

Université du Québec à Rimouski
Direction du développement de la faune
et
Direction de la recherche sur la faune

**AUGMENTATION DE LA DENSITÉ DES POPULATIONS DE CERFS DE
VIRGINIE (*ODOCOILEUS VIRGINIANUS*) AU QUÉBEC : COMPARAISON
D'INDICES DE CONDITION PHYSIQUE**

par

Stéphanie Boucher
Université du Québec à Rimouski

Michel Crête
Direction du développement de la faune

Jean-Pierre Ouellet
Université du Québec à Rimouski

Claude Daigle

et

François Potvin
Direction de la recherche sur la faune

pour

la Société de la faune et des parcs du Québec

Avril 2003

Référence à citer :

BOUCHER, S., M. CRÊTE, J.-P. OUELLET, C. DAIGLE et F. POTVIN. 2003.
Augmentation de la densité des populations de cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) au Québec; comparaison d'indices de condition physique. 22 pages.

Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Québec, 2003-04-27
ISBN : 2-550-40851-9

RÉSUMÉ

Nous avons profité de l'augmentation des densités de cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) survenue dans certaines régions du Québec depuis les 30 dernières années pour comparer des indices de condition physique sensibles à la compétition alimentaire : la masse corporelle, la masse asymptotique, la longueur du pied arrière, le diamètre du merrain et le nombre d'andouillers. Les données analysées ont été récoltées entre 1973 et 2000 sur des cerfs mâles provenant de sept zones de chasse. La longueur du pied arrière a peu varié, et de façon incohérente. Les mesures relatives aux bois ont montré une grande sensibilité à l'augmentation de la densité, mais leurs variations ont également présenté des aberrations. Par ailleurs, il était difficile de juger de la valeur de ce type de mesures comme indice de condition physique en raison du faible nombre de points de comparaison disponibles. Les mesures de masse corporelle ont été les seules à varier de façon totalement cohérente, diminuant toujours à la suite d'une hausse de la densité. Toutefois, le niveau de sensibilité de ce type de mesures différait selon les classes d'âge considérées. Ainsi, l'écart relatif de masse entre les périodes 1973-1980 et 1996-2000 était peu marqué chez les individus de 1,5 an (baisses de 2 à 9 %), s'accroissait chez les adultes (baisses de 5 à 23 %) et atteignait les plus grandes valeurs dans le cas de la masse asymptotique (baisses de 4 à 26 %). Parmi tous les indices analysés, la masse asymptotique constitue celui qui devrait être retenu dans le cadre d'un système de suivi visant à évaluer l'intensité de la compétition alimentaire chez le cerf de Virginie au Québec. Dans l'éventualité où la masse asymptotique ne pourrait être utilisée, la masse des cerfs de 1,5 an serait le deuxième indice à privilégier, malgré sa sensibilité moindre

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
RÉSUMÉ	iii
TABLE DES MATIÈRES	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	v
LISTE DES FIGURES	vi
1. INTRODUCTION	1
2. MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	2
2.1 Aire d'étude	2
2.2 Évolution des densités.....	3
2.3 Mesures morphologiques	6
2.4 Analyses statistiques	6
3. RÉSULTATS	7
3.1 Comparaison inter-zone de l'importance des changements morphologiques.....	7
3.1.1 Mesures massiques et squelettiques.....	7
3.1.2 Mesures relatives aux bois	9
3.2 Sensibilité des indices de condition physique.....	9
4. DISCUSSION	12
4.1 Comparaison inter-zone de l'importance des changements morphologiques.....	12
4.2 Sensibilité des indices de condition physique.....	14
5. CONCLUSION.....	17
6. RECOMMANDATIONS	17
REMERCIEMENTS.....	19
LISTE DES RÉFÉRENCES	20

LISTE DES TABLEAUX

	<i>Page</i>
Tableau 1. Densité de cerfs de Virginie en 1989 et 2000 et taux d'accroissement fini des populations de sept zones de chasse québécoises	4
Tableau 2. Masse moyenne des cerfs de Virginie mâles de 1,5 an et de 5,5 ans et plus, masse asymptotique, longueur moyenne du pied arrière des mâles de 1,5 an et 4,5 ans et plus, et longueur du pied arrière asymptotique pour les périodes 1973-1980 et 1996-2000 à l'intérieur de sept zones de chasse québécoises	8
Tableau 3. Nombre total d'andouillers, nombre d'andouillers du côté droit et du côté gauche, diamètre moyen des merrains et circonférence des merrains droits et gauches des cerfs de Virginie de 1,5 an provenant de trois zones de chasse québécoises, pour les périodes 1973-1979, 1985-1987 et 1992-1997	10
Tableau 4. Pourcentage de variation entre les périodes 1973-1980 et 1996-2000 des mesures massiques et squelettiques dans les cinq zones de chasse ayant subi une hausse de densité	11
Tableau 5. Pourcentage de variation entre les périodes 1973-1979, 1985-1987 et 1992-1997 des mesures relatives aux bois dans les deux zones de chasse ayant subi une hausse de densité	12

LISTE DES FIGURES

	<i>Page</i>
Figure 1. Localisation des sept zones de chasse québécoises à l'intérieur desquelles les indices de condition physique ont été mesurés sur des cerfs de Virginie mâles, entre 1973 et 2000	3
Figure 2. Évolution de la récolte de cerfs de Virginie mâles prélevés à l'arme à feu, par unité de surface d'habitat, pour sept zones de chasse québécoise entre 1971 et 2000	5

1. INTRODUCTION

Chez les cervidés, l'augmentation de la densité des populations peut entraîner diverses répercussions sur la condition physique des individus par le biais d'une compétition alimentaire accrue (Severinghaus 1979; Leader-Williams et Rickett 1982; Kie *et al.* 1983; Crête et Huot 1993; Ashley *et al.* 1998). Par conséquent, il s'avère essentiel de fixer des niveaux de densité adéquats dans le but d'éviter une dégradation de l'habitat (Warren 1997) et de permettre aux cerfs d'atteindre leur plein développement physique. Étant donné que la qualité de l'habitat se répercute sur la croissance des cerfs (Boucher 2003), un suivi de la morphologie des individus peut aider à établir les niveaux de densité devant être visés. Lorsqu'il s'agit d'une espèce exploitée, la mise en place d'un tel programme de surveillance s'avère relativement simple grâce à la prise de mesures sur les cerfs récoltés par les chasseurs. Les caractéristiques morphologiques les plus fréquemment utilisées sont d'ordre massique et squelettique (Huot 1988) et concernent également la taille de même que la morphologie des bois (Rasmussen 1985).

Les indices de condition physique ne possèdent vraisemblablement pas tous le même degré de sensibilité face à l'intensité de la compétition pour la nourriture. La détermination de la sensibilité de ces indices morphologiques nécessite une prise de données réalisée sur une longue échelle temporelle et à l'intérieur d'une même population ayant subi des fluctuations de densité. Cette procédure permet d'éviter les biais relatifs aux variations de l'habitat entre les sites d'étude ainsi qu'aux caractéristiques génétiques propres à chaque population (Leberg et Smith 1993). L'historique de l'évolution des densités de cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) au Québec permet une telle étude comparative. Suite à une période de faible abondance pendant les années 1970, le contrôle de l'exploitation de même que des conditions climatiques hivernales favorables ont permis une remontée manifeste des effectifs à partir des années 1980 (Potvin 1994). Cette croissance fut remarquable au sud du Québec où les populations y ont atteint des densités étonnamment élevées. Par conséquent, les cerfs de ces régions doivent maintenant faire face à une compétition alimentaire intense, dans un habitat dégradé où la disponibilité d'une nourriture de bonne qualité est réduite (Rouleau 2002; Boucher 2003).

La masse corporelle et le nombre d'andouillers des cerfs du sud du Québec avaient d'ailleurs commencé à diminuer entre 1973 et 1987 (Potvin 1989).

La présente étude a pour objectif de comparer différents indices de condition physique de cerf de Virginie récoltés par la chasse sportive au Québec afin de déterminer lesquels sont les plus sensibles à l'intensité de la compétition alimentaire. Ces comparaisons concernent des indices classiques tels que la masse corporelle, la longueur du pied arrière, le diamètre du merrain et le nombre d'andouillers. Elles incluent également la masse asymptotique (Lesage *et al.* 2001; Boucher 2003), soit celle atteinte à la fin de la période de croissance des cerfs. Les comparaisons couvrent la période 1973 à 2000 et portent sur sept zones de chasse dont cinq ont vu s'accroître leurs effectifs au cours de la période d'étude.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Aire d'étude

L'aire de répartition du cerf de Virginie au Québec couvre une superficie totale de 128 000 km² et se situe entre les latitudes 45° et 50° N. Les données ont été récoltées sur des cerfs provenant de sept zones de chasse, lesquelles totalisaient une superficie de 69 078 km² (figure 1). Les caractéristiques de l'habitat variaient à l'intérieur de l'aire d'étude. Les zones situées au sud (4, 5 et 6) et à l'ouest (10 et 11) présentaient une forêt dominée par les arbres décidus. La zone 2, localisée à l'est de l'aire d'étude, était caractérisée par une forêt mélangée à tendance résineuse. L'île d'Anticosti (zone 20) présentait une forêt de type boréal. Cette zone constitue un cas particulier puisque le cerf y a été introduit à la fin du 19^e siècle et y a atteint un niveau de densité élevé en l'absence de prédateur (Huot 1982). Le climat hivernal était variable à l'intérieur de l'aire d'étude; les zones 4, 5 et 6 bénéficiaient de conditions clémentes, les zones 10 et 11 possédaient des conditions modérées et les zones 2 et 20 présentaient les conditions les plus rigoureuses. Les proportions de terres en culture ou habitées retrouvées à l'intérieur des

zones 4, 5 et 6 étaient de 26, 35 et 43 %, respectivement. Les zones 2, 10 et 11, davantage forestières, possédaient respectivement 20, 10 et 14 % de leur superficie en terres agricoles ou habitées. Aucune terre en culture n'était présente dans la zone 20. Il est à noter que les zones 4 et 6 ont été réunies dans la présente étude puisque celles-ci correspondaient à une seule zone de chasse avant 1975.

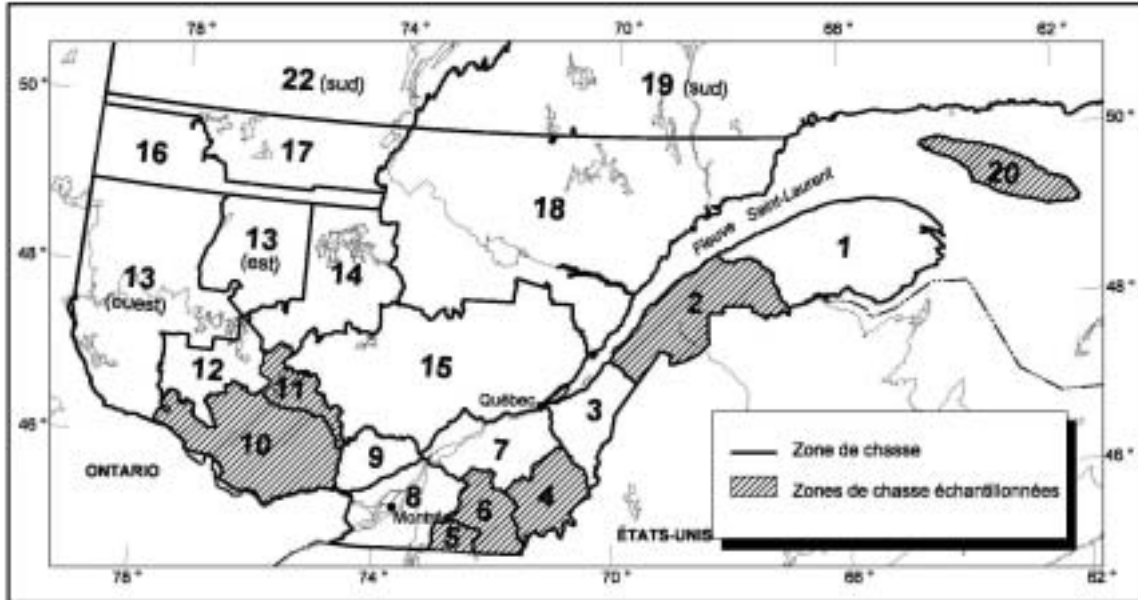


Figure 1. Localisation des sept zones de chasse québécoises à l'intérieur desquelles les indices de condition physique ont été mesurés sur des cerfs de Virginie mâles, entre 1973 et 2000

2.2 Évolution des densités

Les données de densité, disponibles depuis 1989, indiquent des écarts très marqués entre les zones, allant de moins de 1 cerf/km² à plus de 15 cerfs/km² (tableau 1). La récolte annuelle de mâles par unité de surface, durant la saison de chasse à l'arme à feu, a été utilisée comme indice de la densité pour chaque zone de chasse (figure 2). Ces données étaient disponibles à partir de 1971. En comparant la progression de la récolte dans le temps, il a été possible de diviser les zones de chasse en deux groupes. Un premier groupe, où la récolte est demeurée relativement stable, comprend les zones 2 et 10 (tableau 1). Le deuxième, où la récolte a été à la hausse, incorpore les zones 4-6, 5 et 11.

La zone 20 a également été intégrée à ce groupe bien que la récolte de cerfs y soit demeurée stable pendant la période d'étude, puisque le niveau de densité qui prévalait au début de cette période était déjà excessivement élevé. Pour cette raison, l'habitat a subi une dégradation accrue au cours des années, intensifiant ainsi la compétition alimentaire (J.-P. Tremblay, comm. pers.).

Tableau 1. Densités de cerf de Virginie en 1989 et 2000 et taux d'accroissement fini des populations de sept zones de chasse québécoises

Zone	Densité 1989 (cerfs/km²)¹	Densité 2000 (cerfs/km²)²	Taux d'accroissement fini (λ) entre 1971 et 2000
2	0,8	0,9	1,01
4-6	1,2	7,7	1,18
5	4,5	10,7	1,08
10	4,7	7,8	1,05
11	2,4	4,4	1,06
20	15,5	15,8 ³	1,00

¹ D'après Potvin (1989)

² D'après Huot *et al.* (2002)

³ D'après Rochette *et al.* (2003)

En fonction des années disponibles pour chaque variable et de l'abondance relative du cerf, nous avons distingué deux ou trois périodes d'analyse. Ainsi, pour les variables relatives à la masse et à la longueur du pied arrière, deux périodes ont été identifiées. La période 1973-1980 (abondance faible) inclut les années 1973 à 1980, alors que la période 1996-2000 (abondance élevée) incorpore les années 1996, 1997 et 2000. Pour les variables associées aux bois, trois périodes ont été discernées : périodes 1973-1979 (abondance faible), période 1985-1987 (abondance moyenne) et période 1992-1997 (abondance élevée).

2.3 Mesures morphologiques

Les mesures ont été prises sur des carcasses éviscérées de cerfs mâles, récoltés par les chasseurs dans les sept zones étudiées, pendant la saison de chasse à l'arme à feu (fin-octobre à mi-novembre). Les mesures prises sur chaque animal étaient : la masse de la carcasse éviscérée (± 1 kg), la longueur du pied arrière (± 1 cm), la circonférence des merrains (± 1 mm) et le nombre d'andouillers gauches et droits ($\geq 2,5$ cm de longueur). Le pied arrière a été mesuré en position allongée, de la pointe du sabot à l'extrémité du *tuber calcis*, sur des pattes intactes et non disséquées. La circonférence des merrains gauche et droit a été mesurée au moyen d'un ruban souple, placé à 2,5 cm au-dessus de la meule. À des fins d'analyse, cette valeur a ensuite été transformée en diamètre en la divisant par π . L'usure et le remplacement des dents (Severinghaus 1949) ont servi à identifier les faons et les cerfs de 1,5 an alors que le décompte des annuli de ciment (Ouellet 1977) a été utilisé pour les spécimens plus âgés. La masse asymptotique des cerfs de chaque zone a été calculée à partir du modèle de von Bertalanffy (Proc NLIN, SAS 1999; Lesage *et al.* 2001). Le même modèle a été utilisé afin d'estimer la longueur asymptotique du pied arrière. Une série de données récoltées en 1996 et 1997 dans les zones 2 (n = 40) et 5 (n = 148), concernant la masse et le pied arrière des cerfs, a été ajoutée afin d'augmenter la taille des effectifs (Lesage *et al.* 2001).

2.4 Analyses statistiques

L'analyse de la masse des cerfs a porté sur deux groupes d'âge, soit les animaux de 1,5 an et les cerfs adultes de 5,5 ans et plus. Le deuxième groupe d'âge incluait aussi les cerfs de 4,5 ans dans le cas de la longueur du pied arrière puisque nous avons considéré que la croissance squelettique se terminait plus tôt que la croissance des tissus mous. L'analyse des mesures relatives aux bois portait uniquement sur les cerfs de 1,5 an. La masse des cerfs de 1,5 an, la masse des cerfs adultes et la masse asymptotique, de même que la longueur du pied arrière des cerfs de 1,5 an, la longueur du pied arrière des cerfs adultes et la longueur du pied arrière asymptotique ont été comparées entre les périodes

d'abondance, pour chaque zone de chasse, à l'aide d'ANOVAs à un facteur. Les paramètres du modèle de von Bertalanffy relatifs à la masse et à la longueur du pied arrière asymptotiques ont été comparés entre les périodes d'abondance et pour chaque zone à partir du test de Student. Le nombre d'andouillers total, le nombre d'andouillers droit et gauche, le diamètre moyen et la circonférence des merrains droit et gauche des cerfs de 1,5 an ont été comparés entre les périodes d'abondance, pour chaque zone de chasse, au moyen d'ANOVAs à un facteur. Toutes les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel Systat 9.

3. RÉSULTATS

3.1 Comparaison inter-zone de l'importance des changements morphologiques

3.1.1 Mesures massiques et squelettiques

Les mesures morphologiques des cerfs provenant des zones de chasse dont la densité est demeurée relativement stable présentaient peu de différences significatives entre les périodes d'abondance 1973-1980 et 1996-2000 (tableaux 2 et 4). Dans la zone 2, la presque totalité des mesures montrait une légère tendance à la hausse et la seule différence significative concernait la masse asymptotique, qui est passée de 92 à 115 kg. Dans la zone 10, les valeurs de masse présentaient également une faible tendance à la hausse entre les périodes, à l'inverse de la longueur du pied arrière qui a diminué pour les deux groupes d'âge. Dans les zones où la densité a connu une hausse, la totalité des mesures de masse a subi une diminution (tableaux 2 et 4) et plus de la moitié de ces diminutions étaient statistiquement significatives. Les zones 5 et 20 ont connu les écarts de masse les plus importants entre les périodes d'abondance (c.-à-d. baisses de 26 et 14 %, respectivement, de la masse asymptotique). La longueur du pied arrière a également montré une tendance à la baisse dans la majorité des cas, mais les seules diminutions significatives concernaient la zone 20 (1,5 an, 4,5 ans et plus et longueur asymptotique) et les zones 4-6 et 5 (1,5 an seulement).

Tableau 2. Masse moyenne des cerfs de Virginie mâles de 1,5 an et 5,5 ans et plus, masse asymptotique, longueur moyenne du pied arrière (Lpa) des mâles de 1,5 an et 4,5 ans et plus et longueur du pied arrière asymptotique pour les périodes 1973-1980 et 1996-2000 à l'intérieur de sept zones de chasse québécoises

Zone	Période	Masse (kg) 1,5 an	Masse (kg) 5,5 ans +	Masse Asymptotique (kg)		Lpa (cm) 1,5 an	Lpa (cm) 4,5 ans +	Lpa Asymptotique (cm)	
				Moy.	Int. conf. 95%			Moy.	Int. conf. 95%
Densité stable									
2	1973-1980	54,73 (117)	91,27 (22)	92,25* (217)	85,98-98,53	49,49 (125)	52,25 (40)	52,44 (241)	51,40-53,48
	1996-2000	55,71 (74)	95,39 (40)	114,9* (207)	94,61-135,30	49,27 (74)	52,64 (64)	52,88 (212)	49,00-52,60
10	1973-1980	54,77 (413)	91,60 (82)	100,19 (747)	95,61-104,78	49,77** (470)	52,26* (194)	51,94** (1121)	51,71-52,17
	1996-2000	55,53 (151)	95,20 (7)	105,90 (234)	88,25-125,50	49,27** (150)	51,37* (14)	51,05** (231)	50,40-51,70
Densité à la hausse									
20	1973-1980	37,79* (232)	64,98** (44)	67,80** (640)	63,20-72,41	47,24*** (232)	49,84** (86)	49,53** (645)	49,21-49,85
	1996-2000	34,92* (25)	56,73** (15)	58,58** (78)	52,95-64,21	45,18*** (25)	48,84** (25)	48,47** (78)	47,88-49,06
4-6	1973-1980	58,57** (141)	101,58 (50)	109,41 (352)	103,42-115,41	49,94** (147)	52,03 (79)	51,92 (373)	51,53-52,30
	1996-2000	56,62** (406)	96,30 (29)	102,24 (614)	95,94-108,53	49,24** (405)	51,91 (63)	52,27 (610)	51,34-53,21
11	1973-1980	54,92 (73)	97,00** (9)	98,06 (114)	83,27-112,84	49,85 (100)	52,48 (29)	53,73 (180)	50,08-57,38
	1996-2000	53,86 (71)	80,00** (5)	94,10 (103)	73,16-115,00	50,00 (71)	52,43 (11)	52,59 (104)	51,53-53,65
5	1973-1980	57,64*** (107)	99,59*** (34)	110,84*** (307)	101,22-120,45	49,42* (106)	51,05 (55)	50,90 (309)	50,53-51,30
	1996-2000	52,33*** (214)	76,60*** (17)	82,57*** (351)	77,21-87,94	49,19* (214)	51,50 (31)	50,87 (353)	48,77-52,92

Différence entre les deux périodes, à l'intérieur d'une zone et pour une même variable, d'après une ANOVA (p < 0,05)

* P < 0,05, ** P < 0,01, *** P < 0,001

() : taille de l'échantillon

3.1.2 Mesures relatives aux bois

Seulement trois zones possédaient des mesures relatives aux bois (tableaux 3 et 5). Dans la zone 10 (densité stable) les mesures n'ont pas diminué de façon significative à l'exception du nombre total d'andouillers. Dans les deux zones où la densité a augmenté les résultats variaient selon le type de mesures. Dans la zone 11, le nombre d'andouillers (total, droit et gauche) a diminué de façon significative entre les périodes 1973-1979 et 1985-1987 mais la circonférence du merrain a peu varié, à l'exception du merrain droit qui a régressé en circonférence. Les changements ont été plus marqués dans la zone 5 où l'on observe une diminution significative du nombre d'andouillers pendant à la période 1992-1997 par rapport aux deux périodes précédentes, ainsi qu'une baisse constante et significative du diamètre et de la circonférence des merrains entre les trois périodes.

3.2 Sensibilité des indices de condition physique

Dans les zones ayant connu une augmentation de la densité, l'ensemble des mesures de masse montrait des diminutions entre les périodes d'abondance, variant entre 3 et 26 % selon l'indice et la zone (tableau 4). Les mesures de masse sont celles qui présentaient le plus grand nombre de différences significatives entre les périodes d'abondance (tableaux 2 et 4). La masse des cerfs de 1,5 an montrait une diminution significative pour 3 zones tout comme celle des cerfs adultes, alors que la masse asymptotique diminuait de façon significative dans deux zones. Parmi les trois types de mesures associées à la masse, celle des cerfs de 1,5 an affichait la plus faible diminution (2 à 9 %) entre les périodes d'abondance, alors que la baisse était davantage marquée chez les cerfs adultes (5 à 23 %). Toutefois, c'est la masse asymptotique qui présentait la plus grande différence entre les périodes d'abondance (4 à 26 %).

Tableau 3. Nombre total d'andouillers, nombre d'andouillers du côté droit et du côté gauche, diamètre moyen des merrains et circonférence des merrains droits et gauches des cerfs de Virginie de 1,5 an provenant de trois zones de chasse québécoises, pour les périodes 1973-1979, 1985-1987 et 1992-1997

Zone	Période	Andouillers totaux	Andouillers droits	Andouillers gauches	Diamètre moyen merrain (mm)	Circonférence moyenne merrain droit (mm)	Circonférence moyenne merrain gauche (mm)
Densité stable							
10	1973-1979	3,57 ^a (534)	1,79 ^a (525)	1,78 ^a (524)	18,77 ^a (539)	58,99 ^a (522)	58,99 ^a (521)
	1985-1987	3,38 ^a (161)	1,70 ^a (159)	1,69 ^a (159)	18,81 ^a (161)	58,97 ^a (157)	59,21 ^a (159)
	1992-1997	3,25 ^b (226)	1,67 ^a (225)	1,61 ^a (223)	18,44 ^a (225)	57,80 ^a (218)	58,18 ^a (220)
Densité à la hausse							
11	1973-1979	3,60 ^a (101)	1,83 ^a (100)	1,79 ^a (99)	18,45 ^a (97)	58,11 ^a (95)	58,16 ^a (93)
	1985-1987	2,50 ^b (14)	1,15 ^b (13)	1,29 ^b (14)	16,87 ^a (14)	51,00 ^b (13)	54,43 ^a (14)
	1992-1997	2,62 ^b (55)	1,38 ^a (55)	1,27 ^b (55)	17,69 ^a (55)	55,05 ^b (55)	56,19 ^a (53)
5	1973-1979	3,02 ^a (81)	1,55 ^a (73)	1,55 ^a (76)	19,18 ^a (108)	60,49 ^a (103)	60,09 ^a (103)
	1985-1987	2,89 ^a (174)	1,47 ^a (174)	1,42 ^a (172)	18,29 ^b (172)	57,32 ^b (165)	57,50 ^b (169)
	1992-1997	2,38 ^b (130)	1,25 ^b (130)	1,18 ^b (125)	16,46 ^c (129)	51,93 ^c (129)	51,72 ^c (120)

Les valeurs identifiées par la même lettre, à l'intérieur d'une zone et pour une même variable, ne diffèrent pas statistiquement ($p > 0,05$).

() : taille de l'échantillon

Les mesures associées à la longueur du pied arrière, parmi les zones ayant subi une hausse de densité, montraient également des diminutions entre les périodes d'abondance, bien que certaines exceptions furent présentes (tableaux 2 et 4). Comparativement aux mesures de masse, ces mesures possédaient un nombre moindre de diminutions statistiquement significatives ainsi que des variations beaucoup moins marquées entre les périodes. La longueur du pied arrière des cerfs de 1,5 an a diminué de façon significative dans trois zones alors que celle des cerfs adultes, tout comme la longueur du pied arrière asymptotique, a régressé de façon significative dans seulement une zone. Aucune des trois mesures squelettiques considérées n'a paru plus sensible au changement d'abondance du cerf.

Tableau 4. Pourcentage de variation entre les périodes 1973-1980 et 1996-2000 des mesures massiques et squelettiques dans les cinq zones de chasse ayant subi une hausse de densité

Zone	Masse 1,5 an	Masse 5,5 ans +	Masse asymptotique	Lpa 1,5 an	Lpa 4,5 ans +	Lpa asymptotique
20	-7,59*	-12,70**	-13,60**	-4,36***	-2,01**	-2,14**
4-6	-3,33**	-5,20	-6,55	-1,40**	-0,23	0,67
11	-1,93	-17,53**	-4,04	0,30	-0,10	-2,12
5	-9,21***	-23,08***	-25,5***	-0,47*	0,87	-0,06

Différence entre les deux périodes, à l'intérieur d'une zone et pour une même variable, d'après une ANOVA (P < 0,05)

* P < 0,05, ** P < 0,01, *** P < 0,001

Pour ce qui est des variables relatives aux bois, dans les zones avec une hausse de densité, celles-ci montraient des diminutions parfois contradictoires entre les périodes d'abondance (tableaux 3 et 5). Le nombre d'andouillers ainsi que les mesures de merrains présentaient plusieurs diminutions significatives, mais celles-ci étaient toutefois plus nombreuses pour les mesures de merrains (diamètre et circonférence). La zone 11 affichait des variations contradictoires entre les périodes d'abondance puisque les valeurs diminuaient entre 1973-1979 et 1985-1987 et augmentaient par la suite entre les deux dernières périodes, pour la presque totalité des variables. En examinant la zone 5

uniquement, le nombre d'andouillers diminuait de façon légèrement plus marquée entre les périodes d'abondance, comparativement au diamètre et à la circonférence des merrains.

Tableau 5. Pourcentage de variation entre les périodes 1973-1979, 1985-1987 et 1992-1997 des mesures relatives aux bois dans les deux zones de chasse ayant subi une hausse de densité

Zone	Comparaison	And. totaux	And. droits	And. gauches	Diam. moy. merrains	Circ. moy. merrain D	Circ. moy. merrain G
11	1973-1979 vs 1985-1987	-30,56*	-37,16*	-27,93*	-8,56	-12,24*	-6,41
	1985-1987 vs 1992-1997	4,80	20,00*	-1,55	4,86	7,94	3,23
5	1973-1979 vs 1985-1987	-4,30	-5,16	-8,39*	-4,64*	-5,24*	-4,31*
	1985-1987 vs 1992-1997	-17,65*	-14,97*	-16,90*	-10,01*	-9,40*	-10,05*

* Différence entre les deux périodes, à l'intérieur d'une zone et pour une même variable, d'après une ANOVA (p < 0,05)

4. DISCUSSION

4.1 Comparaison inter-zone de l'importance des changements morphologiques

Les résultats obtenus démontrent que comparativement aux zones où les densités de cerfs sont demeurées stables, les cerfs des zones considérées comme ayant subi une hausse de densité ont réellement atteint des niveaux indiquant une augmentation de la compétition alimentaire. Alors que la majorité des indices de condition physique présentent peu de différences entre les périodes pour les zones 2 et 10, ces indices ont diminué dans la plupart des cas pour les zones 20, 4-6, 11 et 5 (tableaux 2 et 4). Ainsi, entre 1973 et 2000, les densités de cerfs de ces cinq zones semblent avoir dépassé la capacité de support du milieu. Puisque la taille atteinte à maturité par les cervidés est déterminée par la compétition alimentaire en saison estivale (Reimers *et al.* 1983; Hjeljord et Histol 1999; Boucher 2003), les diminutions de croissance observées au cours de la période d'étude sont vraisemblablement dues à une compétition alimentaire estivale intense. Une étude

réalisée à l'été 2000 (Boucher 2003) a d'ailleurs confirmé que la quantité de biomasse végétale comestible disponible en milieu forestier, pendant la saison de croissance, était inférieure dans les zones 5, 6 et 20, comparativement aux zones 2 et 10 où les cerfs avaient accès à une nourriture plus abondante. Les mêmes conclusions avaient été obtenues par Rouleau (2001) concernant les zones 2 et 5. En considérant uniquement les mesures de masse, les zones 5 et 20 sont celles qui accusent les plus importantes diminutions au cours de la période étudiée (tableau 4). Ces baisses concordent avec les densités très élevées actuellement observées dans ces deux zones, soit plus de 10 cerfs/km² (tableau 1). L'abondance de cerfs dans ces zones de chasse semble donc se situer à un niveau où les cerfs affectent la végétation forestière. Bien qu'il n'y ait pas d'indication à l'effet que la densité ait substantiellement augmenté dans la zone 20 au cours de la période d'étude, l'importante diminution de masse des cerfs suggère que le maintien à long terme d'un niveau de densité aussi élevé a contribué à une dégradation progressive de l'habitat et à une amplification de la compétition alimentaire. Des inventaires de biomasse végétale réalisés en 2002 (J.-P. Tremblay, comm. pers.) ont d'ailleurs montré que la quantité de nourriture disponible en saison estivale avait diminué comparativement à celle observée dans les années 1970 (Huot 1982).

Les zones de chasse où les densités de cerfs sont demeurées relativement stables semblent comporter certaines aberrations quant aux différences de mesures massiques et squelettiques observées entre les périodes d'abondance (tableaux 2 et 4). La zone 2 présente une augmentation de la masse chez les cerfs adultes au cours des années et cette augmentation est significative dans le cas de la masse asymptotique. La hausse chez les adultes est possiblement attribuable au fait que l'échantillon utilisé pour la période 1996-2000 incluait une grande proportion de cerfs récoltés à la suite d'un moratoire de trois ans sur la chasse. Étant donné que l'espérance de vie des individus était meilleure à ce moment, les cerfs plus âgés étaient donc davantage présents au cours de la dernière période, comparativement à la période initiale. La différence de masse est d'ailleurs peu importante chez les cerfs de 1,5 an. Pour la zone 10, des diminutions significatives apparaissaient entre les périodes d'abondance pour les trois mesures relatives à la

longueur du pied arrière. Bien que ces différences soient significatives, celles-ci sont également de faible amplitude.

4.2 Sensibilité des indices de condition physique

La masse corporelle constitue une mesure largement utilisée à titre d'indice de condition physique chez les cervidés (Kie *et al.* 1983; Huot 1988) et elle a été identifiée comme étant un indicateur efficace de la qualité de l'habitat (Klein 1968; Hesselton et Sauer 1973; Severinghaus 1979). Parmi l'ensemble des indices analysés, les mesures de masse corporelle sont les seules à réagir de façon parfaitement cohérente en fonction de l'augmentation de la densité de cerfs. Celles-ci présentent uniquement des diminutions entre les périodes d'abondance dans les zones avec une hausse de la densité, en plus de posséder le plus grand nombre de différences significatives entre les périodes. Toutefois, la qualité d'un indice de condition physique devrait autant reposer sur la taille de la réponse que sur le niveau de signification des différences observées. D'autre part, indépendamment de l'indice considéré, il importe également que la taille des effectifs soit adéquate afin d'assurer un intervalle de confiance approprié, permettant de détecter les différences réelles.

Les mesures de masse sont celles qui montrent la réponse la plus marquée entre les périodes d'abondance, à l'exception de certaines mesures relatives aux bois (nombre d'andouillers) qui n'ont pas toujours varié de façon cohérente. Les différents types de mesures de masse ne possèdent pas tous le même degré de sensibilité. Les résultats obtenus indiquent un accroissement de la taille de la réponse en fonction de l'augmentation de l'âge des individus mesurés (tableau 4). Alors que l'écart relatif de masse entre les périodes d'abondance est peu marqué chez les individus de 1,5 an, il s'accroît chez les adultes pour ensuite atteindre la plus grande valeur dans le cas de la masse asymptotique. La masse asymptotique cumule les impacts de la qualité de l'habitat utilisé pendant toute la période de croissance des cerfs. Par conséquent, en comparaison avec les autres types de mesures de masse corporelle, la masse asymptotique s'avère la plus sensible à une intensification de la compétition alimentaire.

En raison de la grande abondance des cerfs de 1,5 an dans la récolte ainsi que de leur facilité d'identification, les systèmes de suivi de la condition physique ont souvent été basés uniquement sur ce groupe d'âge. Ashley *et al.* (1997) ont trouvé que la masse corporelle des cerfs de 1,5 an constituait la mesure la plus sensible à une modification du niveau de compétition alimentaire, en accord avec d'autres auteurs (Roseberry et Klimstra 1975; Huot 1988). Cependant, la situation pourrait différer en milieu nordique comme au Québec, puisque la stratégie de croissance des cerfs peut varier en fonction de la rigueur de l'hiver. Ainsi, Lesage *et al.* (2001) ont démontré que dans le sud du Québec, où les cerfs affrontent des conditions hivernales relativement clémentes, la croissance s'avère plus rapide chez les faons et les cerfs de 1,5 an, au détriment de l'accumulation de réserves corporelles. À l'inverse, les cerfs en croissance d'Anticosti et du Bas-St-Laurent investissent davantage dans l'accumulation de réserves corporelles afin de survivre à des hivers rigoureux. De ce fait, en plus de fournir des indications sur la qualité de l'habitat, les mesures prises sur des cerfs de 1,5 an reflètent également la rigueur de l'hiver. Cet aspect pourrait donc entraîner une certaine confusion dans l'interprétation des mesures prises sur les cerfs provenant de ce groupe d'âge. Toutefois, étant donné que l'objectif présent vise à déterminer un indicateur permettant de suivre l'évolution temporelle de la compétition alimentaire intra-zone, la masse des cerfs de 1,5 an pourrait vraisemblablement être malgré tout le rôle variable du climat.

La longueur du pied arrière est également utilisée de façon courante comme indicateur de la condition physique dans le suivi des populations de grands herbivores. Toutefois, cette mesure semble peu sensible (Hesselton et Sauer 1973; Huot 1988; Potvin 1989) et répond peu face à différents niveaux de compétition alimentaire, comparativement à d'autres indices tels que la masse corporelle (Leader-William et Ricketts 1982; Reimers *et al.* 1983; Ashley *et al.* 1998). Cette faible sensibilité s'explique par le fait que la croissance squelettique se termine plus rapidement que la croissance des muscles et des tissus adipeux (Roseberry et Klimstra 1975). D'autre part, les os situés aux extrémités des membres croissent de façon prioritaire comparativement à l'ensemble du squelette (Klein 1964; Suttie et Mitchell 1983). Nos résultats confirment la faible sensibilité de la longueur du pied arrière quant aux variations d'intensité de la compétition alimentaire.

Les mesures relatives aux bois sont reconnues depuis longtemps comme de bons indices de la condition physique des cervidés (Hesselton et Sauer 1973; Severinghaus et Moen 1983; Ramussen 1985). La croissance des bois est associée à la masse corporelle des individus (French *et al.* 1956; Roseberry et Klimstra 1975; Severinghaus et Moen 1983; Ramussen 1985) et diminue en présence de carences alimentaires (Cowan et Long 1962). Les résultats obtenus sont difficilement interprétables en raison du faible nombre de zones de chasse analysées et de certaines incohérences. Dans la zone 11, le diamètre des merrains ainsi que le nombre d'andouillers ont diminué entre les deux premières périodes d'abondance pour augmenter par la suite. En considérant la zone 5 uniquement, il semble que les mesures relatives aux bois réagissent très fortement à une hausse de la compétition alimentaire. Lorsque les deux types de mesures associés aux bois sont comparés, la taille de la réponse s'avère supérieure en ce qui concerne le nombre d'andouillers.

Il aurait été plus facile d'évaluer les mesures relatives aux bois avec des données provenant d'un plus grand nombre de zones de chasse. Ces mesures sont sensibles aux fluctuations de densité, mais il importe de mentionner que la zone 5, pour laquelle elles réagissent fortement, est également la zone où les mesures de masse ont le plus diminué au cours de la période d'étude. Ainsi, les présents résultats s'appliquent à une zone où la situation de compétition alimentaire est extrême et ne permettent donc pas de quantifier la sensibilité de ce type de mesures lors d'augmentations de densité moins importantes. D'autre part, étant donné que la croissance corporelle a préséance sur la croissance des bois (French *et al.* 1956; Cowan et Long 1962), la masse corporelle constitue vraisemblablement un indice plus direct du niveau de compétition alimentaire, comparativement aux mesures relatives aux bois.

5. CONCLUSION

Parmi l'ensemble des indices de condition physique analysés, les mesures de masse corporelle sont celles ayant démontré le plus de cohérence avec l'augmentation des densités. La longueur du pied arrière et les mesures relatives aux bois semblent être des indices moins fiables que la masse corporelle. Les variations inattendues observées chez ces deux types de mesures peuvent également être attribuables, en partie, à des erreurs survenues lors de la prise des données. En raison du niveau de précision qu'elles impliquent, celles-ci peuvent plus facilement occasionner des erreurs lors de la prise des données, comparativement aux mesures de masse.

La longueur du pied arrière s'est avérée la mesure la moins sensible aux variations de densité et donc la moins intéressante à privilégier comme indice de condition physique. Les mesures relatives aux bois ont montré une grande sensibilité pour la zone de chasse 5, mais il est très difficile de statuer sur leur valeur étant donné le peu de points de comparaison disponibles. Bien qu'elles n'aient pas présenté d'écarts aussi importants entre les périodes d'abondance, les mesures de masse corporelle se sont révélées être des indices sensibles, notamment la masse asymptotique. De plus, la masse corporelle constitue un indice de condition physique plus direct que les mesures relatives aux bois.

6. RECOMMANDATIONS

En raison de la fiabilité et de la sensibilité qu'elles démontrent, les mesures de masse corporelle constituent le type d'indices qui devrait être utilisé dans le cadre d'un système de suivi de la condition physique des populations de cerfs. Parmi l'ensemble des mesures massiques, la masse asymptotique semble la meilleure puisqu'elle montre le plus haut degré de sensibilité et illustre le plus clairement le niveau de compétition alimentaire subi par les cerfs. Nous recommandons donc de l'adopter afin d'évaluer la condition des cerfs. Cependant, dans l'éventualité où la masse asymptotique ne pourrait être utilisée, la masse des cerfs de 1,5 an serait le deuxième indice à privilégier, malgré sa sensibilité moindre.

Si l'on retient l'utilisation de la masse asymptotique, il faudra que les cerfs pesés appartiennent à différents groupes d'âge afin d'en permettre une estimation précise. L'échantillon devrait notamment compter un nombre minimum de cerfs âgés. En se basant sur la taille des intervalles de confiance obtenus lors de l'estimation des masses asymptotiques de la présente étude, de même que sur les résultats obtenus par Boucher (2003), il a été possible d'établir un effectif cible à atteindre. Ainsi, il faudrait peser au moins 100 carcasses éviscérées dans chaque zone de chasse, dont 30 cerfs âgés de plus de 4,5 ans. Dans le cas de l'utilisation de la masse des cerfs de 1,5 an comme indice de condition physique, l'effectif à atteindre serait également d'environ 100 cerfs par zone de chasse.

Indépendamment de l'indice choisi, la méthodologie inhérente à la prise de données devrait être standardisée afin de minimiser toutes sources de biais susceptibles d'entraîner une perte de précision ainsi que des difficultés d'interprétation. Ce système de suivi pourrait s'appliquer uniquement aux mâles afin de minimiser les coûts.

REMERCIEMENTS

Nous remercions tout le personnel du ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, du ministère de l'Environnement et de la Faune ainsi que de la Société de la faune et des parcs du Québec ayant participé à la prise des mesures sur les cerfs au cours des années. De plus, nous tenons à remercier Louis Lesage pour avoir permis l'utilisation d'une base de données récoltées dans le cadre de ses travaux. Finalement, nous remercions Gaétan Daigle et Alain Caron pour l'aide apportée lors des analyses statistiques.

LISTE DES RÉFÉRENCES

- ASHLEY, EP., G.B. McCULLOUGH et J.T. ROBINSON. 1998. Morphological response of white-tailed deer to a severe population reduction. *Can. J. Zool.* 76:1-5.
- BOUCHER, S. 2003. Relation entre la taille du cerf de Virginie et la qualité de son habitat estival. Mémoire M. Sc., Université du Québec à Rimouski.
- COWAN, R.L. et T.A. LONG. 1962. Studies on antler growth and nutrition of white-tailed deer. *In* Proceedings of the National White-tailed Deer Disease. Symposium. Vol. 1. pp. 54-60.
- CRÊTE, M. et J. HUOT. 1993. Regulation of a large herd of migratory caribou: summer nutrition affects calf growth and body reserves of dams. *Can. J. Zool.* 71: 2291-2296.
- FRENCH, C.E., L.C. McEWEN, N.D. MAGRUDER, R.H. INGRAM et R.W. SWIFT. 1956. Nutrient requirements for growth and antler development in the white-tailed deer. *J. Wildl. Manage.* 20: 221-232.
- HESELTON, W.T. et P.R. SAUER. 1973. Comparative physical condition of four deer herds in New York according to several indices. *N.Y. Fish Game J.* 20: 76-107.
- HJELJORD, O. et T. HISTOL. 1999. Range-body mass interactions of a northern ungulate - a test of hypothesis. *Oecologia.* 119: 326-339.
- HUOT, J. 1982. Body condition and food resources of white-tailed deer on Anticosti Island, Québec. Thèse Ph.D., Université Laval.
- HUOT, J. 1988. Review of methods for evaluating the physical condition of wild ungulates in northern environments. Centre d'études nordiques, Université Laval, Bibliothèque nationale du Québec. 30 p.
- KIE, J.G., M. WHITE et D.L. DRAWE. 1983. Condition parameters of white-tailed deer in Texas. *J. Wildl. Manage.* 47: 583-594.
- KLEIN, D.R. 1964. Range-related differences in growth of deer reflected in skeletal ratios. *J. Mammal.* 45: 226-235.
- KLEIN, D.R. 1968. The introduction, increase and crash of reindeer on St. Matthew Island. *J. Wildl. Manage.* 32: 350-367.
- LEADER-WILLAMS, N. et C. RICKETT. 1982. Growth and condition of three introduced reindeer herds on south Georgia : the effect of diet and density. *Hol. Ecol.* 5: 381-388.

- LEBERG, P.L et M.H. SMITH. 1993. Influence of density on growth of white-tailed deer. *J. Mammal.* 74: 723-731.
- LESAGE, L., M. CRÊTE, J. HUOT et J.-P. OUELLET. 2001. Evidence of a trade-off between growth and body reserves in northern white-tailed deer. *Oecologia* 126: 30-41.
- OUELLET, R. 1977. Une méthode améliorée dans la préparation des incisives I₁ des ongulés. Ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche du Québec, Rapport RF 10.
- POTVIN, F. 1989. Morphologie du cerf de Virginie au Québec : variations régionales et annuelles. *Can. Field. Nat.* 116: 87-100.
- POTVIN, F. 1994. Plan de gestion du cerf de Virginie au Québec 1995-1999. Le système de suivi. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Direction de la faune et des habitats, Québec. 24 p.
- RASMUSSEN, G.P. 1985. Antler measurements as an index to physical condition and range quality with respect to white-tailed deer. *N.Y. Fish Game J.* 32: 97-113.
- REIMERS, E., D. KLEIN et R. SORUMGÅRD. 1983. Calving time, growth rate, and body size of Norwegian reindeer on different ranges. *Arctic Alp. Res.* 15: 107-118.
- ROCHETTE, B., A. GINGRAS et F. POTVIN. 2003. Inventaire aérien du cerf de Virginie de l'île d'Anticosti – Été 2001. Société de la faune et des parcs du Québec. 23 p. Sous presse.
- ROSEBERRY, J.L., et W.D KLIMSTRA. 1975. Some morphological characteristics of the Crab Orchard deer herd. *J. Wildl. Manage.* 39: 48-58.
- ROULEAU, I. 2001. Réponses comportementales de cerfs agro-forestiers à une rareté de nourriture estivale. Mémoire M. Sc., Université du Québec à Rimouski.
- SAS INSTITUTE INC., 1999. Version 8, Cary, NC: SAS Institute Inc.
- SEVERINGHAUS, C.W. 1949. Tooth development and wear as criteria of age in white-tailed deer. *J. Wildl. Manage.* 13: 210-214.
- SEVERINGHAUS, C.W. 1979. Weight of white-tailed deer in relation to range conditions in New York. *N.Y. Fish Game J.* 26: 162-187.
- SEVERINGHAUS, C.W. et A.N. Moen. 1983. Prediction of weight and reproductive rates of a white-tailed deer population from records of antler beam diameters of yearling males. *N.Y. Fish Game J.* 30: 30-38.

SUTTIE, J.M. et W.J. Mitchell. 1983. Jaw length and hind foot length as measures of skeletal development of red deer (*Cervus elaphus*). *J. Zool.* 200: 431-434.

WARREN, R.J. (ed). 1997. Special issue: Deer overabundance. *Wildl. Soc. Bull.* 25:213-600.