

Direction du Développement de la faune
Direction du patrimoine écologique et du développement durable

HABITAT DU LOUP DANS LE SUD-OUEST DU QUÉBEC : OCCUPATION ACTUELLE ET MODÈLES PRÉDICTIONNELS

par

William Rateaud,

Hélène Jolicoeur,

et

Pierre Etcheverry

Société de la faune et des parcs du Québec
Ministère de l'Environnement

Février 2001

Dépôt légal — Bibliothèque nationale du Québec, 2001

ISBN : 2-550-37467-3

III

RÉSUMÉ

A la suite d'une récente mise à jour de la carte de distribution du loup, nous avons mis en relation, dans un territoire de 30 650 km² situé dans la partie sud des régions administratives de l'Outaouais, des Laurentides et de Lanaudière, trois classes d'occupation du loup (absence, présence permanente et occasionnelle) avec des caractéristiques du milieu traduisant directement ou indirectement l'occupation humaine (densité d'habitants, densité de routes, superficie urbanisée, nombre de municipalités, pourcentage de couvert forestier, pourcentage de friche, etc.) et des particularités liées aux proies recherchées par le loup (biomasse de cervidés disponible, nombre et superficie des ravages, etc.). L'analyse, faite au moyen d'une régression logistique et d'une analyse discriminante, nous a permis de déterminer, dans une situation où les proies abondent, quels sont les facteurs qui expliquent la présence ou l'absence du loup. L'étude a aussi rendu possible le développement de deux équations prédictives qui permettent d'évaluer le potentiel de différents habitats actuellement délaissés par le loup. Une stratification des données a été également réalisée pour tenir compte des deux provinces naturelles présentes dans le territoire, soit les Basses terres du Saint-Laurent, au sud, et les Laurentides méridionales, au nord.

Selon l'enquête effectuée auprès du personnel régional de la Société de la faune et des parcs, le loup occupe 92% de l'aire d'étude. Une majorité, soit 66% (n=75) des 114 unités de 270 km² qui ont servi à l'analyse, est occupée de façon permanente par le loup, 26% (n=30) des unités supportent à l'occasion du loup et 8% (n=9) en sont dépourvues. L'occupation du loup suit un gradient qui va du sud (occupation nulle) vers le nord (occupation permanente). La plupart des unités (99%) qui sont fréquentées de façon permanente par le loup sont situées à l'intérieur des limites de la province naturelle des Laurentides méridionales et toutes les unités où le loup est absent font partie des Basses terres du Saint-Laurent,

IV

la strate qui est la plus fortement occupée par l'homme. Les unités occupées occasionnellement par le loup se répartissent presque également de part et d'autre des limites des deux provinces naturelles. D'après la régression logistique, deux facteurs expliquent la présence du loup (permanente ou occasionnelle), soit le pourcentage de couvert forestier et la densité de routes. Dans les Basses terres du Saint-Laurent, où le loup est présent seulement de façon occasionnelle, c'est la concentration des ravages de cerf de Virginie dans un secteur qui pousse le loup à s'aventurer dans des habitats plus fragmentés. L'analyse discriminante donne, de son côté, sensiblement les mêmes résultats. Avec ce type d'analyse, la présence du loup s'explique par ordre d'importance par le pourcentage de couvert forestier, la densité d'habitants, la proximité d'un parc ou d'une réserve et la densité de routes. Là aussi, c'est une variable associée aux ravages de cerf de Virginie qui explique la présence du loup dans les Basses terres du Saint-Laurent. Dans un milieu qui compte une biomasse moyenne de proies de 290 kg/km^2 , la présence permanente du loup est déterminée par les conditions suivantes d'habitat : un pourcentage moyen de couvert forestier de 81,8% et plus, une densité de route moyenne de $0,3 \text{ km/km}^2$ ou moins dont une faible partie est constituée d'autoroutes ou de routes nationales ($\bar{x} = 0,02 \text{ km/km}^2$), une densité d'habitants égale ou inférieure à $7,7 \text{ hab/km}^2$ et la proximité des limites d'un parc ou d'une réserve dans lesquels les proies et/ou le loup jouissent d'une certaine protection ($\bar{x} = 22,9 \text{ km}$ ou moins). Les loups peuvent toujours tolérer des conditions d'habitat plus difficiles que celles énumérées ci-haut mais leur présence dans le milieu se fera plus rare ou plus irrégulière. Les conditions moyennes dans lesquelles les loups peuvent être rencontrés de façon occasionnelle sont les suivantes : une couverture forestière moyenne de 60,3%, une densité moyenne de routes de $0,6 \text{ km/km}^2$ dont $0,05 \text{ km/km}^2$ est constitué de voies à circulation rapide, une densité d'habitants de $42,9 \text{ hab/km}^2$ et un éloignement moyen de $52,7 \text{ km}$ des plus proches limites d'un parc ou d'une réserve faunique. Au delà de ces valeurs, le loup déserte le territoire même si la nourriture abonde.

La comparaison des deux modèles prédictifs à l'aide d'un tableau croisé de classification donne une légère supériorité au modèle logistique. En effet, ce modèle a réussi à prédire correctement les différentes classes d'occupation du loup dans une proportion de 77% contre 74% pour le modèle discriminant. C'est au niveau de la prédiction de la classe occasionnelle que les erreurs ont été les plus fréquentes (50% d'erreur de la part des deux modèles). En conclusion, on recommande de réviser à intervalle de 10 ans la carte d'occupation du loup en utilisant les mêmes critères que ceux qui ont été définis dans cette étude et d'utiliser les deux modèles prédictifs pour évaluer l'habitat potentiel du loup au sud du fleuve Saint-Laurent. Une carte de sensibilité de l'habitat du loup pourrait être aussi élaborée à la grandeur de l'aire d'étude en prenant en considération les besoins du loup révélés par cette étude.

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
RÉSUMÉ.....	III
LISTE DES TABLEAUX.....	VIII
LISTE DES FIGURES.....	IX
LISTE DES ANNEXES.....	X
1. INTRODUCTION.....	1
2. OBJECTIFS.....	4
3. AIRE D'ÉTUDE.....	5
3.1 Généralités.....	5
3.2 Relief et milieu physique.....	5
3.3 Climat et limites administratives.....	7
3.4 Proies disponibles.....	7
4. MÉTHODE.....	11
4.1 Répartition du loup.....	11
4.2 Stratification écologique.....	11
4.3 Variables descriptives étudiées.....	12
4.3.1 Le couvert forestier.....	12
4.3.2 L'occupation humaine.....	13
4.3.3 Les limites administratives.....	14
4.3.4 La biomasse et la répartition des proies.....	14
4.4 Modélisation statistique.....	15
5. RÉSULTATS.....	19
5.1 Description des deux strates.....	19
5.2 Relations entre les variables.....	20
5.3 Occupation du loup.....	25
5.4 Caractéristiques de l'habitat du loup.....	26
5.5 Variables qui expliquent la présence du loup.....	31
5.6 Modèles prédictifs.....	32
5.7 Comparaison des deux modèles.....	33

VII

6. DISCUSSION	35
6.1 Description des deux strates	35
6.2 Carte de répartition du loup	36
6.3 Caractéristiques de l'habitat du loup	36
6.4 Modèles prédictifs	41
7. CONCLUSION	43
REMERCIEMENTS	45
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	46

LISTE DES TABLEAUX

	<i>Page</i>
Tableau 1 : Valeurs moyennes ($\bar{X}(ES)$) des différentes variables par unité d'analyse en fonction des deux strates étudiées.	21
Tableau 2 : Coefficients de corrélation significatifs entre différentes variables de l'aire d'étude. Les coefficients encadrés correspondent à des $r \geq 0,70$	22
Tableau 3 : Coefficients de corrélation significatifs entre différentes variables mesurées dans les « Laurentides ». Les coefficients encadrés correspondent à des $r \geq 0,70$	23
Tableau 4 : Coefficients de corrélation significatifs entre différentes variables mesurées dans les « Basses terres ». Les coefficients encadrés correspondent à des $r \geq 0,70$	24
Tableau 5 : Valeurs moyennes ($\bar{X}(ES)$) des différentes variables selon les classes d'occupation du loup et des strates.	30
Tableau 6 : Paramètres des équations de l'analyse discriminante.	33
Tableau 7 : Comparaison entre les classes d'occupation du loup prédites par le modèle logistique et les classes réellement observées.	34
Tableau 8 : Comparaison entre les classes d'occupation du loup prédites par le modèle discriminant et les classes réellement observées.	34

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1 : Localisation de l'aire d'étude par rapport aux limites des régions administratives de l'Outaouais, des Laurentides et de Lanaudière et des principaux parcs et réserves fauniques de ces régions. Représentation sur un modèle numérique d'élévation.	9
Figure 2 : Limites des deux provinces naturelles présentes dans l'aire d'étude et des basses terres de l'Outaouais. Représentation sur un modèle numérique d'élévation.	10
Figure 3 : Partage des unités d'analyse de l'aire d'étude en regard des limites des deux provinces naturelles et des basses terres de l'Outaouais.	28
Figure 4 : Partage des unités d'analyse de l'aire d'étude en fonction des trois classes d'occupation du loup.	29

LISTE DES ANNEXES

	Page
Annexe 1 : Densités de cerfs de Virginie et d'orignaux par zone de chasse et de piégeage ayant servi au calcul de la biomasse de proies disponibles.....	52
Annexe 2 : Définition des classes d'occupation pour la distribution du loup et du coyote.....	54
Annexe 3 : Zones de pêche, de chasse et de piégeage	56

1. INTRODUCTION

Canis lupus... Tant détesté autrefois, cet animal devenu vedette perd lentement depuis une vingtaine d'années son image de bête féroce et sanguinaire. Il semble maintenant reconquérir l'estime des hommes et retrouver auprès du grand public une certaine forme de respect teintée d'admiration. Jusqu'au début des années 1990, les chercheurs montraient peu d'intérêt pour l'étude de l'habitat du loup. Mais à l'heure où ce grand carnivore tente de revenir en force naturellement ou par voie de réintroduction vers de nombreuses régions du globe d'où il avait été banni, entre autres en France et dans plusieurs états des États-Unis apparaît donc une volonté générale, voire internationale, de le protéger et d'améliorer les connaissances sur ce qui constitue les conditions favorables pour sa survie et pour son rétablissement.

Étant situés au sommet de la chaîne alimentaire et doués d'une extraordinaire adaptabilité, les loups ne sont pas liés à un type de végétation particulier ou un écosystème précis (Mech 1970; Mladenoff *et al.* 1995). Ils vivent aussi bien dans la toundra, dans la taïga, dans les plaines ainsi que dans les forêts de conifères, de feuillus ou dans les forêts mélangées. Le facteur primordial, qui permet le maintien ou l'établissement des loups, est d'abord et avant tout la présence d'ongulés leur servant de proies tels le cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*), le cerf mulot (*Odocoileus hemionus*), le caribou (*Rangifer tarandus*), l'orignal (*Alces alces*), le wapiti (*Cervus elaphus*), le bison (*Bison bison*), le boeuf musqué (*Ovibos moschatus*) et le mouflon (*Ovis sp.*). Dans le nord-est des États-Unis et dans la moitié sud du Québec, les espèces susceptibles de former les proies de base du loup sont le cerf de Virginie et l'orignal. Pour assurer une présence permanente du loup dans un territoire donné, ces espèces doivent être suffisamment abondantes pour répondre aux besoins énergétiques quotidiens de ce grand carnivore. Sous nos conditions, un seuil minimal de 2 orignaux par 10 km² a été proposé par Messier et Crête (1985) pour l'Outaouais. En dessous de ce seuil, ou de son

équivalent en biomasse ($800 \text{ kg}/10 \text{ km}^2$; 1 orignal=400 kg environ), la survie des individus ou des meutes est toujours possible mais le maintien d'une population stable devient improbable. Les grands déplacements que les loups sont forcés de faire pour trouver leurs proies augmentent les probabilités de contacts avec les humains (accidents routiers, chasse, piégeage) et entraînent une plus grande mortalité au sein de leur population (Jolicoeur 1998; Larivière *et al.* 1998). Cette promiscuité non désirée avec les humains est aussi aggravée par le comportement de certaines espèces d'ongulés, et c'est le cas du cerf de Virginie, qui utilisent à leur avantage la fragmentation du couvert forestier et la présence humaine (Mladenoff *et al.* 1995).

Ces considérations amènent les chercheurs à se poser les questions suivantes : qu'est-ce qu'un bon habitat pour le loup? Quels sont les seuils critiques que peuvent tolérer les loups individuellement et en tant que population? Et est-ce que les loups pourraient réintégrer certains habitats d'où ils ont été extirpés depuis 50-60 ans? Depuis quelques années, plusieurs équipes ont travaillé dans la région des Grands Lacs (Minnesota, Wisconsin, Michigan) pour caractériser l'habitat où le loup s'est maintenu jusqu'à nos jours et pour déterminer avec des modèles statistiques quelles autres régions des États-Unis seraient propices pour sa réintégration naturelle par dispersion ou par voie de réintroduction (Thiel 1985, Jensen *et al.* 1986, Mech *et al.* 1988 ; Fuller *et al.* 1992 ; Mladenoff *et al.* 1995, 1999 ; Mladenoff et Sickley 1998). Le modèle de Mladenoff *et al.* (1995) appliqué aux conditions qui existent dans les forêts feuillues et mixtes du nord-est des États-Unis (Mladenoff et Sickley 1998) a révélé l'existence d'habitats favorables pour le loup dans le Maine et le New Hampshire ainsi que dans l'état de New York (région des Adirondaks). La présence de cet habitat a été également confirmée par les travaux de Harrison et Chapin (1997). Mais tant et aussi longtemps qu'il n'y aura pas de loups dans cette région, ces modèles et ces prévisions resteront théoriques. Par contre, de l'autre côté de la frontière, dans le sud-ouest du Québec, on retrouve des conditions d'habitat qui s'approchent de

celles de la Nouvelle-Angleterre en terme de couvert forestier, de proies et d'occupation humaine, avec en plus des situations bien contrastées de présence et d'absence du loup. Cette dynamique, particulière aux régions de l'Outaouais, des Laurentides et de Lanaudière, constitue donc un laboratoire extraordinaire pour faire avancer nos connaissances sur l'habitat du loup et pour parfaire les outils qui permettent d'évaluer le potentiel de certains territoires délaissés historiquement par le loup et ce, autant au Québec qu'ailleurs dans les provinces maritimes et en Nouvelle-Angleterre.

2. OBJECTIFS

Les objectifs de ce travail sont :

- d'identifier les facteurs qui limitent, en dehors de la biomasse de proies, la présence du loup dans les régions de l'Outaouais, des Laurentides et de Lanaudière;
- de bâtir un modèle prédictif pouvant être utilisé pour évaluer le potentiel de différents habitats où le loup est présentement absent.

3. AIRE D'ÉTUDE

3.1 Généralités

L'aire d'étude est située entre L'Île-aux-Allumettes, le long de la rivière des Outaouais, et Montréal (figure 1). Sa superficie couvre 30 650 km² et de larges portions des régions administratives de l'Outaouais, des Laurentides et de Lanaudière (figure 1). Ce site a été choisi parce qu'il présentait un gradient complet d'occupation du loup, allant de l'absence totale, à la présence occasionnelle ou permanente, ainsi qu'une variété de situations mettant en rapport les loups, leurs proies et les humains: chasse sportive et piégeage (compétition pour les proies et mortalité), exploitation forestière et agriculture (réduction et fragmentation de l'habitat), villégiature et accès multiples (dérangement et mortalité).

3.2 Relief¹ et milieu physique

Le territoire étudié court sur deux provinces naturelles décrites dans le Cadre écologique de référence du Ministère de l'Environnement (Li et Ducruc 1999): les Laurentides méridionales et les Basses terres du Saint-Laurent (figure 2). La province naturelle des Laurentides méridionales, située entièrement dans le bouclier canadien, offre dans sa presque totalité l'aspect d'une pénéplaine formée de collines se nivelant à des élévations de 240 à 420 m au-dessus du niveau moyen de la mer d'où émergent, ici et là, quelques massifs dont l'altitude varie entre 700 et 1000 m. Les formations rocheuses sur lesquelles reposent les Laurentides méridionales sont d'âge précambrien et consistent largement en roches ignées dures. Toute la province des Laurentides méridionales est parsemée de lacs et de rivières. Les vallées creusées par ces rivières sont généralement étroites (\approx 1-5 km) mais quelques unes s'étendent sur une largeur de

¹ L'essentiel des informations concernant le relief provient de Lajoie (1960, 1962, 1965 et 1967)

12 à 20 km. Dans la partie sud-ouest de cette province, le long de la rivière des Outaouais, se trouve une zone d'effondrement délimitée par un escarpement. Cette partie basse des Laurentides méridionales (45-105 m), qui s'incline doucement vers le sud, est surtout formée de terrains très plats parmi lesquels émergent des îlots de collines rocheuses. La partie comprise entre la rivière des Outaouais et l'escarpement, atteint près de 10 km de largeur à l'ouest, s'amincit graduellement en allant vers Papineauville et Montebello (1,6 km) pour finir par disparaître complètement à la hauteur de la localité de Pointe-au-Chêne (Lajoie 1962, 1967; figure 2).

La zone d'effondrement, étroite au nord de la rivière des Outaouais, s'élargit considérablement vers l'est, sur la rive nord du Saint-Laurent pour devenir la province naturelle des Basses terres du Saint-Laurent. Séparée de la province naturelle des Laurentides méridionales par la ligne de faille, cette portion de la province naturelle des Basses terres du Saint-Laurent présente un relief généralement plat dont l'altitude varie de 15 à 90 m au-dessus du niveau de la mer. Cette province naturelle repose sur des roches sédimentaires et est principalement recouverte de sédiments glacio-marins et littoraux. Quelques collines (Oka et Saint-André) émergent de la plaine pour onduler un peu le paysage à des altitudes variant entre 130 et 250 m. Dans ce rapport, la désignation « Basses terres » comprend la portion de la plaine de l'Outaouais, comprise entre la rivière des Outaouais et les premiers reliefs laurentidiens ainsi que la portion de la province naturelle des Basses terres du Saint-Laurent située au nord du Saint-Laurent. La désignation « Laurentides » correspond, de son côté, à la portion de la province naturelle des Laurentides méridionales incluse dans l'aire d'étude.

3.3 Climat et limites administratives

Le climat des « Basses terres » et de la partie sud des « Laurentides » est modéré et humide avec une longue saison de croissance qui favorise une végétation riche et diversifiée (Li et Ducruc 1999). L'aire d'étude bénéficie en fait du climat le plus clément au Québec. Par conséquent, l'agriculture y est développée surtout dans les « Basses terres » et un peu dans les vallées des « Laurentides ». Le couvert forestier retrouvé dans les « Basses terres » est très fragmenté alors qu'il est plutôt continu dans la partie « Laurentides ». La forêt est constituée d'érablières dans la partie la plus méridionale de l'aire d'étude puis se change progressivement en sapinières à bouleau jaune en gagnant vers le nord (Li et Ducruc 1999).

L'aire d'étude comprend, totalement ou en partie, trois réserves fauniques (figure 1) où l'exploitation forestière est permise mais dans lesquelles l'exploitation de la faune est contrôlée. On retrouve ainsi la totalité de la réserve faunique de Papineau-Labelle (1 628 km²), une partie (environ 400 km²) de la réserve de Rouge-Mattawin (1 394 km²) et une partie (environ 350 km²) de la réserve de Mastigouche (1 574 km²). La conservation intégrale de la forêt et de la faune est assurée par la présence entière du parc de la Gatineau (environ 380 km²) et du parc du Mont-Tremblant (environ 1 600 km²).

3.4 Proies disponibles

Les principales proies disponibles pour le loup sont le cerf de Virginie, l'orignal, le castor (*Castor canadensis*) et le lièvre d'Amérique (*Lepus americanus*). Les densités de cerfs sont considérées comme élevées et allaient, en 1993, de 11 à 32 cerfs/10 km² (Lamontagne et Potvin 1994; annexes 1 et 2). À l'exception des secteurs localisés dans la partie agricole du territoire, et qui présentent une densité plutôt faible de 0,2 orignal/10 km², les densités d'orignaux sont considérées comme fortes et vont de 0,8 à 1,5 orignal/10 km² à l'extérieur des réserves fauniques et des parcs, et excèdent généralement 3,0 orignaux/10 km² à l'intérieur

de ceux-ci (Lamontagne et St-Onge 1999; annexe 1). Le castor, nourriture d'été par excellence, atteint dans l'ensemble de l'aire d'étude des densités inégalées au Québec avec une moyenne générale de 4,5 colonies/10 km² (Lafond *et al.* en prép.). Le nombre de proies nécessaires pour assurer la survie et le maintien de populations stables de loups est donc atteint et même largement dépassé partout dans l'aire d'étude. Lorsque présent, le loup atteint, à l'intérieur de certains territoires, des densités parmi les plus élevées du Québec. Celles-ci s'élevaient, pour la période 1990-1997, à 2,03 loups/100 km² dans la réserve faunique de Papineau-Labelle, située au cœur de l'aire d'étude, et à 1,32 loup/100 km² dans la réserve faunique de Rouge-Mattawin, au nord est (Larivière *et al.* 1998).

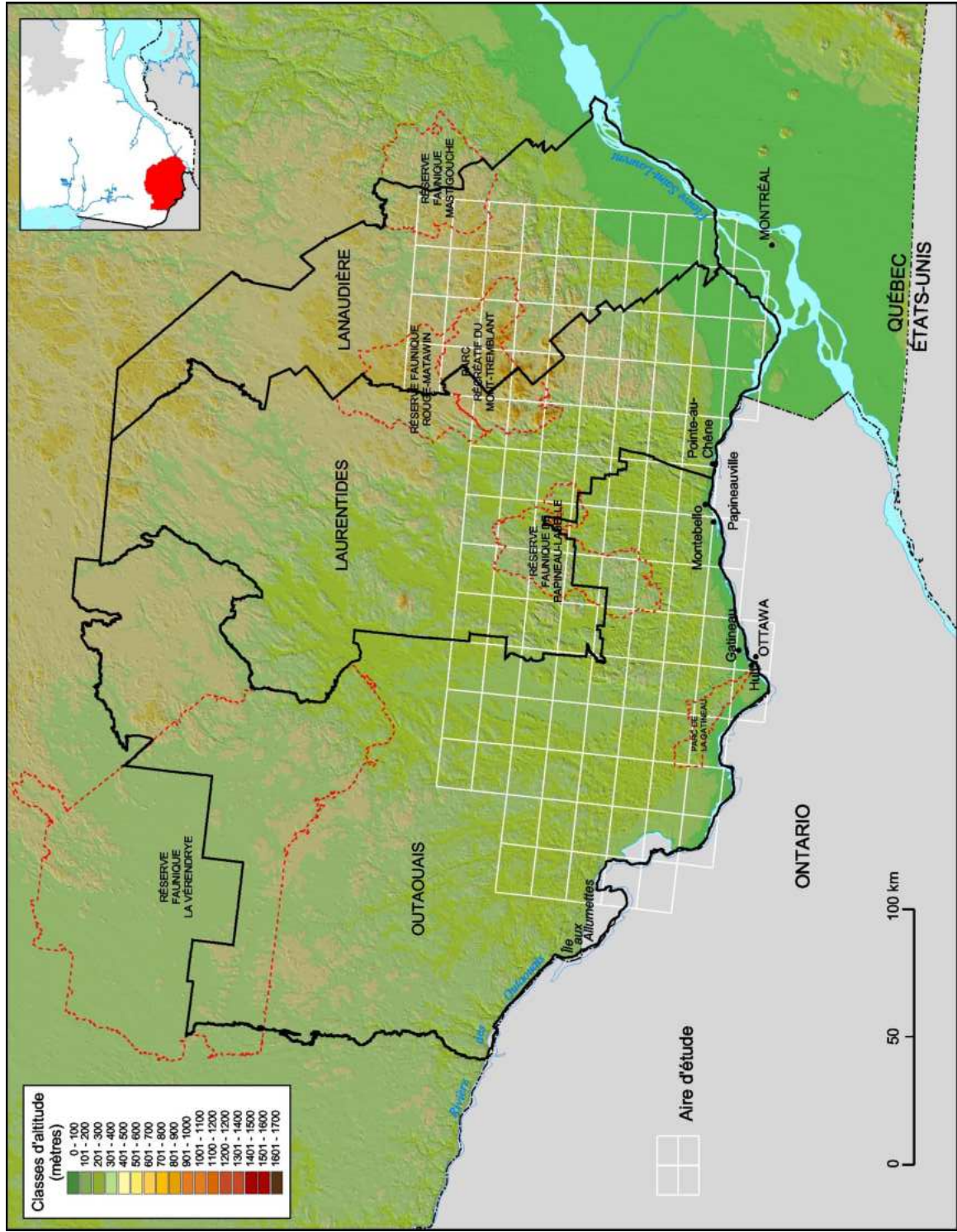


Figure 1 : Localisation de l'aire d'étude par rapport aux limites des régions administratives de l'Outaouais, des Laurentides et de Lanaudière et des principaux parcs et réserves fauniques de ces régions. Représentation sur un modèle numérique d'élévation.

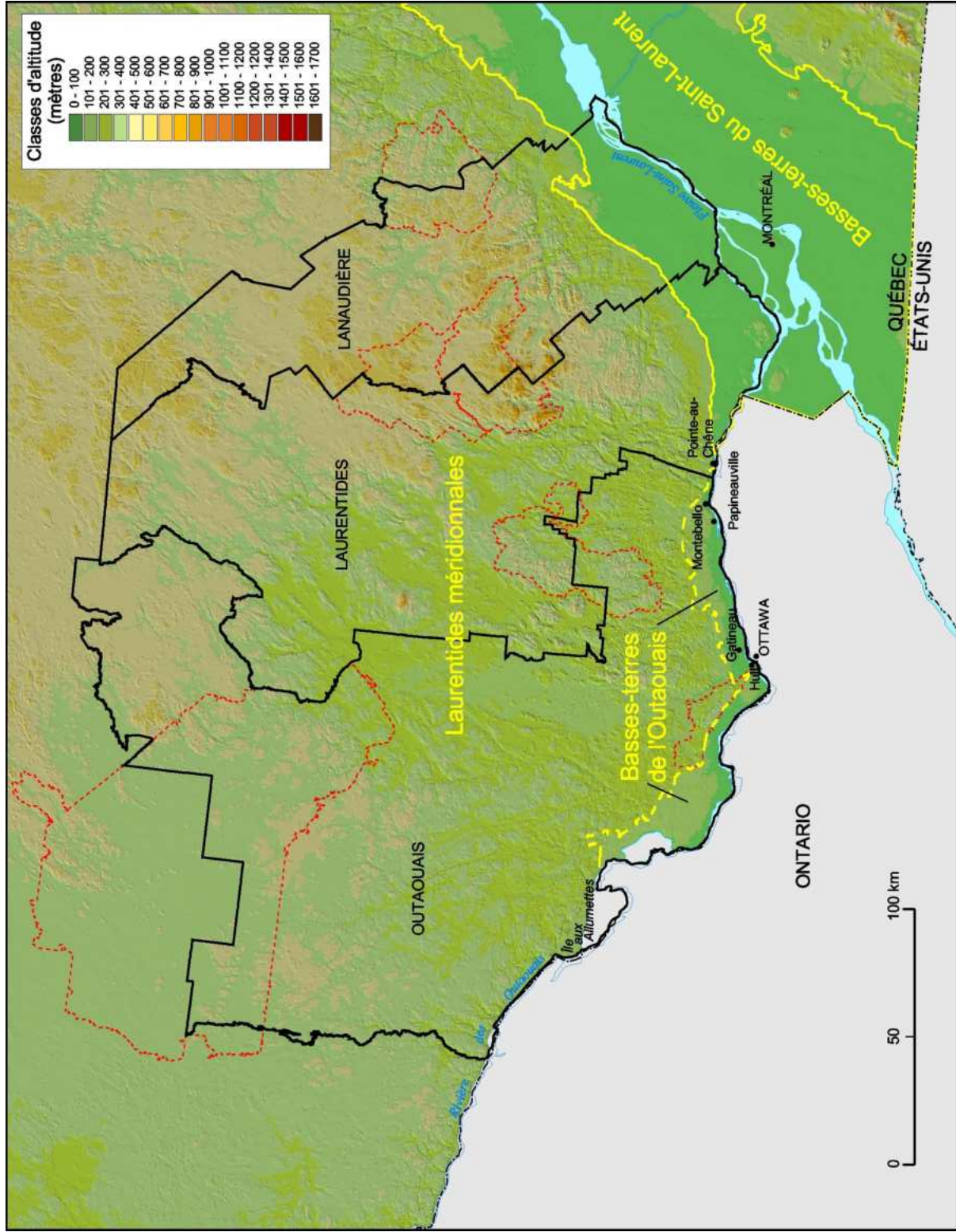


Figure 2 : Limites des deux provinces naturelles présentes dans l'aire d'étude et des basses terres de l'Outaouais. Représentation sur un modèle numérique d'élévation.

4. MÉTHODE

4.1 Répartition du loup

Pour dresser la carte de répartition du loup dans l'aire d'étude, nous avons utilisé la même méthode que celle décrite dans Jolicoeur et Hénault (2001). Le territoire a donc été subdivisé en unités correspondant aux feuillets cartographiques au 1 : 20 000. Chacune de ces cartes couvrait une superficie moyenne de 269 km², variant seulement de quelques km² (min=265 km²; max=272 km²) en fonction de leur latitude. La carte ainsi quadrillée a été distribuée en novembre 1997 aux agents de la Conservation de la faune ainsi qu'au personnel des Services d'aménagement et de l'exploitation de la faune des régions de l'Outaouais, des Laurentides et de Lanaudière. Les personnes contactées par voie postale étaient priées de préciser, pour chaque unité se retrouvant dans leur territoire respectif, si le loup y était présent. Les diagnostics de présence pouvaient se présenter selon trois classes : occupation nulle (N), occasionnelle (O) ou permanente (P; annexe 3). Lorsque plusieurs diagnostics étaient disponibles pour chacune des unités et que ceux-ci ne faisaient pas l'unanimité alors le diagnostic final était accordé selon la méthode proposée par Jolicoeur et Lafond (en prép.).

4.2 Stratification écologique

Afin d'avoir une approche plus écologique dans le traitement des données, nous avons réparti les unités d'analyse dans chacune des deux provinces naturelles décrites dans le Cadre écologique de référence (Li et Ducruc 1999). L'attribution des unités d'analyse entre la province naturelle des Laurentides méridionales et celle des Basses terres du Saint-Laurent s'est faite en fonction du pourcentage de recouvrement ($\geq 50\%$) de chacune d'elles au sein des unités.

4.3 Variables descriptives étudiées

Un total de 26 variables susceptibles d'avoir un impact sur la qualité de l'habitat du loup ont été, dans un premier temps, corrélées entre elles. Lorsque deux variables présentaient un coefficient de corrélation supérieur ou égal à $r=0,90$, une seule était alors retenue pour les analyses ultérieures. Le choix entre les variables appariées s'est fait sur la base de la facilité d'obtention de cette mesure. Les variables présentant un coefficient entre $0,70 \leq r \leq 0,89$ ont été jugées fortement associées entre elles mais elles ont été gardées pour l'analyse, tout comme celles jugées moyennement corrélées ($0,50 \leq r \leq 0,69$) et faiblement associées ($r \leq 0,49$). Une fois ces liens établis, seulement 18 variables ont été finalement maintenues pour des analyses ultérieures. Celles-ci se présentent en quatre grands groupes : les variables décrivant l'occupation humaine du territoire, les transformations du couvert forestier, les limites administratives et l'abondance des proies. L'extraction des valeurs par unités d'analyse s'est faite à l'aide du système d'information géographique ARCVIEW, version 5.1.

4.3.1 Le couvert forestier

La superficie boisée (en %) de chaque unité, ainsi que toute autre superficie liée à l'utilisation du sol, a été extraite à partir des cartes d'occupation du sol réalisées par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) à partir d'images satellitaires Landsat TM prises entre 1993 et 1996 (Carignan *et al.* 1997). La précision de ces images se situe à 85,2 % (Savoie et Desmarais 1999). Pour estimer la partie boisée de chaque feuillet, nous avons retenu toutes les classes identifiées comme étant en forêts de feuillus, en forêts de conifères et en forêts mélangées. Les superficies en régénération forestière et en plan d'eau ont été exclues du calcul de la variable *pcboisé*. La fragmentation du couvert forestier a été estimée en calculant la distance (en km) qui séparait le centroïde de chaque unité avec la limite la plus proche du massif forestier continu (*dist_for*). Finalement, l'importance des friches

et des coupes forestières, exprimée en pourcentage, a aussi été estimée et classée sous les noms de *friche* et *coupe*.

4.3.2 L'occupation humaine

L'occupation humaine du territoire a été décrite à l'aide d'une autre banque de données géo-référencées, soit celle de la « Compilation des données de recensement de Statistiques Canada pour 1996 ». La superficie de chaque municipalité tombant à l'intérieur des unités d'analyse a été calculée et les densités d'habitants correspondant à ces municipalités ont été appliquées à ces superficies. Pour chaque unité, le nombre d'habitants par municipalité a été sommé pour créer ainsi la variable *populati*. En divisant cette variable par la superficie de l'unité, nous avons obtenu la variable *densité* qui exprime le nombre d'habitants au km². Le nombre de municipalités occupant, en partie ou en totalité, chaque feuillet a formé la variable *localité*. Celles qui avaient des superficies urbanisées visibles sur les images satellitaires LANDSAT TM du MAPAQ sont devenues la variable *urban*. Ces superficies fortement occupées par l'homme ont été additionnées par feuillet pour former la variable *supurban*.

Pour l'étude de l'impact du réseau routier sur l'habitat du loup, nous avons utilisé comme source principale d'information la banque numérique du ministère des Transports (BDTA). Afin de se conformer aux études sur l'habitat du loup effectuées ailleurs en Amérique du Nord, nous n'avons considéré que les routes carrossables à l'année longue en véhicule à deux roues motrices. Les 7-8 différentes catégories de routes fournies avec la banque ont donc été regroupées en plusieurs variables. Ainsi, la variable *autorout* englobe la somme des tronçons d'autoroutes et de routes nationales, la variable *route* comprend les routes régionales et locales. Les autres catégories dénommées « autres routes », « routes d'accès à la ressource » et « routes du ministère des Ressources naturelles », non carrossables à l'année longue, ont été traitées

sous le vocable *chemin* pour traduire le degré d'accessibilité en forêt. La variable *densrout* est la somme d'*autorout* et de *route* divisée par la superficie de l'unité d'analyse.

4.3.3 Les limites administratives

Dans le but de vérifier l'influence des territoires à statut administratif particulier comme les parcs de conservation ou les réserves fauniques dans le maintien des populations de loups, nous avons calculé la distance (*dist_parc*) qui sépare le centre de chaque feuillet à la limite la plus proche d'un parc ou d'une réserve faunique ayant une superficie de plus de 1 000 km². Cette dernière superficie a été jugée minimale par Larivière *et al.* (1998) pour maintenir une population de loups. Les territoires éligibles dans le secteur ont été les réserves fauniques de Papineau-Labelle, de La Vérendrye, de Rouge-Mattawin ainsi que le parc du Mont-Tremblant. Le parc de la Gatineau possédait quant à lui une superficie inférieure à celle recommandée.

4.3.4 La biomasse et la répartition des proies

Pour traduire la relation quantitative entre le loup et ses proies, nous n'avons considéré que celles qui étaient disponibles à l'année longue, c'est-à-dire l'orignal et le cerf de Virginie. Le calcul de la biomasse de proie par unité, exprimée en kg/km², a été réalisé en superposant la carte des zones de chasse et de piégeage (annexe 2) sur celle de l'aire d'étude et en multipliant la densité d'orignaux correspondant à chaque unité par 400 kg et la densité de cerfs par 100 kg. Les deux valeurs étant ensuite sommées pour constituer la variable *biomasse*.

Le nombre de cerfs de Virginie et d'orignaux, morts de différentes causes dans chaque unité d'analyse, a été aussi utilisé comme indice d'abondance de nourriture pour les loups. Comme la masse corporelle d'un orignal vaut au moins

celle de quatre cerfs, nous avons uniformisé la valeur de l'indice en transformant le nombre de cas de mortalité d'orignaux en « équivalents-cerfs de Virginie » tout simplement en multipliant le nombre de cas de mortalités d'orignaux par quatre. La variable *équi_cer* est donc la somme des cas de mortalité de cerfs et d'orignaux (exprimée en équivalents-cerfs et divisée par la superficie moyenne des unités d'analyse (269 km²)). Les données de mortalité proviennent du « Système d'Information de la Grande Faune » (Lucie Gignac, comm. pers.) et couvrent la période 1993-1997, soit celle qui précédait l'établissement de la carte de distribution du loup.

Étant donné que le cerf de Virginie est la proie préférée, donc principale, du loup dans le secteur d'étude, nous avons pensé que la présence du loup dans une unité cartographique donnée pouvait être fortement influencée par l'existence, au sein de cette unité, d'un ou d'une partie de ravage (aire de confinement hivernale du cerf). Les ravages présents dans l'aire d'étude ont donc été cartographiés, sauf ceux de l'Outaouais qui étaient déjà en format numérique. Au lieu de procéder à la numérisation des limites des ravages des Laurentides et de Lanaudière, nous les avons reconstituées en utilisant les centroïdes des ravages ou des portions de ravages présents sur chaque unité d'analyse que nous avaient fourni les pilotes régionaux des habitats. La superficie des différents ravages étant connue, nous avons réussi, grâce à ces points de repères, à recréer des polygones avec des formes s'apparentant à celles des véritables ravages. La superficie en ravages (*sup_rav*) de chaque feuillet et le nombre de ravages (*n_ravage*) ont été estimés de cette façon.

4.4 Modélisation statistique

Les moyennes et les écarts-types de chaque variable ont été obtenus avec la procédure PROC MEANS de SAS (SAS INSTITUTE 1988). Pour ce qui est de la modélisation statistique, deux types de modèles statistiques ont été appliqués

aux données afin de déterminer quelles étaient les variables qui expliquaient le mieux la présence du loup dans l'aire d'étude. Comme la variable réponse (présence du loup) était polytomique et ordinale (présence permanente(0), occasionnelle (1) et nulle (2)) et que les variables explicatives étaient continues et/ou catégoriques pour la plupart, nous avons opté, dans un premier temps, pour une analyse de régression logistique (PROC LOGISTIC) de type « pas à pas » avec « cotes proportionnelles » et, dans un deuxième temps, pour une analyse discriminante (PROC DISCRIM). Lorsqu'un problème de colinéarité était soupçonné, la variable en cause était identifiée à l'aide de l'option COLLIN de PROC REG et en faisant des corrélations partielles entre les variables.

Même si la stratification que nous avons réalisée réduit considérablement le nombre d'échantillons disponibles pour chaque strate, nous avons décidé d'appliquer, à titre informatif seulement, l'analyse logistique et discriminante aux données provenant de ces deux provinces naturelles afin de faire ressortir les variables secondaires et tertiaires qui jouent « localement » pour expliquer la présence du loup dans ces deux strates fortement contrastées.

Une fois les variables explicatives déterminées, nous avons bâti des équations qui permettent de prédire pour chaque unité trois probabilités : une pour prédire l'absence du loup, une pour la présence occasionnelle et une autre pour la présence permanente. La classe d'occupation retenue pour chaque unité est celle qui a la valeur de probabilité la plus élevée. Avec le modèle logistique, nous avons déjà les deux équations suivantes :

$$p_1 = \text{prob}(Y=OP) = \frac{\exp(\beta_x)}{1 + \exp(\beta_x)}$$

et

$$p_2 = \text{prob}(Y=P) = \frac{\exp(\delta_x)}{1 + \exp(\delta_x)}$$

où

$$\beta_x = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \dots + \beta_k x_k$$

et

$$\delta_x = \delta_0 + \delta_1 x_1 + \delta_2 x_2 + \delta_3 x_3 + \dots + \delta_l x_l$$

Par déduction, nous obtenons :

$$\text{prob (Y=O)} = \text{prob (Y=OP)} - \text{prob (Y=P)}$$

Puisque la somme des probabilités est égale à 1 alors :

$$\text{prob (Y=N)} = 1 - \text{prob (Y=P)} - \text{prob (Y=O)}$$

Avec le modèle discriminant, à partir de l'équation générale suivante donnée par SAS :

$$P(j|x) = \exp(-.5D_j^2(x)) / \sum_k \exp(-.5D_k^2(x))$$

où

j, k =indices des classes d'occupation (O, P, N)

x =les observations pour chaque variable

nous avons établi trois équations pour le calcul des probabilités.

Soit :

$$N = \exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4)$$

$$O = \exp(\delta_0 + \delta_1 x_1 + \delta_2 x_2 + \delta_3 x_3 + \delta_4 x_4)$$

$$P = \exp(\lambda_0 + \lambda_1 x_1 + \lambda_2 x_2 + \lambda_3 x_3 + \lambda_4 x_4)$$

donc :

$$\text{Pr ob}(N) = \frac{N}{N + O + P}$$

$$\text{Pr ob}(O) = \frac{O}{N + O + P}$$

et

$$\text{Pr ob}(P) = \frac{P}{N + O + P}$$

Finalement, afin de calculer le niveau de précision des deux modèles ainsi obtenus (logistique et discriminant), nous avons comparé, à l'aide d'un tableau croisé de classification, les classes d'occupation du loup prédites à l'aide de chacun de ces modèles aux classes d'occupation du loup réellement observées.

Dans toute notre démarche statistique, nous avons respecté un seuil de probabilité égal à $\alpha = 0,05$.

5. RÉSULTATS

5.1 Description des deux strates

Sur les 114 unités d'analyse de l'aire d'étude, 91 (80%) ont été classées dans les « Laurentides » et 23 (20%) dans les « Basses terres » (figure 3). Dans chaque unité, on trouve en moyenne 11 372 personnes qui se répartissent dans 4,8 municipalités ce qui donne une densité de population moyenne de 44,5 hab/km² (tableau 1). Le tiers de ces municipalités (*localité*=1,7) sont assez importantes pour avoir une superficie urbanisée visible sur image satellitaire. Celle-ci est en moyenne de 4,1 km². Pour leurs déplacements, les occupants de ce territoire peuvent compter sur un réseau routier bien développé et carrossable à l'année, (*densrout*=0,44 km/km²; tableau 1). L'aire d'étude est aussi sillonnée de petites routes accessibles soit en véhicule tout terrain ou encore, praticables durant une partie de l'année seulement (*chemin*=0,15 km/km²). La forêt est dominante (*pcboisé*=71,6%) et, même lorsqu'elle s'ouvre pour faire place à l'agriculture, elle demeure très présente (*distfor*=2,0 km). Les terrains en friche (*friche*=1,4 km²) et les coupes forestières (*coupe*=4,3 km²) occupent, en moyenne, de petites superficies au sein de chaque unité d'analyse. L'occupation humaine n'empêche ni la cohabitation avec les cervidés qui y sont relativement abondants (*biomasse*=292 kg/km²; *équi_cer*=1,7 équivalent-cerf mort /km²) ni le maintien de leur habitat essentiel (*sup_rav*=22,4 km²/unité; *n_ravage*=1,4 ravage/unité; tableau 1).

L'occupation du territoire n'est cependant pas uniforme. La pression d'urbanisation est plus forte dans les « Basses terres » qui accueillent 80% de la population de l'aire d'étude (*densité*=177 hab/km²; tableau 1). Dans les 23 unités d'analyse appartenant à cette strate, on retrouve un plus grand nombre de municipalités fortement urbanisées et reliées entre elles par un réseau routier complexe et dense (*densrout*=0,7 km/km²). Ce développement s'est fait au détriment de la forêt qui n'occupe plus que 34% de ce territoire. Les lambeaux de forêts résiduels

abritent malgré tout, été comme hiver, une population de cervidés importante surtout constituée de cerfs de Virginie ($biomasse=320 \text{ kg/kg}^2$; $n_ravage=1,0$ ravage/unité; $sup_rav=13,3 \text{ km}^2/unité$; tableau1).

5.2 Relations entre les variables

À l'aide des corrélations faites entre différentes variables (tableaux 2, 3 et 4), nous avons confirmé certaines relations, *a priori* évidentes, entre l'évolution de la population humaine, la multiplication des agglomérations urbaines, leur superficie ainsi que la densification des voies d'accès. Ainsi, on a établi que plus la densité d'habitants augmente dans les différentes unités de l'aire d'étude plus le nombre de municipalités, qui ont une superficie urbanisée d'importance, augmente ($populati \times urban$; $r= 0,87$; tableau 2).

De petites différences existent cependant entre les deux strates étudiées. Dans les « Laurentides », la moins peuplée des deux strates, c'est le nombre de municipalités ($populati \times localité$; $r= 0,72$; tableau 3) et la superficie urbanisée des petites villes et villages déjà existants ($populati \times supurban$; $r= 0,85$) qui s'élèvent sous la pression démographique alors que dans les « Basses terres », où le tissu urbain est déjà en place, l'augmentation démographique se traduit par un accroissement de la taille des villes ($populati \times urban$; $r= 0,93$; tableau 4). De façon générale, dans l'aire d'étude, plus le nombre de municipalités augmente, plus le nombre de routes locales et régionales s'accroît pour desservir la population ($localité \times route$; $r= 0,75$; tableau 2) complexifiant ainsi le réseau routier déjà existant ($localité \times densrout$; $r= 0,74$). De même, plus la taille des villes devient élevée et plus la nécessité de construire des autoroutes s'impose ($supurban \times autorout$; $r= 0,71$).

Tableau 1 : Valeurs moyennes ($\bar{X}(ES)$) des différentes variables par unité d'analyse en fonction des deux strates étudiées.

Variables	Laurentides (n=91)	Basses terres (n=23)	Aire d'étude (n=114)
<i>populati</i>	2858 (646)	45 058 (14 940)	11 372 (3 391)
<i>localité</i>	4,1 (0,58)	7,4 (0,8)	4,8 (0,5)
<i>urban</i>	0,9 (0,22)	5,3 (1,38)	1,7 (0,36)
<i>supurban</i>	1,1 (0,25)	16,0 (6,6)	4,1 (0,3)
<i>densité</i>	11,1 (2,4)	176,5 (58,8)	44,5 (13,3)
<i>autorout</i>	0,01 (0,003)	0,1 (0,01)	0,03 (0,005)
<i>route</i>	0,2 (0,02)	0,6 (0,04)	0,3 (0,02)
<i>chemin</i>	0,18 (0,008)	0,04 (0,01)	0,15 (0,008)
<i>densrout</i>	0,4 (0,01)	0,7 (0,05)	0,44 (0,02)
<i>pcboisé</i>	81,1 (0,89)	34,0 (2,73)	71,6 (1,9)
<i>friche</i>	0,65 (0,09)	4,6 (0,34)	1,4 (0,17)
<i>coupe</i>	4,8 (0,26)	1,9 (0,54)	4,3 (0,25)
<i>distfor</i>	0,1 (0,07)	9,9 (1,6)	2,0 (0,4)
<i>distparc</i>	25,2 (2,4)	66,6 (4,8)	33,5 (2,6)
<i>biomasse</i>	284,2 (14,0)	319,6 (13,6)	292 (11,4)
<i>équi_cer</i>	1,9 (0,12)	0,8 (0,14)	1,7 (0,1)
<i>n_ravage</i>	1,5 (0,17)	1,0 (0,25)	1,4 (0,14)
<i>sup_rav</i>	24,8 (3,5)	13,3 (5,09)	22,4 (3,0)

Tableau 2 : Coefficients de corrélation significatifs entre différentes variables de l'aire d'étude. Les coefficients encadrés correspondent à des $r \geq 0,70$.

VARIABLES	populati	localité	urban	supurban	densité	autorout	route	chemin	densrout	pboisé	friche	coupe	distfor	distparc	biomasse	équi_cer	n_ravage	sup_rav
populati																		
localité	0,43																	
urban	0,87	0,68																
supurban	0,67	0,44	0,64															
densité	0,99	0,43	0,87	0,67														
autorout	0,65	0,51	0,64	0,71	0,65													
route	0,56	0,75	0,72	0,54	0,56	0,64												
chemin	-0,36	-0,40	-0,50	-0,34	-0,36	-0,38	-0,65											
densrout	0,60	0,74	0,70	0,60	0,60	0,76	0,92	-0,36										
pboisé	-0,55	-0,36	-0,55	-0,50	-0,55	-0,71	-0,73	0,52	-0,71									
friche	0,56	0,25	0,51	0,40	0,56	0,67	0,65	-0,45	0,66	-0,88								
coupe	-0,28	-0,27	-0,32	-0,28	-0,28	-0,32	-0,40	-0,51	-0,29	0,34	-0,38							
distfor	0,63	0,24	0,55	0,48	0,63	0,57	0,55	-0,50	0,50	-0,82	0,75	-0,50						
distparc	0,30	*	0,30	0,19	0,30	0,38	0,39	-0,35	0,36	-0,61	0,58	-0,50	0,55					
biomasse	*	-0,27	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,24	0,24			
équi_cer	-0,29	-0,21	-0,32	-0,26	-0,29	-0,23	-0,28	0,36	-0,20	0,36	-0,23	0,26	-0,38	*	0,39			
n_ravage	-0,21	-0,18	-0,26	-0,19	-0,21	-0,20	-0,20	0,22	0,22	*	*	*	*	*	0,41	0,55		
sup_rav	*	-0,18	-0,20	*	*	*	-0,19	0,25	0,25	*	*	*	*	*	0,31	0,74	0,57	

* corrélation non significative

Tableau 3 : Coefficients de corrélation significatifs entre différentes variables mesurées dans les « Laurentides ». Les coefficients encadrés correspondent à des $r \geq 0,70$.

VARIABLES	populati	localité	urban	supurban	densité	autorout	route	chemin	densrout	pboisé	friche	coupe	distfor	distparc	biomasse	équi_cer	n_ravage	sup_rav
populati	0,72																	
localité	0,63	0,78																
urban	0,85	0,80	0,89															
supurban	0,99	0,72	0,64	0,85														
densité	0,60	0,48	0,35	0,50	0,60													
autorout	0,64	0,84	0,76	0,75	0,64	0,37												
route	-0,27	-0,30	-0,44	-0,41	-0,27	*	-0,46											
chemin	0,64	0,79	0,61	0,66	0,64	0,59	0,85	*										
densrout	-0,32	-0,29	-0,23	-0,25	-0,32	-0,43	-0,40	*	-0,52									
pboisé	*	*	*	*	*	0,34	0,28	*	0,36	-0,70								
friche	*	*	*	*	*	*	*	0,32	*	-0,40	*							
coupe	*	*	*	*	*	*	*	*	*	-0,32	0,36	*						
distfor	0,19	*	*	0,24	*	0,26	*	*	*	-0,33	0,21	0,48	*					
distparc	*	-0,28	-0,27	-0,21	*	*	*	0,2	*	*	0,24	0,32	*	0,24	*			
biomasse	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,22	*	*	*	0,48			
équi_cer	*	*	*	-0,19	*	*	*	*	*	*	0,25	*	*	*	0,44	0,55		
n_ravage	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,25	*	*	*	0,35	0,77		
sup_rav																		0,58

* corrélation non significative

Tableau 4 : Coefficients de corrélation significatifs entre différentes variables mesurées dans les « Basses terres ». Les coefficients encadrés correspondent à des $r \geq 0,70$.

VARIABLES	populati	localité	urban	supurban	densité	autorout	route	chemin	densrout	pcboisé	friche	coupe	distfor	distparc	biomasse	équi_cer	n_ravage	sup_rav
populati																		
localité	0,59																	
urban	0,93	0,74																
supurban	0,59	0,61	0,59															
densité	0,99	0,60	0,94	0,60														
autorout	0,63	0,57	0,61	0,81	0,63													
route	0,58	0,78	0,65	0,63	0,58	0,53												
chemin	*	-0,64	-0,43	*	*	*	-0,53											
densrout	0,65	0,76	0,70	0,75	0,66	0,73	0,94	-0,40										
pcboisé	-0,48	-0,55	-0,49	-0,59	-0,48	-0,58	-0,46	0,70	-0,46									
friche	0,50	*	0,46	*	0,52	0,44	*	*	*	*								
coupe	*	-0,47	*	*	*	-0,41	*	0,73	*	0,79								
distfor	0,49	*	0,42	*	0,49	*	*	-0,53	*	-0,80	0,49							
distparc	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,49						
biomasse	*	-0,60	*	*	*	*	-0,53	0,59	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
équi_cer	-0,45	-0,50	-0,43	*	-0,44	-0,44	*	0,63	*	0,75	*	*	0,56	*	*	*	*	*
n_ravage	-0,47	-0,50	-0,48	*	-0,47	-0,51	-0,63	0,51	-0,63	*	*	*	*	0,53	*	*	0,47	*
sup_rav	*	*	*	*	*	*	*	0,48	*	0,69	*	*	0,69	-0,49	*	*	0,58	0,43

* corrélation non significative

Ces transformations lourdes du milieu se font au détriment de la superficie boisée ($pcboisé \times$ variables décrivant l'occupation humaine = $-0,36 \leq r \leq -0,73$; tableau 2). De façon générale, plus on s'éloigne de la forêt continue plus celle-ci se fractionne pour former des massifs, des blocs ou des îlots de grandeur de plus en plus réduite ($pcboisé \times distfor$; $r = -0,82$) et plus les friches prennent de l'importance ($pcboisé \times friche$; $r = 0,75$). Malgré cette ouverture progressive du couvert forestier, il existe peu de liens entre la majorité des facteurs humains et la biomasse de proie pour le loup ($biomasse \times$ variables décrivant l'occupation humaine; $P \geq 0,05$). Si on accepte que le nombre de cervidés morts (exprimés en équivalents-cerfs/unité) est un indicateur valable (mais moyen) de l'abondance des proies utilisées pour le loup ($biomasse \times équi_cer$; $r = 0,52$) et que l'on utilise cette variable à la place de *biomasse*, qui est peu sensible, alors on constate que dans les « Basses terres », où le couvert est le plus dégradé, la nourriture pour le loup ($biomasse$, $équi_cer$, sup_rav , n_ravage ; tableau 4) a tendance à régresser au fur et à mesure que s'accroît la population humaine, le nombre de localités, leur taille et la densité des routes ($-0,43 \leq r \leq -0,63$) et à se concentrer dans les superficies boisées résiduelles ($équi_cer \times pcboisé$; $r = 0,75$; $sup_rav \times pcboisé$; $r = 0,69$).

5.3 Occupation du loup

Pour l'ensemble des unités, 206 diagnostics d'occupation ont été attribués par 16 répondants régionaux répartis dans neuf postes de la Conservation de la faune et trois bureaux du Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune. Pour la majorité des unités (56% ; $n=64$), nous avons obtenu plus de deux réponses par unité et celles-ci concordaient dans 70,3 % des cas ($n=45$). Pour 16 unités (9,4% des cas), nous avons accordé le diagnostic final en tenant compte de l'opinion majoritaire des répondants. Pour les 13 cas (20,3%), où il y avait la parité au niveau des opinions, nous avons tranché en accordant le diagnostic final à l'opinion la plus optimiste, c'est-à-dire celle qui accordait une présence du loup occasionnelle plutôt qu'une absence (ex : NO=O) ou qui attribuait une présence

permanente plutôt qu'une présence occasionnelle (ex :OP=P). Dans les rares situations où les trois classes d'occupation étaient allouées de façon égale, nous accordions alors le diagnostic médian (ex : NOP=O). Dans ce départage, nous avons donc accordé 7 diagnostics occasionnels (six cas NO et un cas NOP) et six diagnostics permanents (six cas de OP).

Selon l'enquête auprès du personnel régional, le loup occupe 92% de la superficie de l'aire d'étude en suivant un gradient qui va du sud au nord (figure 4). De plus, 66% (n=75) des unités d'analyse ont été attribuées à la classe d'occupation « permanente », 26% (n=30) à la classe « occasionnelle » et 8% (n=9) à la classe « nulle » (figure 4). La majorité de l'aire d'occupation permanente du loup dans cette étude est située dans les « Laurentides » (99%; tableau 5). Une seule unité, chevauchant presque également les « Basses terres » et les « Laurentides » mais classée dans les « Basses terres », accueille de façon permanente le loup. Cette unité comprend une portion importante du parc de la Gatineau dans la partie nord de l'unité (figures 3 et 4). Ceci explique pourquoi la densité de route y est assez élevée ($0,6 \text{ km/km}^2$), et pourquoi on retrouve, à cet endroit, plus de forêt, plus de proies et moins d'habitants que dans l'ensemble des « Basses terres ». Toutes les unités classées nulles sont localisées dans les « Basses terres ». La classe occasionnelle est partagée presque également entre les « Basses terres » (n=13) et les « Laurentides » (n=17).

5.4 Caractéristiques de l'habitat du loup

Dans l'aire d'occupation permanente du loup, l'habitat se présente en moyenne ainsi : une couverture forestière de plus de 80%, une densité de route de $0,3 \text{ km/km}^2$ essentiellement constituée de petite routes locales et régionales, une densité moyenne d'habitants de $7,7 \text{ hab/km}^2$, répartie dans quelques municipalités (*localité*=3,3) très peu urbanisées (*supurban*= $0,7 \text{ km}^2$; *populati*=1 955 ha; tableau 5). La forêt constitue un massif continu (*distfor*=0,02 km) avec un ou plusieurs

territoires à statut particulier (parcs ou réserves) à proximité ($dist_{parc}=22,9$ km). La nourriture pour le loup y est abondante ($équi_cer=1,9$ cervidés morts/km²), les ravages de cerfs sont nombreux ($n_ravage=1,6$) et occupent de grandes superficies ($sup_rav=27,9\%/unité$; tableau 5).

Dans la zone occupée occasionnellement par le loup, la couverture forestière est en moyenne de 60,3% et la densité de routes est de 0,6 km/km² dont au moins 0,05 km/km² est constitué de voies à grande circulation (*autorout*; tableau 5). La population humaine, présente dans les unités occupées de façon occasionnelle par le loup, s'élève en moyenne à 10 825 habitants, soit une densité de 42,9 hab/km² (26,3-64,5). Le nombre de municipalités qui accueillent cette population est en moyenne de 6,1. Ces municipalités comportent des agglomérations urbaines qui peuvent être considérées comme de petites tailles car leur superficie urbanisée ne couvre que 3 km². Les unités où l'on retrouve le loup occasionnellement sont éloignées des limites des parcs et des réserves de 52,7 km mais ne sont jamais très loin de la forêt continue ($dist_{for}=3,8$ km). Les proies peuvent être considérées comme abondantes ($équi_cer=1,5$ équivalent-cerf mort/km²) avec de bonnes concentrations hivernales de cerfs de Virginie ($n_ravage=1,3$ ravage; $sup_rav=15,1\%$). Les unités occupées occasionnellement par le loup présentent des conditions qui peuvent être considérées comme les pires des « Laurentides » et les meilleures des « Basses terres ».

Le loup est absent de neuf unités situées uniquement dans les « Basses terres ». En comparant les conditions moyennes d'habitat retrouvées dans ces neuf unités avec les conditions moyennes qui prévalent dans l'ensemble des « Basses terres », on constate que celles-ci sont parmi les plus fortement dégradées de cette strate (tableau 5). Les conditions adverses qu' on y retrouve sont : une couverture

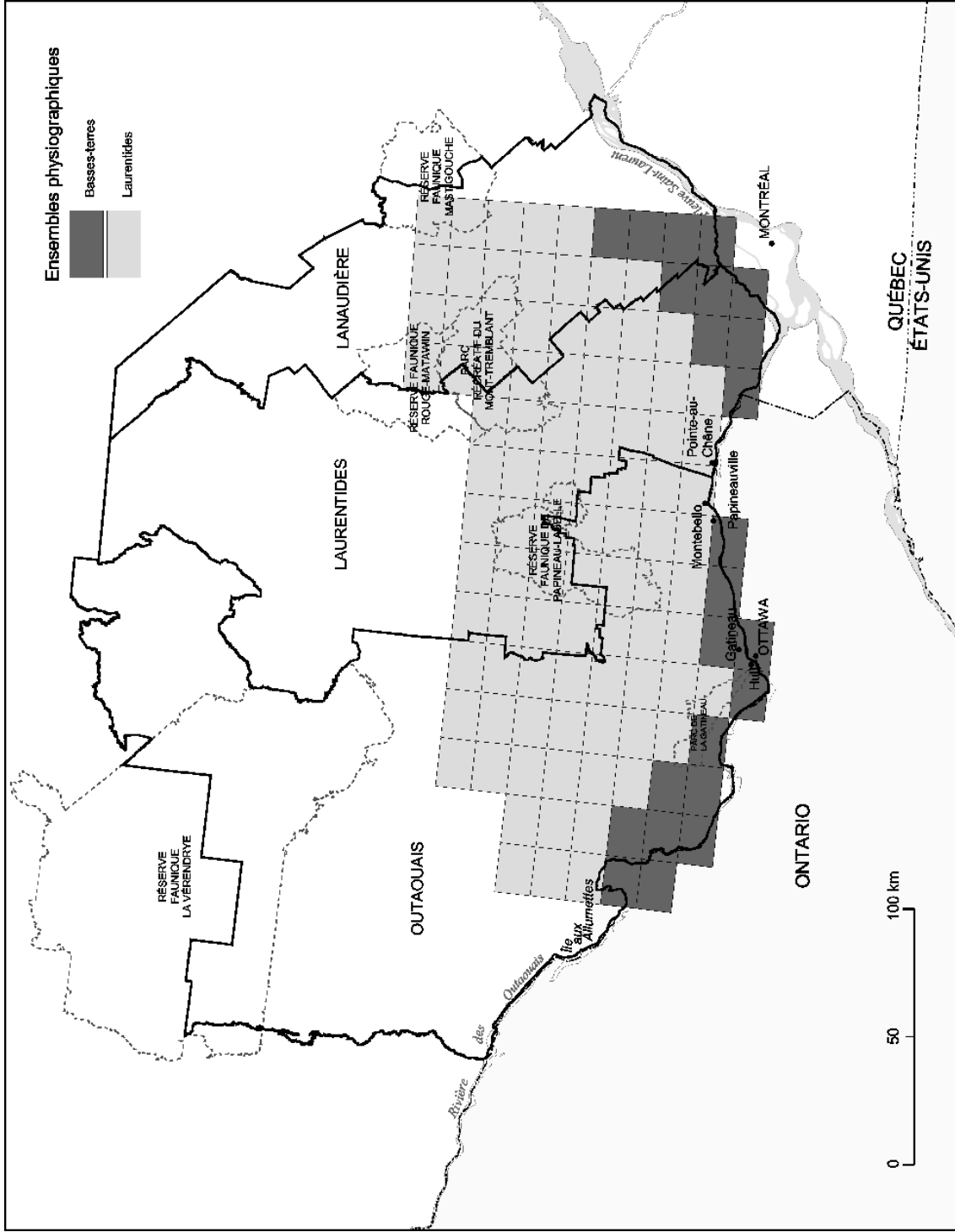


Figure 3 : Partage des unités d'analyse de l'aire d'étude en regard des limites des deux provinces naturelles et des basses terres de l'Outaouais.

Tableau 5 : Valeurs moyennes ($\bar{X}(ES)$) des différentes variables selon les classes d'occupation du loup et des strates.

Variables	Occupation permanente			Occupation occasionnelle			Occupation nulle		
	Laur. (74) ¹	Basses t. (1)	Total (75)	Laur. (17)	Basses t. (13)	Total (30)	Laur. (0)	Basses t. (9)	Total (9)
<i>Populati</i>	1947 (397)	2611	1955 (390)	6825 (2866)	16 060 (26599)	10 825 (19764)	-	91 662 (94804)	91 662 (94805)
<i>Localité</i>	3,3 (0,57)	3,0	3,4 (0,56)	7,5 (1,8)	4,1 (4,0)	6,1 (6,3)	-	12,7 (5,2)	12,7 (5,2)
<i>Urban</i>	0,7 (0,2)	0,0	0,7 (0,2)	1,9 (0,6)	2,5 (0,9)	2,1 (0,5)	-	9,8 (2,6)	9,8 (2,6)
<i>Supurban</i>	0,7 (0,21)	0,0	0,7 (0,21)	2,7 (0,95)	3,3 (6,2)	3,0 (5,0)	-	36,3 (44,9)	36,3 (44,9)
<i>Densité</i>	7,7 (1,51)	10,9	7,7 (1,48)	26,3 (10,9)	64,5 (109,1)	42,9 (80,0)	-	356,7 (375,2)	356,8 (375,2)
<i>Autorout</i>	0,01 (0,003)	0,1	0,02 (0,004)	0,03 (0,009)	0,1 (0,05)	0,05 (0,05)	-	0,2 (0,09)	0,2 (0,09)
<i>Route</i>	0,1 (0,02)	0,4	0,1 (0,02)	0,3 (0,04)	0,5 (0,05)	0,4 (0,04)	-	0,7 (0,07)	0,7 (0,07)
<i>Chemin</i>	0,2 (0,01)	0,1	0,2 (0,01)	0,1 (0,02)	0,1 (0,01)	0,1 (0,01)	-	0,01 (0,005)	0,01 (0,005)
<i>Densrout</i>	0,3 (0,02)	0,6	0,3 (0,02)	0,5 (0,04)	0,7 (0,23)	0,6 (0,20)	-	0,9 (0,25)	0,9 (0,25)
<i>Pcboisé</i>	82,1 (1,0)	51,0	81,8 (1,02)	76,8 (2,1)	38,5 (3,4)	60,3 (21,8)	-	25,8 (10,3)	25,8 (10,3)
<i>friche%</i>	0,54 (0,09)	3,6	0,58 (0,1)	1,14 (0,28)	4,6 (0,44)	2,7 (0,4)	-	4,5 (0,61)	4,59 (0,61)
<i>coupe%</i>	4,8 (0,3)	5,4	4,8 (0,28)	5,1 (0,5)	2,7 (0,8)	4,1 (0,49)	-	0,41 (0,15)	0,41 (0,15)
<i>Distfor</i>	0,0 (0,0)	1,5	0,02 (0,02)	0,4 (0,4)	8,2 (7,6)	3,8 (6,4)	-	13,2 (7,5)	13,2 (7,5)
<i>Distparc</i>	22,5 (2,6)	55,5	22,9 (2,6)	37,0 (5,8)	73,4 (23,9)	52,7 (29,8)	-	58,1 (21,9)	58,0 (21,9)
<i>Biomasse</i>	291,6 (16,3)	368,0	292,6 (16,1)	258,5 (23,0)	333,2 (19,6)	290,9 (16,7)	-	294,0 (18,1)	294,0 (18,1)
<i>equi_cer</i>	1,9 (0,14)	1,0	1,9 (0,22)	1,8 (0,15)	1,1 (0,21)	1,5 (0,13)	-	0,3 (0,06)	0,28 (0,06)
<i>n_ravage</i>	1,6 (0,2)	3,0	1,6 (0,2)	1,2 (0,36)	1,4 (1,3)	1,3 (1,4)	-	0,2 (0,44)	0,2 (0,44)
<i>sup_rav</i>	27,1 (4,2)	86,1	27,9 (4,2)	14,6 (5,04)	15,7 (23,2)	15,1 (21,4)	-	1,6 (3,6)	1,6 (3,6)

¹ Le chiffre entre parenthèses correspond au nombre d'unités d'analyse.

forestière égale ou inférieure à 26,0%, une densité de routes équivalente à 0,9 km/km² avec au moins 0,2 km/km² de routes à grande circulation (*autorout*). Ces routes desservent un bassin de population qui s'élève en moyenne à 91 662 hab/unité ou 356 hab/km² réparti dans une douzaine de municipalités (*localité*=13,2). Ces unités sont éloignées de 58,0 km de la plus proche limite d'un parc ou d'une réserve mais sont aussi parmi les plus distantes de la forêt continue (*distfor*=13,2 km). En raison de la superficie restreinte des massifs de forêt ainsi que de leur morcellement, les cervidés sont plus limités en nombre (*équi_cer*=0,3 équivalent-cerf mort/km²) et les rares ravages de cerfs présents (*n_ravage*=0,2 ravage) sont de petite taille (*sup_rav*= 1,6 km²/unité; tableau 5).

5.5 Variables qui expliquent la présence du loup

Avec le modèle logistique, la présence du loup, à la grandeur de l'aire d'étude, est expliquée par deux variables : l'importance du couvert forestier (*pcboisé*; $P=0,00$) et la densité des routes (*densrout*; $P=0,02$). En appliquant séparément le modèle logistique aux deux strates de l'aire d'étude, nous constatons que dans les « Basses terres », c'est uniquement la présence de concentrations hivernales de cerfs de Virginie (*n_ravage* ; $P=0,03$) qui intervient pour déterminer si le loup sera présent de façon occasionnelle ou absent. Dans les « Laurentides », ce sont la densité des routes (*densrout*; $P=0,00$) et la distance à un parc ou une réserve faunique (*distparc*; $P=0,03$) qui font la différence entre une présence permanente et occasionnelle du loup.

De son côté, l'analyse discriminante explique la présence du loup par le jeu de quatre variables : l'importance du couvert forestier (*pcboisé*; $P=0,00$), la densité de la population (*densité*; $P=0,00$), la distance à un parc ou une réserve (*distparc*; $P=0,01$) et la densité de routes (*densrout*; $P=0,04$). Dans les « Basses terres », l'analyse discriminante révèle également que c'est l'abondance ou la concentration de nourriture qui explique le mieux la présence du loup de façon

occasionnelle dans les différentes unités. Les deux variables qui ont un effet déterminant sur la présence du loup dans les « Basses terres » sont : la superficie des ravages dans chaque unité (*sup_rav*; $P=0,00$) et l'abondance de proies exprimée par la variable *équi_cer* ($P=0,00$). Dans les « Laurentides », c'est à nouveau la densité de routes (*densrout*; $P=0,00$) qui partage l'occupation du loup en permanente ou occasionnelle.

5.6 Modèles prédictifs

Les équations logistiques qui permettent de calculer la probabilité de P et de PO sont :

$$\text{Logit}^2(\text{PO}) = 0,3157 + 0,0857 (\text{pcboisé}) - 3,4196 (\text{densrout})$$

$$\text{Logit}(P) = - 3,9212 + 0,0857 (\text{pcboisé}) - 3,4196 (\text{densrout})$$

Les équations de l'analyse discriminante, de leurs côtés, s'écrivent en introduisant dans les équations présentées dans la section 3.3, les paramètres du tableau 6.

² $\text{Logit}(\text{PO}) = \log\left(\frac{\text{PO}}{1-\text{PO}}\right)$

Tableau 6 : Paramètres des équations de l'analyse discriminante.

Variables	Classes d'occupation du loup		
	N (β)	O (δ)	P (λ)
Constante	-32,88549	-43,65875	-45,55908
<i>pcboisé</i>	0,58787	0,81237	0,88071
<i>densité</i>	0,01009	-0,01539	-0,01282
<i>distparc</i>	0,21555	0,27963	0,24994
<i>densrout</i>	39,29813	42,97984	38,82676

5.7 Comparaison des deux modèles

En utilisant le modèle logistique, nous avons réussi à prédire correctement, dans une proportion de 77% (88/114; tableau 7), les différentes classes d'occupation du loup alors que le modèle discriminant y est arrivé dans une proportion de 74% (84/114; tableau 8). Dans les deux cas, c'est au niveau de la prédiction de la présence occasionnelle que les erreurs se sont avérées les plus fréquentes (50% pour les deux modèles). Le modèle logistique s'est montré, de son côté, un peu plus performant que le modèle discriminant pour prédire l'occupation permanente (logistique=90%; discriminant=84%) alors que le modèle discriminant a été meilleur pour prédire les classes d'occupation nulles (logistique=55%; discriminant=66%).

Tableau 7 : Comparaison entre les classes d'occupation du loup prédites par le modèle logistique et les classes réellement observées.

Classes	Prédites			Observées
	N	O	P	
N	5	4	0	9
O	1	15	14	30
P	0	7	68	75
Total	6	26	82	114

Tableau 8 : Comparaison entre les classes d'occupation du loup prédites par le modèle discriminant et les classes réellement observées.

Classes	Prédites			Observées
	N	O	P	
N	6	3	0	9
O	3	15	12	30
P	0	12	63	75
Total	9	30	75	114

6. DISCUSSION

6.1 Description des deux strates

Notre aire d'étude accueille au total 1 300 000 personnes, soit 17% de la population québécoise. Les conséquences sur l'habitat de cette densification humaine sont connues : réduction du couvert forestier, fragmentation des boisés résiduels, augmentation des agglomérations et de leur superficie urbanisée, complexification et alourdissement du réseau routier. Même si le profil de la partie « Laurentides » paraît intact en regard de celui des « Basses terres », il ne faudrait pas perdre de vue que l'exploitation de la matière ligneuse y est importante et qu'elle crée de plus en plus d'accès pour les véhicules à quatre roues motrices et, l'hiver, pour les motoneiges. Si on tient compte des chemins forestiers (*chemin*) dans le calcul de la densité de route, la partie « Laurentides » de l'aire d'étude devient alors aussi accessible que les « Basses terres ». Mais cette accessibilité secondaire, si elle n'est pas prise en considération au niveau de l'habitat du loup, affecte toutefois celui-ci en terme de mortalité générale. Néanmoins, la partie « Laurentides » de notre aire d'étude correspond tout de même à ce que Mech (1989) appelle un « réservoir d'habitat sauvage de grande superficie ».

À l'opposé, si la partie sauvage (Laurentides) de l'aire d'étude a tendance à s'ouvrir de plus en plus à la fréquentation humaine, les forêts de la partie habitée par l'homme (Basses terres) tendent à se reconstituer quelque peu si on se fie à la superficie de terre agricole (4,6%) actuellement en friche ou en reboisement (superficie non évaluée). L'habitat du loup ne tient donc pas essentiellement à des éléments statiques et passésistes mais également à des composantes dynamiques et réversibles. Il importe donc d'être en mesure d'identifier ces composantes et de les surveiller dans le temps.

6.2 Carte de répartition du loup

La méthode utilisée pour établir la carte de répartition du loup, basée sur des enquêtes auprès du personnel régional, est la méthode qui a été utilisée lors des principales études faites aux Etats-Unis pour établir l'habitat historique et actuel du loup (Thiel 1985; Jensen *et al.* 1986; Mech *et al.* 1988; Fuller *et al.* 1992). Le personnel régional est celui qui parcourt régulièrement le terrain et qui est le premier informé de ce qui se passe de nouveau dans leur secteur, soit par les trappeurs, chasseurs et autres résidents avec qui ils sont régulièrement en contact. Au niveau de notre étude, chaque personne interrogée cumulait au moins 20 ans d'expérience professionnelle dans la région étudiée et aussi ailleurs dans d'autres régions du Québec.

La détermination du statut territorial du loup n'a pas posé de problème dans la majorité des cas. Lorsque plusieurs réponses étaient disponibles pour la même unité, les diagnostics posés concordait la plupart du temps et ils s'accordent encore plus lorsque les unités se retrouvent dans l'aire permanente du loup. C'est surtout dans la bande de terrain où le loup est absent ou rare que les réponses étaient plus contradictoires. Il est possible que la définition des classes d'occupation remises lors de l'enquête ait manqué de clarté et ait induit certaines personnes en erreur. Il est possible aussi que certains comportements attribuables aux loups aient été difficiles à cataloguer. C'est le cas, entre autres, des incursions hivernales de loups dans les ravages de cerfs de Virginie situés plus au sud. Ces déplacements peuvent être, pour certains, perçus comme une forme d'occupation occasionnelle du terrain et, pour d'autres, comme une utilisation récurrente donc permanente du territoire.

6.3 Caractéristiques de l'habitat du loup

Dans les études précédentes, l'habitat du loup a toujours été caractérisé par une seule composante du milieu, soit la densité des routes (Thiel 1985; Jensen *et al.*

1986; Mech *et al.* 1988; Fuller *et al.* 1992; Mladenoff *et al.* 1995). Ce qui ne veut pas dire que les routes constituent des obstacles insurmontables pour cette espèce. Les loups savent utiliser les routes secondaires peu fréquentées pour leurs déplacements mais ont tendance à fuir les zones traversées par des routes à grande circulation (Thurber *et al.* 1994). Certains loups plus déterminés que d'autres peuvent, au cours de leur dispersion, traverser des autoroutes (Mech et Frenzel 1971; Mech *et al.* 1995) et des endroits très ouverts (Licht et Fritts 1994) mais tous les individus d'une population ne sont pas prêts à faire ce genre de voyage et à prendre des risques (Mech *et al.* 1995; Licht et Fritts 1994). Si la densité de routes est utile pour caractériser l'habitat du loup, c'est qu'elle traduit bien le degré d'occupation humaine du territoire, les perturbations parfois irréversibles qui s'en suivent et la fréquence de contacts avec les humains qui sont à l'origine de la majorité des cas de mortalités chez les loups (Mladenoff *et al.* 1995). En effet, plusieurs variables servant à caractériser l'occupation humaine sont fortement corrélées entre elles et avec la densité de routes. Dans notre étude, nous avons trouvé effectivement, pour l'ensemble de l'aire d'étude, de fortes corrélations ($r \geq 0,70$) entre les variables exprimant la densité d'habitant (*densité, populati*), le nombre d'agglomérations (*localité*), la superficie urbanisée (*urban et supurban*), le pourcentage de couverture forestière (*pcboisé*) et la densité de routes (*densrout, routes, autorout*).

Selon certains auteurs, pour maintenir une population de loups de façon permanente, il est nécessaire que la densité critique de routes reste inférieure à $0,6 \text{ km/km}^2$ (Thiel 1985; Jensen *et al.* 1986; Mech 1989; Mech *et al.* 1988; Mladenoff *et al.* 1995). Au-delà de cette limite et jusqu'à une densité de routes de $0,73 \text{ km/km}^2$, le statut du loup devient plus précaire. Il peut être complètement absent (Jensen *et al.* 1986) ou occuper des secteurs de façon occasionnelle (Thiel 1985; Mech 1989). La différence entre l'absence ou la présence tiendra dans ce cas précis à la présence d'un réservoir d'habitat sauvage à proximité (Mech 1989). Lorsque la densité de routes excède $0,83 \text{ km/km}^2$, le loup est généralement

absent (Jensen *et al.* 1986; Mech *et al.* 1988; présente étude). Les densités moyennes de routes que nous avons obtenues en fonction des trois classes d'occupation du loup (permanente=0,3 km/km²; occasionnelle= 0,6 km/km²; nulle= 0,9 km/km²), s'accordent donc très bien avec celles trouvées ailleurs dans d'autres secteurs des États-Unis. Dans l'habitat occupé occasionnellement par le loup, que ce soit dans les « Basses terres » ou dans les « Laurentides », on peut dire que le massif de forêt continue (réservoir sauvage de Mech 1989) n'est jamais loin (distance moyenne \leq 8,2 km). Au Minnesota, des loups en dispersion vers le Wisconsin ont été capables de parcourir à découvert une distance d'au moins 23 km d'un habitat favorable (Mladenoff *et al.* 1995). Au niveau de nos deux strates, la partie « Laurentides » rencontre donc parfaitement les exigences générales pour l'établissement permanent du loup alors que la partie des « Basses terres » en contact avec les « Laurentides » constitue plutôt un habitat marginal ou de dispersion pour les loups.

En plus d'être confinés à des secteurs où le réseau routier est peu développé, les loups occupent généralement des secteurs à faible densité humaine. Fuller *et al.* (1992) et Mladenoff *et al.* (1995) considèrent que pour le Minnesota et le Wisconsin, un bon habitat à loup est celui qui répond aux combinaisons de conditions suivantes : $< 0,7$ km/km² de routes et < 4 hab/km² ou encore $< 0,5$ km/km² de routes et < 8 hab/km². En regard de l'occupation humaine, les conditions énumérées par ces deux auteurs sont plus sévères que celles observées dans notre aire d'étude où l'habitat occupé de façon permanente par le loup abrite en moyenne 7,7 hab/km² et l'habitat utilisé occasionnellement par le loup 43 hab/km² (maximum de 64 hab/km² dans les « Basses terres »). Cette différence peut s'expliquer de deux façons : par la grandeur de nos unités d'analyse ou par le développement, sous nos conditions, d'une tolérance accrue des loups envers la présence humaine. En effet, dans les autres études qui utilisent des limites artificielles comme des limites de cantons ou des divisions de recensements, les superficies des unités d'analyse ne dépassent pas 100 km²

(Jensen *et al.* 1986; Mech *et al.* 1988; Fuller *et al.* 1992) alors que celles qui utilisent la cartographie des territoires de meutes de loup, vont jusqu'à 166 km² (Mladenoff *et al.* 1995). Des unités aussi étendues que les nôtres (269 km²) sont susceptibles d'être plus hétérogènes surtout lorsqu'elles chevauchent deux provinces naturelles aussi différentes l'une de l'autre que les Laurentides méridionales et les Basses terres du Saint-Laurent.

Les besoins du loup au Québec sont en tout point semblables aux exigences de ses comparses nord-américains. Son vis-à-vis européen, par contre, vit dans des milieux fort différents. En Espagne, par exemple, des loups peuvent vivre à des densités élevées (entre 1,9 et 2,6 loups/100 km²) dans des régions rurales (ex : la Galicie) caractérisées par une densité humaine dépassant 50 hab/km² et une rareté d'ongulés sauvages (Blanco *et al.* 1992). Ces loups réussissent à survivre en mangeant du bétail et en se nourrissant de déchets de toutes sortes. Dans la région de la Vieille-Castille, les loups se reposent et se reproduisent dans les champs (Barrientos 1987 *in* Delibes 1990). Même situation en Italie, où la densité d'habitants à la grandeur de la péninsule est de 175 hab/km² et où il n'existe aucun grand espace sauvage (Boitani 1992.). Les loups italiens comme ceux du Portugal, de la Grèce et de l'Espagne ont réussi à vivre à proximité de l'homme parce qu'ils disposent dans la journée de repaires sûrs, dans les bois ou les rochers, pour se cacher (Delibes 1990). En Italie, plus particulièrement dans la région des Abruzzes, le loup s'est ainsi parfaitement intégré à un environnement fortement « anthropisé » où il a appris à se déplacer de façon sécuritaire la nuit et en petits groupes et à éviter les conflits avec les humains (Boitani 1992). Cette adaptation se traduit plus concrètement dans la description imagée qu'en fait le chercheur italien Luigi Boitani lors d'un interview (Adam 1988) :

« Les gens croient qu'il est là-haut dans la montagne, alors qu'il vient chaque nuit. Nous en avons eu maintes fois confirmation en le suivant par radio-tracking. On pense qu'il ne descend qu'en hiver, poussé par la faim. Comme s'il n'avait pas faim le reste de l'année! La seule différence est qu'en hiver on peut lire ses

traces dans la neige. Non seulement il est là, mais il a appris à ajuster ses comportements en fonction des habitudes des hommes dans les villages. Il connaît la signification des lumières allumées et attend avec une patience infinie que la dernière lampe se soit éteinte pour s'approcher. Alors seulement il traverse la rue principale pour se rendre à son lieu de destination, la décharge publique. Mais dans la montagne, le pas d'un chasseur qu'il est capable de reconnaître à plusieurs kilomètres le fera fuir aussi loin que sa course peut l'emporter. Ces comportements, le loup les a acquis au cours de siècles et ils sont indispensables à sa coexistence avec l'homme. Je suis convaincu qu'un loup arctique habitué à chasser le renne et l'orignal et qu'on lâcherait dans les Abruzzes mourrait d'infarctus le jour même ! Le loup italien, lui, se repère parfaitement par rapport aux maisons, aux routes, aux voitures, aux personnes. »

Vu sous cet angle européen, on peut se demander pourquoi les loups du Québec n'occupent pas, de façon permanente la strate « Basses terres » qui présente des conditions presque idéales pour un loup européen. Est-ce parce que dans le contexte québécois présenté dans cette étude, le rapport coûts/bénéfices associé à la recherche de proies, au maintien de territoires et à la reproduction serait, dans cette strate, trop élevé pour les loups? Ou est-ce qu'ils ne peuvent tout simplement pas s'y établir de façon permanente en raison d'une trop grande mortalité liée à l'accessibilité des lieux? La réponse est probablement un mélange de ces deux explications mais certains indices appuient plus fortement la dernière option. En effet, depuis que le loup bénéficie d'une certaine protection aux États-Unis, celui-ci a commencé à coloniser une grande variété d'habitats (Wisconsin, Michigan, les Dakota du nord et du sud, Idaho, Montana, Washington) qui n'ont plus rien à voir avec la notion de grands espaces sauvages favorables au loup tels qu'on se l'imagine aujourd'hui (Mech 1995) et tels que d'autres l'ont décrit avant nous (Thiel 1985 ; Jensen *et al.* 1986 ; Mech 1989 ; Fuller *et al.* 1992). Cette colonisation a été grandement facilitée par la présence et l'abondance du cerf de Virginie qui est la proie préférée du loup partout où il existe, que ce soit au Minnesota (Van Ballenberghe *et al.* 1975; Fritts et Mech 1981 ; Fuller 1989), en Ontario (Pimlott *et al.* 1969 ; Kolenosky 1972) ou au Québec (Jolicoeur 1978; Potvin 1986; Potvin *et al.* 1988). C'est pour aller chercher ce cervidé de petite taille qui s'accommode fort

bien des habitats fragmentés et de la présence humaine, que le loup s'aventure ainsi en territoire non familier et qu'il encourt des risques élevés de mortalité par accident routier, par contrôle de la déprédation et ici, au Québec, par prélèvement légal (chasse et de piégeage). C'est un phénomène maintenant connu qu'en hiver les loups font des excursions éclairs en dehors de leur territoire habituel (Messier 1985) ou des migrations de longue durée pour aller se nourrir dans les ravages de cerfs de Virginie (Forbes et Theberge 1995).

6.4 Modèles prédictifs

Mladenoff *et al.* (1995) ont développé deux équations logistiques pour prédire la probabilité de présence d'une meute de loup. Une fondée sur une seule variable, la densité de route, et une autre sur deux variables, la densité de route et un indice décrivant la configuration du couvert végétal actuel (fragmentation). Parmi tous les auteurs cités jusqu'à maintenant, Mladenoff *et al.* (1995) sont les seuls à avoir considéré comme nous le couvert forestier comme étant un facteur explicatif de la présence du loup dans un secteur. Les autres auteurs, Thiel (1985), Jensen *et al.* 1986, Mech 1989, Fuller *et al.* 1992, se sont, de leurs côté, centrés sur la densité de route et un peu sur la densité d'habitants pour caractériser l'habitat du loup. Malgré la reconnaissance de l'importance du couvert forestier et de son degré de fractionnement pour expliquer la présence du loup, Mladenoff *et al.* (1995) n'ont utilisé que la densité de routes pour prédire le potentiel de certains habitats. Ces auteurs jugeaient tout simplement que l'addition d'une deuxième variable, basée sur l'analyse de la fragmentation du couvert, n'apportait que très peu de précision supplémentaire par rapport à la densité de routes.

Les deux équations proposées dans ce rapport sont, à notre avis, d'égales valeurs même si le pourcentage de précision est légèrement plus élevé avec le modèle logistique (77%) qu'avec le modèle discriminant (74%). Dans les deux cas, c'est au niveau de la prédiction de la présence occasionnelle que se situe la majorité

des erreurs (50% d'erreur pour les deux modèles). Ceci ne nous étonne guère car c'est au niveau de cette classe d'occupation que nous avons eu le plus de diagnostics contradictoires et qu'il a fallu trancher en fonction de l'opinion majoritaire. Par contre, dans le choix du modèle prédictif, il faut tenir compte de la difficulté à réunir ou à mesurer toutes les variables. Pour cette raison, le modèle logistique nous semble plus facile à appliquer et c'est pour cette raison, que nous le recommandons pour de futures applications.

7. CONCLUSION

Le loup est une créature qui symbolise les espèces menacées et qui retient l'attention des groupes de défenses. Depuis plusieurs années, une nouvelle mythologie est née : le loup n'est plus vil mais injustement persécuté (Mech 1995). Cette opinion ne fait cependant pas l'unanimité. Les conflits et les sentiments négatifs à son égard sont encore bien vivants surtout dans les petites communautés qui sont en contact étroit avec la forêt et les ressources fauniques (Mech 1995). Au Québec, depuis les années soixante, le loup a déchaîné régulièrement les passions et les croisades émotives qui se sont succédées au fil des années et qui ont toujours été déclenchées par les inquiétudes des citoyens à l'égard de la survie du cerf de Virginie. L'examen des composantes de l'habitat du loup, présenté dans ce rapport, nous aide donc à comprendre pourquoi il en a toujours été ainsi. Le cerf de Virginie vit parmi les gens et le loup est prêt à surmonter bien des embûches pour se procurer sa proie préférée. Logiquement, un déclin majeur de ce cervidé, comme celui qui s'est produit au Québec dans le milieu des années soixante-dix (Huot *et al.* 1978) devrait donc se traduire par une régression de la distribution géographique du loup.

L'établissement d'une carte de répartition du loup selon la méthode proposée est une première et l'expérience devrait être répétée à intervalle régulier (ex :10 ans) pour suivre l'évolution de la répartition du loup et pour vérifier son degré de tolérance à l'égard de certaines composantes du milieu. La définition des classes d'occupation pourrait être revue pour éviter certaines méprises surtout au niveau de la définition de la classe d'occupation « occasionnelle ». Les deux modèles élaborés dans cette recherche, ainsi que le modèle de Mladenoff *et al.* (1995), pourraient être testés en étant appliqués sur tout le territoire de la rive sud du Saint-Laurent occupé jadis par le loup. Si les États-Unis mettaient de l'avant leur projet de restauration du loup en Nouvelle-Angleterre, les répercussions pour le Québec risqueraient d'être immédiates et varieraient selon que l'habitat de la rive

sud soit propice en grande majorité pour l'établissement des meutes (occupation permanente) ou qu'il constitue simplement un habitat de dispersion (occupation occasionnelle). Finalement, une carte de sensibilité de l'habitat du loup pourrait être dressée à partir des informations obtenues par cette étude dans les régions de l'Outaouais, Laurentides et Lanaudière. Une telle carte identifierait les secteurs où les conditions pour le loup s'avèrent extrêmes pour leur survie de façon permanente ou occasionnelle et aiderait à comprendre l'impact d'une dégradation plus poussée du milieu physique ou encore de la disparition du cerf de Virginie. On suggère d'utiliser pour dresser une telle carte des unités délimitées sur la base de critères écologiques afin d'obtenir une plus grande homogénéité.

REMERCIEMENTS

Nous aimerions remercier très sincèrement tous ceux et celles qui nous ont fourni les informations de base sur la répartition territoriale du loup dans les régions de l'Outaouais, Laurentides et Lanaudière. Sans ces informations, nous n'aurions pu faire ce travail avec autant d'assurance et de satisfaction. Je remercie donc les agents de la Conservation de la faune suivants : MM. Gilles Bergeron, Michel Bergeron, Claude Bourque, Benoît Desharnais, Pierre Denis, Raymond Émond, Gaétan Landry, Georges Lauzon, Daniel Miron, Gaétan Ouellette, Alain Riou, Pierre Thivierge et Guy Venne. À cette liste, s'ajoutent les biologistes et techniciens du Service d'aménagement et de l'exploitation de la faune et de la Société des établissements de plein air du Québec des régions concernées qui nous ont aidé non seulement à élaborer la carte de distribution du loup mais aussi qui nous ont fourni des informations sur les ravages de cerfs de Virginie et les densités d'orignaux. Ces personnes, qui nous ont accordé leur support, sont : madame Monique Boulet et messieurs Michel Beaudoin, Pierre Dupuy, François Girard, Michel Hénault, Richard Laporte, Christian Pilon, François Renaud et Daniel St-Hilaire. Nous tenons également à souligner la contribution de mesdames Louise Trudeau et Lucie Gignac de la Direction du développement de la faune pour nous avoir donné accès à des banques centrales de données sur les habitats et la grande faune. Parmi ceux qui nous ont accordé une aide technique et une expertise professionnelle essentielle, mentionnons : madame Hélène Crépeau du Service de consultation statistique de l'Université Laval qui a fait tout le développement statistique, monsieur Jean-Pierre Ducruc, du Ministère de l'Environnement, qui a encadré notre démarche sur le plan scientifique et messieurs Jean Bisonnette, Yves Lachance et Christian Goulet, de ce même ministère, qui nous ont assistés sur le plan géomatique et cartographique. L'édition de ce rapport a pu se faire grâce au travail patient de mesdames Catherine Laurian, Chantale Groleau, Jacinthe Bouchard et de monsieur Jean Berthiaume.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADAM, E. 1988. Qui a peur du grand méchant loup? *Terre sauvage* 14 :38-58.
- BARRIENTOS, L. M. 1987. Estudio sobre las poblaciones de lobo ibérico en la provincia de Valladolid y sus zonas limitrofes *in* El lobo Ibérico : II jornadas de estudio y debate. Dossier :44-45. Consejo de Cultura, Diputación de Salamanca. 90 p.
- BLANCO, J. C., S. REIG ET L. DE LA CUESTA. 1992. Distribution, status and conservation problems of the wolf *Canis lupus* in Spain. *Biological Conservation* 60 : 73-80.
- BOITANI, L. 1992. Wolf research and conservation in Italy. *Biological Conservation* 61 : 125-132.
- CARIGNAN, M., M. HINSE, C. SAVOIE, S. GUILLEMETTE, D. ST-MARTIN, S. DESLANDES et C. DESMARAIS. 1997. Cartographie de l'utilisation du sol par traitement d'images satellitaires (Landsat V). Québec, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. 3 p.
- DELIBES, M. 1990. Statut et conservation du loup (*Canis lupus*) dans les états membres du conseil de l'Europe. Convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe. Conseil de l'Europe. Strasbourg. Publication T-PVS (89). 46 p.
- FORBES, G.J. et J. B. THEBERGE. 1995. Influences of a migratory deer herd on wolf movements and mortality in and near Algonquin Park, Ontario. Pages 303-313 *in* CARBYN, L. N., S. H. FRITTS et D. R. SEIP (éds.). Ecology and conservation of wolves in a changing world. Canadian Circumpolar Institute, Occasional Publication No. 35, 642 p.
- FRITTS, S.H. et L. D. MECH. 1981. Dynamics, movements, and feeding ecology of a newly protected wolf population in northwestern Minnesota. *Wildlife Monographs* No 80. 79 p.
- FULLER, T. K. 1989. Population dynamics of wolves in north-central Minnesota. *Wildlife Monographs* No 105 , 41 p.
- FULLER, T.K., W.E. BERG, G.L. RADDE, M.S. LENARZ et G.B. JOSELYN. 1992. A history and current estimate of wolf distribution and numbers in Minnesota. *Wildlife Society Bulletin* 20: 42-55.

- HARRISON, D. J. et T. G. CHAPIN. 1997. An assessment of potential habitat for eastern timber wolves in the northeastern United States and connectivity with occupied habitat in southeastern Canada. Wildlife Conservation Society. Working paper No. 7. 12 p.
- HUOT, J., D. BANVILLE et H. JOLICOEUR. 1978. Étude de la prédation par le loup sur le cerf de Virginie dans la région de l'Outaouais. Québec, Ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche, Direction générale de la faune, Direction de la recherche faunique. 77 p.
- JENSEN, W.F., T.K. FULLER et W.L. ROBINSON. 1986. Wolf (*Canis lupus*) distribution on the Ontario-Michigan border near Sault Ste-Marie. Canadian Field Naturalist 100: 363-366.
- JOLICOEUR, H. 1978. Étude de la prédation par le loup (*Canis lupus*) sur une population de cerfs de Virginie (*Odocoileus virginianus*) en déclin dans l'Outaouais. Thèse de maîtrise. Faculté des Sciences et de Génie, Université Laval, Québec. 147 p.
- JOLICOEUR, H. 1998. Le loup du massif de la Jacques-Cartier. Québec, Ministère de l'Environnement et de la faune, Direction de la faune et des habitats et Direction de la conservation du patrimoine écologique. 132 p.
- JOLICOEUR, H. et M. HÉNAULT. 2001. Répartition géographique du loup (*Canis lupus*) et du coyote (*Canis latrans*) au sud du 52^{ième} parallèle et estimation de la population de loups au Québec. Société de la faune et des parcs au Québec. 65 p.
- KOLENOSKY, G. B. 1972. Wolf predation on wintering deer in east-central Ontario. J. Wildl. Manage. 36 : 357-369.
- LAJOIE, P.G. 1960. Les sols des comtés d'Argenteuil, Deux-Montagnes et Terrebonne, Québec. Ministère de l'Agriculture du Canada en collaboration avec le Ministère de l'Agriculture du Québec et le Collège Macdonald, Université McGill.
- LAJOIE, P.G. 1962. Étude pédologique des comtés de Gatineau et de Pontiac, Québec. Ministère de l'Agriculture du Canada en collaboration avec le Ministère de l'Agriculture du Québec et le Collège Macdonald, Université McGill.
- LAJOIE, P.G. 1965. Étude pédologique des comtés de l'Assomption et de Montcalm, Québec. Ministère de l'Agriculture du Canada en collaboration avec le Ministère de l'Agriculture du Québec et le Collège Macdonald, Université McGill.

- LAJOIE, P.G. 1967. Étude pédologique des comtés de Hull, Labelle et Papineau, Québec. Ministère de l'Agriculture du Canada en collaboration avec le Ministère de l'Agriculture du Québec et le Collège Macdonald, Université McGill.
- LAFOND, R., C. PILON et Y. LEBLANC. (en préparation). Résultats du plan d'inventaire aérien des colonies de castors (1989-1994). Société de la Faune et des Parcs du Québec.
- LAMONTAGNE, G. et F. POTVIN. 1994. Plan de gestion du cerf de Virginie au Québec, 1995-1999. L'espèce, son habitat et sa gestion. Québec, Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats. 114 p.
- LAMONTAGNE, G. et S. ST-ONGE. 1999. Bilan de l'exploitation de l'orignal et de certains inventaires entre 1994 et 1998. Pages 42-59 *in* DAIGLE, C. Compte rendu de l'atelier sur la grande faune. Québec, Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des espèces et des habitats. 316 p.
- LARIVIÈRE, S., H. JOLICOEUR et M. CRÊTE. 1998. Densités et tendance démographique du loup (*Canis lupus*) dans les réserves fauniques du Québec entre 1983 et 1997. Québec, Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats. 33 p.
- LI, T. et J.-P. DUCRUC. 1999. Les provinces naturelles. Niveau 1 du cadre écologique du Québec. Québec, Ministère de l'Environnement. 90 p.
- LITCH, D. S. et S. H. FRITTS. 1994. Gray wolf (*Canis lupus*) occurrences in the Dakotas. *Am. Midl. Nat.* 132 :74-81.
- MECH, L.D. 1977. Population trends and winter deer consumption in a Minnesota wolf pack. Pages 55-83 *in* Phillips, R. L. and C. Jonkel (eds.). Proceedings of the 1975 Predator Symposium. Montana Forest and Conservation Experiment Station. University of Montana.
- MECH, L.D. 1989. Wolf population survival in an area of high road density. *American Midland Naturalist* 121 (2): 387-389.
- MECH, L.D. 1995. The challenge and opportunity of recovering wolf populations. *Conservation Biology*. 9 (2): 270-278.
- MECH, L.D. et L.D. FRENZEL, Jr. 1971. Ecological studies of the timber wolf in northeastern Minnesota. United States Department of Agriculture Forest Service Research Paper NC-52. North Central Forest Experiment Station, St-Paul, Minnesota.

- MECH, L.D., S.H. FRITTS, G. RADDE et W.J. PAUL. 1988. Wolf distribution in Minnesota relative to road density. *Wildlife Society Bulletin* 16: 85-88.
- MESSIER, F. 1985. Solitary living and extraterritorial movements of wolves in relation to social status and prey abundance. *Can. J. Zool.* 63: 239-245.
- MESSIER, F. et M. CRÊTE. 1985. Moose-wolf dynamics and the natural regulation of moose populations. *Oecologia* 65: 503-512.
- MLADENOFF, D. J. et T. A. SICKLEY. 1998. Assessing potential gray wolf restoration in the northeastern United States : a spatial prediction of favorable habitat and potential population levels. *J. Wildl. Manage.* 62 : 1-10.
- MLADENOFF, D.J., T.A. SICKLEY, R.G. HAIGHT. et A.P. WYDEVEN. 1995. A regional landscape analysis and prediction of favorable gray wolf habitat in the northern great lakes region. *Conservation Biology* 9(2): 279-294.
- MLADENOFF, D. J., T. A. SICKLEY et A. P. WYDEVEN. 1999. Predicting gray wolf landscape recolonization : logistic regression models versus new field data. *Ecological applications* 9 : 37-44.
- PIMLOTT, D.H., J.A. SHANNON et G.B. KOLENOSKY. 1969. The ecology of the timber wolf in Algonquin Park. Ontario, Department of Lands & Forest. 92 p.
- POTVIN, F. 1986. Écologie du loup dans la réserve de Papineau-Labelle. Québec, Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction de la faune terrestre, Publication N° 1202. 103 p.
- POTVIN, F., H. JOLICOEUR et J. HUOT. Wolf diet and prey selectivity during two periods for deer in Quebec : decline versus expansion. *Can. J. Zool.* 66 : 1274-1279.
- SAS INSTITUTE. 1988. SAS/STAT User's guide. Release 6.03 Edition. SAS Institute inc. Cary, NC. 1 028 p.
- SAVOIE, C. et C. DESMARAIS. 1999. Rapport technique sur la classification des scènes « Landsat Thematic Mapper » utilisées lors de la production de cartes d'utilisation du sol pour les MRC du Québec. Québec, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. 21 p.
- THIEL, R.P. 1985. Relationship between road densities and wolf habitat suitability in Wisconsin. *Am. Midl. Nat.* 113: 404-407.

THURBER, J. M., PETERSON, R. O., WOOLINGTON, J. D. et J. A. VUCETICH.
1992. Coyote coexistence with wolves on the Kenai Peninsula, Alaska. *Can. J. Zool.* 70 : 2494-2498.

VAN BALLEMBERGHE, V., A.W. ERIKSON et D. BYMAN. 1975. Ecology of the timber wolf in northeastern Minnesota. *Wildlife Monograph*. No 43.

Annexe 1

Annexe 1 : Densités de cerfs de Virginie et d'orignaux par zone de chasse et de piégeage ayant servi au calcul de la biomasse de proies disponibles.

Zone de chasse et de piégeage	Densités d'orignaux ¹ (orignaux/10 km ²)		Densités de cerfs de Virginie ² (cerfs/10km ²)
	Réserves/Parcs	Hors réserves/Parcs	
8	---	0,20	28
9	--	1,8	11
10	4,20 (Papineau-Labelle)	1,21	32
11		1,04	32
15	3,1 (Rouge-Mattawin)	1,17	---
15	3,2 (Mastigouche)	1,17	---
15	2,8 ³ (Mont-Tremblant)	1,17	---

¹Tiré de Lamontagne et St-Onge 1999.

²Tiré de Lamontagne et Potvin 1994.

³Pierre Dupuy (comm. pers.). Le dernier inventaire mené dans le parc du Mont-Tremblant remonte à quelques années avant sa création (1981). La densité d'orignaux était alors de 3,5 orignaux/10 km² (Lessard 1979). Depuis, l'habitat s'est refermé et est devenu moins propice à l'orignal. D'après les responsables du parc du Mont-Tremblant, la densité actuelle devrait se situer entre 2,5 et 3,0 orignaux/10 km². Pour les besoins de notre travail, nous avons appliqué une valeur intermédiaire, soit 2,8 orignaux/10 km².

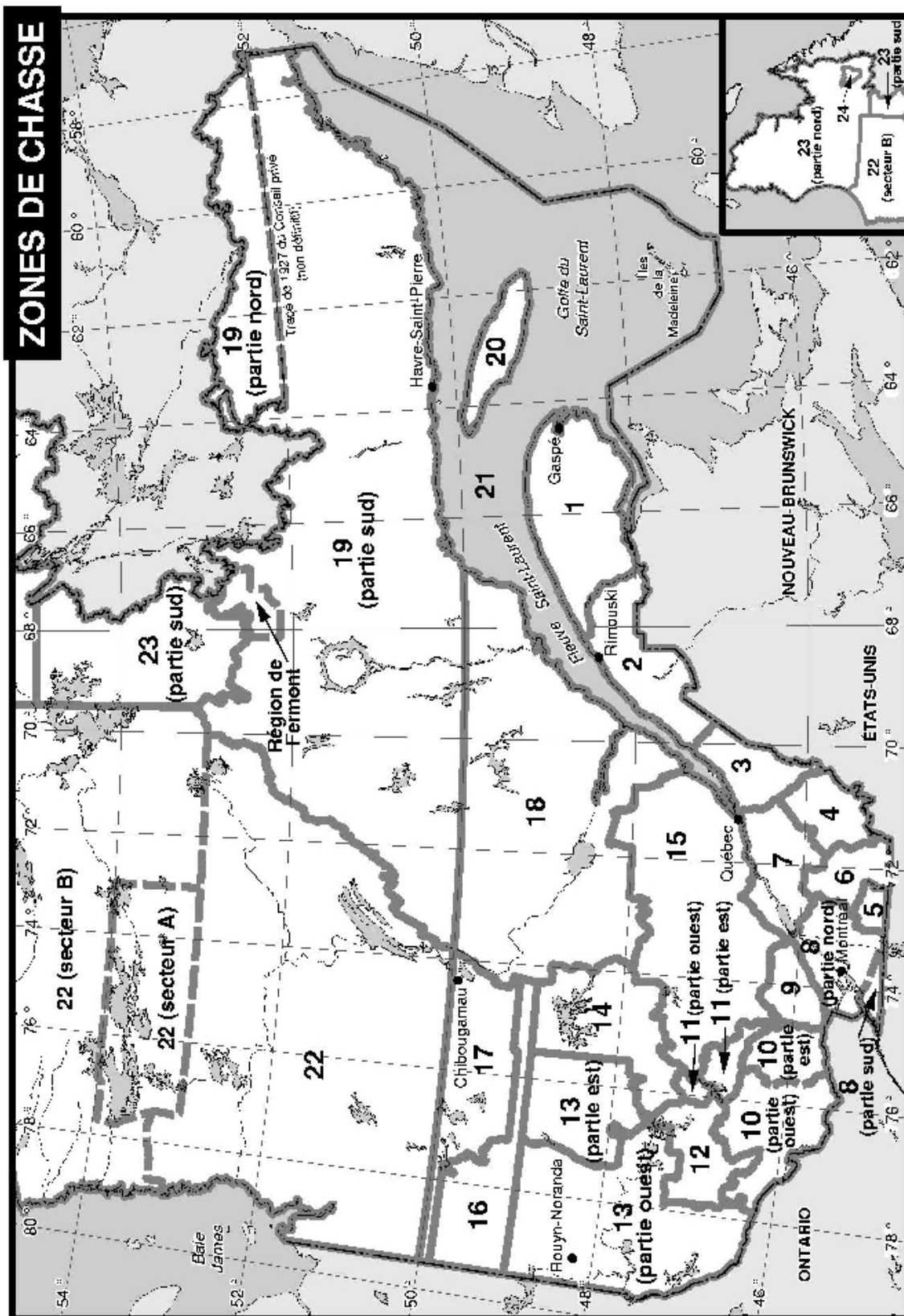
Annexe 2

Annexe 2 : Définition des classes d'occupation pour la distribution du loup et du coyote.

CLASSES D'OCCUPATION DU TERRITOIRE PAR LE LOUP ET LE COYOTE

- PERMANENTE :** Cette classe est attribuée lorsque les loups ou, selon le cas les coyotes, occupent le territoire depuis au moins les cinq dernières années et qu'ils sont assez abondants pour être « organisés » en meutes ou en groupes familiaux (ex : pour le loup :réserves fauniques, parties inaccessibles du territoire où le gibier abonde).
- OCCASIONNELLE :** Cette classe est attribuée lorsqu'il y a eu, au cours des cinq dernières années, une mention de loup ou de coyote à un endroit inhabituel ou encore dans un habitat marginal pour l'espèce (ex : autour des villes, nord de Montréal). Cette classe est aussi utilisée lorsqu'on a de fortes présomptions, sans avoir nécessairement de preuves, que l'animal pourrait occuper ce territoire (ex : pour le loup :corridor agro-forestier ou agricole entre deux territoires forestiers importants).
- NULLE :** Cette classe est réservée pour les cas extrêmes où la survie des loups ou des coyotes en tant que groupes ou individus est logiquement impossible (ex :île de Montréal) ou qu'à votre connaissance, aucun signe de loups ou de coyotes n'a été vu depuis les cinq dernières années.
- INCONNUE :** Cette classe est utilisée lorsqu'on est vraiment pas capable de statuer sur l'occupation d'un territoire.
-

Annexe 3



Annexe 3 : Zones de pêche, de chasse et de piégeage