (*Branta canadensis* interior) in sub-arctic inland tundra during brood-rearing. *The Auk*, 122 : 144-157. <https://doi.org/10.1093/auk/122.1.144>.
- CAMPBELL, R.D., C. NEWMAN, D.W. MACDONALD et F. ROSELL, 2013. Proximate weather patterns and spring green-up phenology effect Eurasian beaver (*Castor fiber*) body mass and reproductive success: the implications of climate change and topography. *Global Change Biology*, 19 : 1311-1324. <https://doi.org/10.1111/gcb.12114>.
- CAMPEAU, A.B., G.J.M. RICKBEIL, N.C. COOPS et S.D. CÔTÉ, 2019. Long-term changes in the primary productivity of migratory caribou calving grounds and summer pasture: the mixed influences of climate change and caribou herbivory. *Polar Biology*, 42 : 1005. <https://doi.org/10.1007/s00300-019-02492-6>.
- CHAMPAGNE, E., J.P. TREMBLAY et S.D. CÔTÉ, 2012. Tolerance of an expanding subarctic shrub, *Betula glandulosa*, to simulate caribou browsing. *PLoS ONE*, 7 : e51940. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051940>.
- CHAPIN, F.S. III, S.M. BRET-HARTE et S.E. HOBBI, 1996. Plant functional types as predictors of transient responses of Arctic vegetation to global change. *Journal of Vegetation Science*, 7 : 347-358. <https://doi.org/10.2307/3236278>.
- CHRISTIE, K.S., R.W. RUESS, M.S. LINDBERG et C.P. MULDER, 2014. Herbivores influence the growth, reproduction, and morphology of a widespread Arctic willow. *PLoS ONE*, 9 : e101716. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101716>.
- CHRISTIE, K.S., J.P. BRYANT, L. GOUGH, V.T. RAVOLAINEN, R.W. RUESS et K.D. TAPE, 2015. The role of vertebrate herbivores in regulating shrub expansion in the Arctic: a synthesis. *BioScience*, 65 : 1123-1133. <https://doi.org/10.1093/biosci/biv137>.
- CÔTÉ, S. D., 1998. In vitro digestibilities of summer forages utilized by the Rivière George caribou herd. *Arctic*, 51 : 48-54.
- COUTURIER, S., D. JEAN, R. OTTO et S. RIVARD, 2004. Demography of the migratory tundra caribou (*Rangifer tarandus*) of the Nord-du-Québec region and Labrador. Direction de l'aménagement de la faune du Nord-du-Québec et Direction de la recherche sur la faune, ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Québec, 68 p. ISBN : 2-550-43725-X.
- CRÊTE, M. et G.J. DOUCET, 1998. Persistent suppression in dwarf birch after release from heavy summer browsing by caribou. *Arctic and Alpine Research*, 30 : 126-132. <https://doi.org/10.1080/00040851.1998.12002884>.
- CRÊTE, M. et J. HUOT, 1993. Regulation of a large herd of migratory caribou: summer nutrition affects calf growth and body reserves of dams. *Canadian Journal of Zoology*, 71 : 2291-2296. <https://doi.org/10.1139/z93-321>.
- CRÊTE, M. et M. MANSEAU, 1996. Natural regulation of cervidae along a latitudinal gradient: change in trophic 1000 km dominance. *Evolutionary Ecology*, 10 : 51-62. <https://doi.org/10.1007/BF01239346>.
- CRÊTE, M., J. HUOT et L. GAUTHIER, 1990. Food selection during early lactation by caribou calving on the tundra in Québec. *Arctic*, 43 : 60-65.
- CRÊTE, M., S. COUTURIER, B.J. HEARN et T.E. CHUBBS, 1996. Relative contribution of decreased productivity and survival to recent changes in the demographic trend of the Rivière George Caribou Herd. *Rangifer*, 9 : 27-36. <https://doi.org/10.7557/2.16.4.1217>.
- CRÊTE, M., J.P. OUELLET et L. LESAGE, 2001. Comparative effects on plants of caribou/reindeer, moose and white-tailed deer herbivory. *Arctic*, 54 : 407-417.

- CUYLER, C., J. ROWELL, J. Adamczewski, M. ANDERSON, J. BLAKE, T. BRETTEN, V. BRODEUR, M. CAMPBELL, S.L. CHECKLEY, H.D. CLUFF, S.D. CÔTÉ, T. DAVISON, M. DUMOND, B. FORD, A. GRUZDEV, A. GUNN, P. JONES, S. KUTZ, L.M. LECLERC, C. MALLORY, F. MAVROT, J.B. MOSBACHER, I.M. OKHLOPKOV, P. REYNOLDS, N.M. SCHMIDT, T. SIKPO, M. SUITOR, M. TOMASELLI et B. YTREHUS, 2019. Muskox status, recent variation, and uncertain future. *Ambio*, <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01205-x>.
- DAHLGREN, J., L. OKSANEN, T. OKSANEN, J. OLOFSSON, P.A. HAMBÄCK et A. LINDGREN, 2009. Plant defences to no avail? Responses of plants of varying edibility to food web manipulations in a low Arctic scrubland. *Evolutionary Ecology Research*, 11: 1189-1203.
- ELLIOTT, T. et G. HENRY, 2011. Effects of simulated grazing in ungrazed wet sedge tundra in the High Arctic. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 43: 198-206. <https://doi.org/10.1657/1938-4246-43.2.198>.
- ELLISON, L.N., 1974. Population characteristics of Alaskan Spruce Grouse. *Journal of Wildlife Management*, 38: 383-395.
- ELMENDORF, S.C., G.H.R. HENRY, R.D. HOLLISTER, R.G. Bjork, A.D. BJORKMAN, T.V. CALLAGHAN, L.S. COLLIER, E.J. COOPER, J.H.C. CORNELISSEN, T.A. DAY, A.M. FOSAA, W.A. GOULD, J. GREITARDOTTIR, J. HARTE, L. HERMANUTZ, D.S. HIK, A. HOFGAARD, F. JARRAD, I.S. JONSDOTTIR, F. KEUPER, K. KLANDERUD, J.A. KLEIN, S. KOH, G. KUDO, S.I. LANG, V. LOWEN, J.L. MAY, J. MERCADO, A. MICHELSEN, U. MOLAU, I.H. MYERS-SMITH, S.F. OBERBAUER, S. PIEPER, E. POST, C. RIXEN, C.H. ROBINSON, N.M. SCHMIDT, G.R. SHAVER, A. STENSTROM, A. TOLVANEN, O. TOTLAND, T. TROXLER, C.H. WAHREN, P.J. WEBBER, J.M. WELKER et P.A. WOOKEY, 2012. Global assessment of experimental climate warming on tundra vegetation: heterogeneity over space and time. *Ecology Letters*, 15: 164-175. <https://doi.org/10.1111/ele.12218>.
- GAUTHIER, G., R.J. HUGHES, A. REED, J. BEAULIEU et L. ROCHEFORT, 1995. Effect of grazing by Greater Snow Geese on the production of graminoids at an arctic site (Bylot Island, NWT, Canada). *Journal of Ecology*, 83: 653-664. <https://doi.org/10.2307/2261633>.
- GILG, O., B. SITTler et I. HANSKI, 2009. Climate change and cyclic predator-prey population dynamics in the High Arctic. *Global Change Biology*, 15: 2634-2652. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.01927.x>.
- GRELLMANN, D., 2002. Plant responses to fertilization and exclusion of grazers on an Arctic tundra heath. *Oikos*, 98: 190-204. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2002.980202.x>.
- HAARBERG, O. et F. ROSELL, 2006. Selective foraging on woody plant species by the Eurasian beaver (*Castor fiber*) in Telemark, Norway. *Journal of Zoology*, 270: 201-208. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2006.00142.x>.
- HADLEY, J.L. et W.K. SMITH, 1989. Wind erosion of leaf surface wax in alpine timberline conifers. *Arctic and Alpine Research*, 21: 392-398. <https://doi.org/10.1080/0040851.1989.12002752>.
- HANDA, I.T., R. HARMSen et R.L. JEFFERIES, 2002. Patterns of vegetation change and the recovery potential of degraded areas in a coastal marsh system of the Hudson Bay lowlands. *Journal of Ecology*, 90: 86-99. <https://doi.org/10.1046/j.0022-0477.2001.00635.x>.
- HANSEN, A.H., S. JONASSON et A. MICHELSEN, 2006. Long-term experimental warming, shading, and nutrient addition affect the concentration of phenolic compounds in Arctic-alpine deciduous and evergreen dwarf shrubs. *Oecologia*, 147: 1-11. <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0233-y>.
- HARVEY, W.F., J. RODRIGUE et S.D. EARSON, 2015. A breeding pair survey of Canada geese in northern Québec–2016. Maryland Department of Natural Resources, Maryland, Canadian Wildlife Service, Québec et U.S. Fish and Wildlife Service, 9 p.
- HESTER, A.J., M. BERGMAN, G. R. IASON et J. MOEN, 2006. Impacts of large herbivore on plant community structure and dynamics. Dans: DANELL, K., R. BERGSTROM, P. DUNCAN et J. PASTOR (édit.). *Large herbivore ecology, ecosystem dynamics and conservation*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 97-141.
- HOSSET, K.S., K. KYRO, T. OKSANEN, L. OKSANEN et J. OLOFSSON, 2014. Spatial variation in vegetation damage relative to primary productivity, small rodent abundance, and predation. *Ecography*, 37: 1-8. <https://doi.org/10.1111/ecog.00791>.
- IMS, R.A., J.A. HENDEN et S.T. KILLENGREEN, 2008. Collapsing population cycles. *Trends in Ecology and Evolution*, 23: 79-86. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.10.010>.
- JEAN, D., S. RIVARD et M. BÉLANGER, 2006. Inventaire et structure de population du bœuf musqué (*Ovibos moschatus*) au sud-ouest de la baie d'Ungava (août 2003). *Le Naturaliste canadien*, 130 (2): 42-48.
- JEFFERIES, R.L., D.R. KLEIN et G.R. SHAVER, 1994. Vertebrate herbivores and northern plant communities: reciprocal influences and responses. *Oikos*, 71: 193-206. <https://doi.org/10.2307/3546267>.
- JENKINS, S.H. et P.E. BUSER, 1979. *Castor canadensis*. *Mammalian Species*, 120: 1-8.
- JU, J. et J.G. MASEK, 2016. The vegetation greenness trend in Canada and US Alaska from 1984-2012 Landsat data. *Remote Sensing of Environment*, 176: 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.01.001>.
- KAUSRUD, K.L., A. MYSTERUD, H. STEEN, J.O. VIK, E. OSTBYE, B. CAZELLES, E. FRAMSTAD, A.M. EIKESET, I. MYSTERUD, T. SOLHOY et N.C. STENSETH, 2008. Linking climate change to lemming cycles. *Nature*, 456: 93-97. <https://doi.org/10.1038/nature07442>.
- KLEIN, D.R., 1986. Latitudinal variation in foraging strategies. Dans: GUDMUNDSSON, O. (édit.). *Grazing research at northern latitudes*. Plenum Press, New York, p. 237-246.
- KLEIN, D.R. et C. BAY C, 1994. Resource partitioning by mammalian herbivores in the High Arctic. *Oecologia*, 97: 439-450.
- KREBS, C.J., 2011. Of lemmings and snowshoe hares: the ecology of northern Canada. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 278: 481-489. <https://doi.org/10.1098/rspb.2010.1992>.
- LARTER, N.C. et J.A. NAGY, 1997. Peary caribou, muskoxen and Banks Island forage: assessing seasonal diet similarities. *Rangifer*, 17: 9-16. <https://doi.org/10.7557/2.17.1.378>.
- LE CORRE, M.V., 2016. Influence du climat, de la disponibilité des ressources et de la taille des populations sur la phénologie et les patrons de migration du caribou migrateur, *Rangifer tarandus*. Thèse de doctorat, Université Laval, Québec, 165 p. Disponible en ligne à : <https://corpus.ulaval.ca/jspui/bitstream/20.500.11794/27020/1/32653.pdf>.
- LE CORRE, M.V., C. DUSSAULT et S.D. CÔTÉ, 2017. Weather conditions and variation in timing of spring and fall migrations of migratory caribou. *Journal of Mammalogy*, 98: 260-271. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyw177>.
- LE HÉNAFF, D., 1976. Inventaire aérien des terrains de vèlage du caribou dans la région nord et au nord du territoire de la municipalité de la Baie James (mai-juin 1975). Rapport gouvernemental, ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche, Québec, 28 p.
- LE HÉNAFF, D., 1986. Bœuf musqué, plan tactique. Rapport gouvernemental, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction de la Faune, Québec, 48 p.
- LE HÉNAFF, D. et M. CRÊTE, 1989. Introduction of muskoxen in northern Québec: the demographic explosion of a colonizing herbivore. *Canadian Journal of Zoology*, 67: 1102-1105.
- LEGAGNEUX, P., G. GAUTHIER, D. BERTEAUX, J. BÉTY, M.C. CADIEUX, F. BILODEAU, E. BOLDUC, L. MCKINNON, A. TARROUX, J.F. THERRIEN, L. MORISSETTE et C.J. Krebs, 2012. Disentangling trophic relationships in a High Arctic tundra ecosystem through food web modeling. *Ecology*, 93: 1707-1716. <https://doi.org/10.1890/11-1973.1>.
- MALECKI, R.E. et R.A. TROST, 1990. A breeding ground survey of Atlantic flyway Canada geese in northern Québec. *Canadian Field-Naturalist*, 104: 575-578.
- MANSEAU, M., J. HUOT et M. CRÊTE, 1996. Effects of summer grazing by caribou on composition and productivity of vegetation: community and landscape level. *Journal of Ecology*, 84: 503-513. <https://doi.org/10.2307/2261473>.
- MARCHAND, P.J. et B.F. CHABOT, 1978. Winter water relations of tree-line plant species on Mt. Washington, New Hampshire. *Arctic and Alpine Research*, 10: 105-116. <https://doi.org/10.1080/0040851.1978.12003947>.

- MOSBACHER, J.B., D.K. KRISTENSEN, A. MICHELSEN, M. STELVIG et N.M. SCHMIDT, 2016. Quantifying muskox biomass and nitrogen removal and deposition in a high arctic tundra ecosystem. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 48: 229-240. <https://doi.org/10.1657/AAAR0015-034>.
- MULDER, C.P.H., 1999. Vertebrate herbivores and plants in the Arctic and subarctic: effects on individuals, populations, communities and ecosystems. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 2: 29-55. <https://doi.org/10.1078/1433-8319-00064>.
- MYERS-SMITH, I.H., B.C. FORBES, M. WILMKING, M. HALLINGER, T. LANTZ, D. BLOK, K.D. TAPE, M. MACIAS-FAURIA, U. SASS-KLAASSEN, E. LÉVESQUE, S. BOUDREAU, P. ROPARS, L. HERMANUTZ, A. TRANT, L.S. COLLIER, S. WEIJERS, J. ROZEMA, S.A. RAYBACK, N.M. SCHMIDT, G. SCHAEPMAN-STRUB, S. WIPF, C. RIXEN, C. MÉNARD, S. VENN, S. GOETZ, L. ANDREU-HAYLES, S. ELMENDORF, H.E. EPSTEIN, J. WELKER, P. GROGAN et D. HIK, 2011. Shrub expansion in tundra ecosystems: dynamics, impacts and research priorities. *Environmental Research Letters*, 6: 610-623. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/6/4/045509>.
- NAULT, R. et C. MATHIEU, 1989. Habitats du bœuf musqué au Nouveau-Québec: Anse du comptoir. Rapport gouvernemental, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Québec, 74 p. ISBN: 2-550-19593-0.
- OLOFSSON, J., L. OKSANEN, T.V. CALLAGHAN, P.E. HULME, T. OKSANEN et O. SUOMINEN, 2009. Herbivores inhibit climate-driven shrub expansion on the tundra. *Global Change Biology*, 15: 2681-2693. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.01935.x>.
- OLOFSSON, J., L. OKSANEN, T. OKSANEN, M. TUOMI, K.S. HOSET, R. VIRTANEN et K. KYRÖ, 2014. Long-term experiments reveal strong interactions between lemmings and plants in the Fennoscandian highland tundra. *Ecosystems*, 17: 606-615. <https://doi.org/10.1007/s10021-013-9740-6>.
- PARKER, G.R., 1978. The diets of muskoxen and Peary caribou on some islands in the Canadian High Arctic. Occasional paper n° 35, Canadian Wildlife Service, Ottawa, 21 p. ISBN: 0-662-01462-6. Disponible en ligne: http://publications.gc.ca/collections/collection_2018/eccc/CW69-1-35-eng.pdf.
- PARKER, H., A. HAUGEN, O. KRISTENSEN, E. MYRUM, R. KOLSING et F. ROSELL, 2001. Landscape use and economic value of Eurasian beaver (*Castor fiber*) on a large forest in Southeast Norway. *Proceedings of the 1st European-American Beaver Congress, Kazan*.
- PAYETTE, S., S. BOUDREAU, C. MORNEAU et N. PITRE, 2004. Long-term interactions between migratory caribou, wildfires and Nunavik hunters inferred from tree rings. *Ambio*, 33: 482-486. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-33.8.482>.
- PLANTE, S., E. CHAMPAGNE, P. ROPARS, S. BOUDREAU, E. LÉVESQUE, B. TREMBLAY et J.P. TREMBLAY, 2014. Shrub cover in northern Nunavik: can herbivores limit shrub expansion? *Polar Biology*, 37: 611-619. <https://doi.org/10.1007/s00300-014-1461-6>.
- POST, E., 2013. Erosion of community diversity and stability by herbivore removal under warming. *Proceedings of the Royal Society B—Biological Sciences*, 280: 2012-2722. <https://doi.org/10.1098/rspb.2012.2722>.
- POST, E. et C. PEDERSEN, 2008. Opposing plant community responses to warming with and without herbivores. *Proceeding of the National Academy of Sciences USA*, 105: 12353-12358. <https://doi.org/10.1073/pnas.0802421105>.
- RAMMUL, U., T. OKSANEN, L. OKSANEN, J. LEHTELÄ, R. VIRTANEN, J. OLOFSSON, J. STRENGBOM, I. RAMMUL et L. ERICSON, 2007. Vole vegetation interactions in an experimental, enemy-free taiga floor system. *Oikos*, 116: 1501-1514. <https://doi.org/10.1111/j.2007.0030-1299.14981.x>.
- RASIULIS, A., 2015. Survie et dynamique de population des caribous migrateurs du Québec-Labrador. Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec, 81 p. Disponible en ligne à: <https://corpus.ulaval.ca/jspui/bitstream/20.500.11794/26075/1/30774.pdf>.
- RAVOLAINEN, V.T., K.A. BRÄTHEN, N.G. YOCOCO, J.K. NGUYEN et R.A. IMS, 2014. Complementary impacts of small rodents and semi-domesticated ungulates limit tall shrub expansion in the tundra. *Journal of Applied Ecology*, 51: 234-241. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12180>.
- ROBUS, M.A., 1984. Summer food habits of muskoxen in northeastern Alaska. *Proceeding of the First International Muskox Symposium*. Université de l'Alaska, rapport spécial n° 4, 81-85.
- ROPARS, P. et S. BOUDREAU, 2012. Shrub expansion at the forest tundra ecotone: spatial heterogeneity linked to local topography. *Environmental Research Letters*, 7: 015501. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/7/1/015501>.
- SMITH, J.N.M., C.J. KREBS, A.R.E. SINCLAIR et R. BOONSTRA, 1988. Population biology of snowshoe hares II. Interactions with winter food plants. *Journal of Animal Ecology*, 57: 269-286.
- TAILLON, J., V. BRODEUR et S. RIVARD, 2016. État de la situation biologique du caribou migrateur, troupeau de la rivière aux Feuilles. Rapport gouvernemental, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Québec, 75 p. Disponible en ligne à: <https://mffp.gouv.qc.ca/publications/faune/etat-situation-caribou-riviere-Feuilles.pdf>.
- TAPE, K.D., B.M. JONES, C.D. ARP, I. NITZE et G. GROSSE, 2018. Tundra be dammed: Beaver colonization of the Arctic. *Global Change Biology*, 24: 4478-4488. <https://doi.org/10.1111/gcb.14332>.
- TENER, J.S., 1965. Muskoxen in Canada: a biological and taxonomic review. Rapport gouvernemental, Department of Northern Affairs and National Resources, Canadian Wildlife Service, Ottawa, 166 p.
- TREMBLAY, B., 2017. La végétation dans un climat changeant: portrait et perspectives d'évolution. Dans: MAILHOT, A. et D. CHAUMONT (éd.). *Élaboration du portrait bioclimatique futur du Nunavik, Tome I. Rapport présenté au ministère de la Forêt, de la Faune et des Parcs*. Ouranos, p. 86-162.
- TREMBLAY, B., E. LÉVESQUE et S. BOUDREAU, 2012. Recent expansion of erect shrubs in the Low Arctic: evidence from Eastern Nunavik. *Environmental Research Letters*, 7: 035501. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/7/3/035501>.
- WILKINSON, P.F., C.C. SHANK et D.F. PENNER, 1976. Muskox-caribou summer range relations on Banks Island, NWT. *Journal of Wildlife Management*, 40: 151-162. <https://doi.org/10.2307/3800170>.
- ZAMIN T.J. et P. GROGAN, 2013. Caribou exclusion during a population low increases deciduous and evergreen shrub species biomass and nitrogen pools in low Arctic tundra. *Journal of Ecology*, 101: 671-683. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12082>.
- ZAMIN, T.J., M.S. BRET-HARTE et P. GROGAN, 2014. Evergreen shrubs dominate responses to experimental summer warming and fertilization in Canadian mesic low Arctic tundra. *Journal of Ecology*, 102: 749-766. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12237>.

LA FAUNE, notre mission, notre passion !

Grâce à la générosité de nos donateurs et aux contributions des chasseurs, pêcheurs et piégeurs, 294 projets de conservation de la faune ont été soutenus en 2018-2019 !

- Des initiatives réalisées par des organismes du milieu ;
- Sélectionnées avec rigueur par des experts ;
- Pour des impacts réels sur les milieux de vie de la faune.

Julie Audet / Québec couleur nature

› Faites partie du mouvement faunique !

Devenez donateur mensuel :

www.fondationdelafaune.qc.ca/aide/don_mensuel/



Gervais Comeau Conseiller en placement

1040, avenue Belvédère bureau 101, Québec (Québec) G1S 3G3
Téléphone: 418 681-2442 • gervais.comeau@iagto.ca



www.iavaleursmobilières.ca



Yvan Bedard
PHOTONATURE

Ph.D. Prof. émérite
Neuville, Qc
Canada G0A 2R0
1-418-561-7046

yvan_bedard@hotmail.com

PHOTOS-LICENCES-COURS-CONSEILS

<http://yvanbedardphotonature.com>