

# Caractéristiques des peuplements forestiers recherchés par le cerf de Virginie en hiver à la limite nord de son aire de répartition

André Dumont, Jean-Pierre Ouellet, Michel Crête et Jean Huot

**Résumé :** Nous avons étudié les préférences hivernales d'habitat chez le Cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) dans l'est du Québec. Dans ces conditions limites d'environnement, la mortalité hivernale par inanition peut dépasser 40% lors d'hivers rigoureux. Afin d'identifier les paramètres du milieu reliés à la répartition des cerfs, nous avons analysé la répartition des fèces et du broutement à partir d'inventaires réalisés aux printemps 1994 et 1995. Une analyse de régression multiple a retenu les variables explicatives suivantes : le type de peuplement, le couvert en conifères (relation positive), la quantité de tiges arbustives feuillues disponibles (relation positive), le diamètre moyen des arbres d'espèces décidues (relation négative). Parallèlement, l'évolution de la fréquentation des peuplements par les cerfs durant l'hiver a été suivie par des relevés des pistes dans la neige. Les cerfs ont utilisé tous les types de peuplement au début de l'hiver mais ont préféré les peuplements mélangés à dominance de conifères et évité les peuplements de feuillus lorsque les conditions d'enneigement sont devenues plus contraignantes. Nous suggérons un aménagement de la forêt visant à favoriser la venue de peuplements mixtes de structure inéquienne possédant un couvert en conifères compris entre 50 et 80%, ce qui permettrait aux cerfs de trouver, au même endroit, abri et nourriture.

**Abstract:** We studied the habitat preferences of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) during winter in eastern Quebec, a region that is located at the northeastern limit of the species' distribution and characterized by harsh winters. Winter starvation is common and can affect more than 40% of the population. We carried out pellet-group and browse surveys at the end of winter in 1993–1994 and 1994–1995 to determine which habitat parameters best explained pellet-group distribution. A multiple regression analysis retained the following explanatory variables: forest type, conifer cover (positive relation), food availability (positive relation), and mean diameter at breast height of deciduous trees (negative relation). We also monitored the evolution of deer habitat selection during winter by surveying tracks in the snow. We found that deer occupied all forest types early in winter, but preferred mixed forest types and avoided deciduous stands when snow cover limited their locomotion. We recommend forest management that favours mixed, uneven-aged stands with conifer cover varying between 50 and 80%, in which deer can simultaneously find food and cover.

## Introduction

L'est du Québec représente la limite septentrionale de l'aire de répartition du cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) dans le nord-est du continent américain. Dans cette région, les cerfs sont confrontés à des conditions hivernales particulièrement rigoureuses (Potvin et Breton 1992). Les hivers sont longs et froids, et les accumulations de neige sont importantes. À cause

de sa petite taille et de ses pattes fines, le cerf de Virginie est morphologiquement mal adapté pour affronter une couche de neige importante. Telfer et Kelsall (1984) rapportent que la pression exercée par les sabots d'un cerf de Virginie s'élève à  $490 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$ , comparativement à  $190 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$  pour le caribou (*Rangifer tarandus caribou*). Chez le cerf, les coûts énergétiques associés aux déplacements dans la neige sont particulièrement élevés et augmentent de façon exponentielle avec l'enfoncement (Mattfeld 1974; Parker et al. 1984). En hiver, les besoins énergétiques des cerfs sont satisfaits, d'une part, par l'ingestion de ramilles (Mautz 1978) et, d'autre part, par le catabolisme des graisses et des protéines corporelles (Delguidice et al. 1988). La consommation de ramilles contribue à ralentir le taux de catabolisme des réserves corporelles et s'avère un facteur critique pour la survie du cerf, notamment dans les régions plus nordiques (Mautz 1978). Les cerfs tentent de maximiser leur prise d'énergie durant l'hiver (Schmitz 1990) mais les coûts de locomotion dans la neige épaisse sont importants. Dans cette balance entre les apports et les dépenses d'énergie, les cerfs sont en présence d'une nourriture de plus en plus rare et vraisemblablement de qualité décroissante au fur et à mesure que l'hiver progresse. Aussi graduellement, la condition physique des cerfs se détériore, et conduit souvent à la mort (Huot 1982). Le taux de mortalité

Reçu le 7 juillet 1997. Accepté le 9 janvier 1998.

**A. Dumont<sup>1</sup> et J. Huot.** Département de biologie, Pavillon Vachon, Université Laval, Sainte-Foy, PQ G1K 7P4, Canada, et Centre d'études nordiques, Université Laval, Sainte-Foy, QC G1K 7P4, Canada.

**J.-P. Ouellet.** Département de biologie et des sciences de la santé, Université du Québec à Rimouski, Rimouski, PQ G5L 3A1, Canada.

**M. Crête.** Centre d'études nordiques, Université Laval, Sainte-Foy, QC G1K 7P4, Canada, et ministère de l'Environnement et de la Faune, Service de la faune terrestre, 150, Boulevard René-Lévesque Est (5<sup>e</sup>), Québec, PQ G1R 4Y1, Canada.

<sup>1</sup> Adresse actuelle : Corporation de gestion de la Forêt de l'Aigle, 150, rue Notre-Dame, Maniwaki, PQ J9E 2J2, Canada.

hivernal, chez certaines populations de l'est du Québec, peut dépasser 40% lors d'hivers rigoureux (Potvin et al. 1981).

Dans ces conditions, au début de l'hiver, les cerfs se regroupent à l'intérieur d'aires restreintes, communément appelées « ravages », où ils entretiennent des réseaux de sentiers qui facilitent leurs déplacements. Le type de peuplement forestier, la topographie et l'orientation de la pente sont autant de caractéristiques que ce cervidé utilise à son avantage et qui peuvent réduire l'effet du climat rigoureux (Huot 1973). En général, les deux éléments qui caractérisent un ravage sont l'abri offert par les résineux et la nourriture provenant des pousses annuelles (ramilles) des feuillus de la strate arbustive (Potvin 1979). Les différents peuplements n'offrent pas tous les mêmes avantages aux cerfs. Les peuplements résineux dominés par des conifères matures interceptent la neige (Huot 1974; Crawford 1984) et réduisent l'effet refroidissant du vent (Verme 1968; Crawford 1984). En revanche, ces peuplements sont moins productifs, en termes de biomasse de brouillard disponible, que les peuplements mélangés (Huot 1972; Hénault 1995). À l'opposé, les peuplements à dominance feuillue présentent souvent une forte biomasse de nourriture mais aussi les pires conditions d'enneigement. Potvin (1979) a démontré que les cerfs préfèrent les peuplements résineux matures mais aussi les peuplements où l'entremêlement couvert-nourriture est élevé. Huot (1973) définit l'habitat hivernal idéal comme une forêt de conifères, ou une forêt mélangée, à maturité ou presque, et partiellement ouverte par des facteurs tels que les épidémies d'insectes, les petits feux de forêts ou les coupes forestières partielles. Le maintien de la qualité de l'habitat hivernal des cerfs est essentiel pour sa survie à long terme dans l'est du Québec puisqu'il permet de réduire la mortalité.

Au Québec, une classification sommaire reconnaît quatre grands types de peuplement pour les ravages de cerfs : les peuplements d'abri, ceux de nourriture et abri, ceux de nourriture et enfin ceux à faible potentiel (Germain et al. 1986). Les peuplements d'abri sont caractérisés par une dominance en conifères denses, ceux de nourriture et abri par un couvert mélangé avec une bonne strate arbustive, les peuplements de nourriture par des peuplements feuillus ouverts ou des jeunes forêts mixtes. Enfin les peuplements à faible potentiel sont généralement associés aux peuplements feuillus fermés, aux tourbières et autres milieux dénudés ainsi qu'aux zones urbaines. Cette approche sous-entend une homogénéité du peuplement et identifie l'échelle d'aménagement au niveau du peuplement. Nous avons étudié l'utilisation de l'habitat hivernal par le cerf à une échelle plus fine, en considérant les caractéristiques immédiates du site fréquenté par les animaux. Nous considérons que les composantes majeures de l'habitat hivernal identifiées dans les études antérieures, soit le couvert en conifères et la nourriture disponible, sont toujours valables. Cependant, nous situons la notion d'entremêlement, non pas seulement au niveau des peuplements entre eux, mais aussi à l'intérieur du peuplement même (micro-habitat). Nous supposons que le degré d'entremêlement entre le couvert et la nourriture, à une échelle spatiale fine, est d'autant plus avantageux pour les cerfs qu'il minimise leurs déplacements.

L'objectif principal de cette étude est de déterminer à l'échelle du peuplement et à une échelle plus fine quelles sont les caractéristiques forestières qui expliquent leur fréquentation par les cerfs en hiver. Nous voulons déterminer l'import-

tance des variables reliées à la qualité du couvert en conifères et à la quantité de nourriture disponible dans les préférences d'habitat des cerfs. Compte tenu du fait que les conditions d'enneigement changent durant l'hiver, nous nous sommes intéressés non seulement à la fréquentation globale des peuplements au cours de l'hiver mais aussi à l'évolution de leur utilisation au cours de cette saison. Nous supposons que les cerfs fréquentent de préférence les habitats leur procurant à la fois abri et nourriture, maximisant ainsi leur bilan énergétique. Aucune étude n'a encore traité de la sélection de l'habitat par les cerfs à l'échelle du micro-habitat dans une région où les conditions hivernales sont aussi rigoureuses.

## Matériel et méthodes

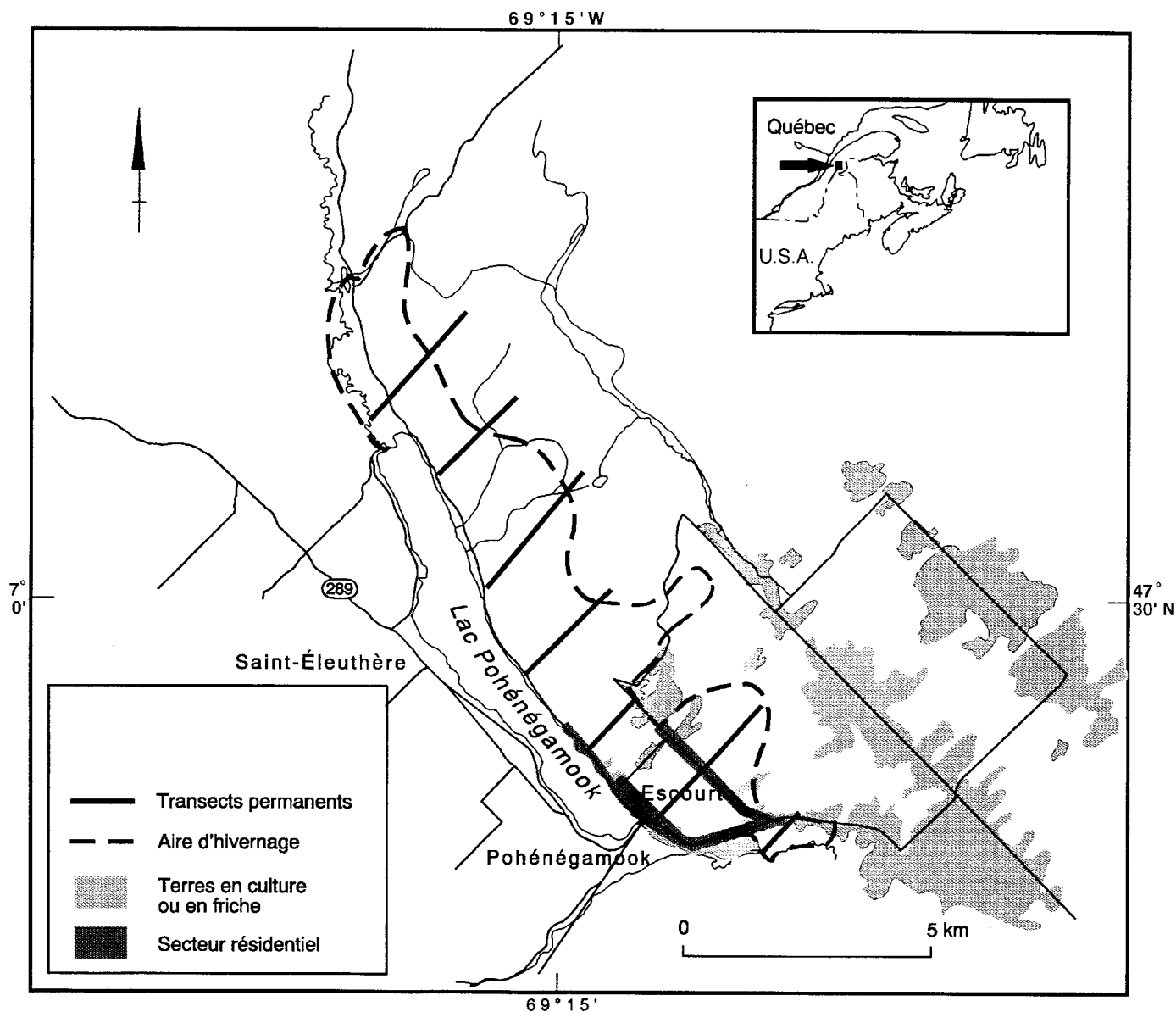
### Aire d'étude

Cette étude a été effectuée au cours des hivers 1993–1994 et 1994–1995 dans le ravage de cerfs du lac Pohénégamook, l'un des principaux ravages de l'est du Québec (fig. 1). Ce ravage, d'une superficie d'environ 25 km<sup>2</sup>, occupe le nord et le nord-est des rives du lac Pohénégamook. Cette région au relief ondulé présente une altitude moyenne de 385 m (220–660 m) et des pentes oscillant entre 9 et 13%. La roche-mère est d'âge cambro-ordovicien, et les dépôts de surface sont d'origine glaciaire (Potvin et al. 1978). L'est du Québec connaît les hivers les plus rigoureux de toute l'aire de répartition du cerf au Québec. Les précipitations de neige atteignent au total en moyenne 280 cm, à Pohénégamook, et l'épaisseur de la neige, à la mi-mars, oscille autour de 70 cm (Potvin et al. 1978). L'épaisseur de neige est supérieure à 50 cm durant près de 70 jours (Breton 1992).

Le ravage se situe dans le domaine écologique de la sapinière à bouleau jaune. Le paysage forestier, caractéristique de la transition entre la forêt feuillue des Grands-Lacs et la forêt boréale, a été fortement modelé par l'exploitation forestière et les feux de forêt engendrés par la colonisation; deux feux importants sont survenus autour des années 1930 (Verreault et Côté 1994). Le sapin baumier (*Abies balsamea*) et l'épinette blanche (*Picea glauca*) colonisent les stations bien ou modérément drainées. À mi-pente, le sapin baumier s'associe au bouleau jaune (*Betula alleghaniensis*), au bouleau blanc (*Betula papyrifera*) et à l'érable rouge (*Acer rubrum*). Sur les sommets, l'érable à sucre (*Acer saccharum*) domine, mais on y retrouve aussi le bouleau jaune et le hêtre à grandes feuilles (*Fagus grandifolia*). Le peuplier baumier (*Populus balsamifera*) et le peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides*) abondent aussi dans les peuplements perturbés où ils s'associent souvent aux conifères. On rencontre aussi, plus rarement, le peuplier à grandes dents (*Populus grandidentata*) et le frêne noir (*Fraxinum nigra*). Le thuya occidental (*Thuja occidentalis*) est commun sous forme de bouquets le long des pentes ou en peuplements purs dans les milieux mal drainés. Après perturbation, les espèces colonisatrices sont nombreuses : le cerisier de Pennsylvanie (*Prunus pensylvanica*), le sorbier d'Amérique (*Sorbus americana*), les saules (*Salix* spp.), le bouleau blanc, le peuplier faux-tremble et le peuplier baumier. La dernière épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana*), survenue entre 1975 et 1983, a provoqué une mortalité massive des sapins. Le thuya occidental, qui n'est pas consommé par cet insecte, et l'épinette blanche, moins affectée que le sapin, ont vraisemblablement assuré un abri minimal aux cerfs pendant les années qui suivirent l'épidémie.

Le ravage de Pohénégamook est composé à 61% de sa superficie de peuplements mélangés, à 31% de peuplements feuillus et à 8% de peuplements résineux. Le ravage contient peu de peuplements âgés de moins de 40 ans (17% de la superficie), la majorité des peuplements étant âgés entre 50 et 70 ans (80% de la superficie). L'ensemble du ravage comprend une proportion relativement égale de terres publiques (partie nord) qui appartiennent à la forêt domaniale du Grand-Portage, et de terres privées (partie sud).

Fig. 1. Localisation géographique de l'aire d'étude.



À part l'exploitation forestière et acéricole, la principale activité humaine se déroulant dans le ravage concerne un centre de plein air. Des pentes de ski alpin ont déjà été déboisées mais elles ne furent jamais en activité et sont maintenant en régénération naturelle, couvertes de gaules. Plusieurs sentiers de motoneige et un réseau de pistes de ski de fond sillonnent l'aire d'étude.

#### Population de cerfs

Un inventaire aérien, réalisé selon la technique du double décompte (Potvin et al. 1992), a été effectué au début de l'étude, en janvier 1994. Cet inventaire a produit une estimation de  $486 \pm 47$  ( $\alpha = 0,10$ ) cerfs. De façon complémentaire, un inventaire de fèces, réalisé en mai 1994, a conduit à une estimation de  $590 \pm 34$  ( $\alpha = 0,10$ ) cerfs, en utilisant une période d'occupation de 135 jours et un taux de défécation de 13 fèces par jour par cerf. Durant l'hiver 1994–1995, nous avons estimé la population à  $401 \pm 23$  ( $\alpha = 0,10$ ) cerfs, suite à un inventaire des fèces réalisé en mai 1995. Enfin, un inventaire aérien réalisé en janvier 1996 estimait la taille du cheptel à  $520 \pm 62$  ( $\alpha = 0,10$ ) cerfs. Le suivi télémétrique de 25 cerfs a permis de fixer la période de fréquentation du ravage à 135 jours en 1994–1995 et

1995–1996, soit du 5 décembre au 20 avril. Soulignons que, suite au déclin marqué des densités de cerfs au Bas-Saint-Laurent et en Gaspésie, conséquence d'une série d'hivers particulièrement rigoureux, un moratoire sur la chasse aux cerfs fut instauré à partir de l'automne 1993. La population étudiée n'était donc pas soumise à une exploitation par la chasse sportive durant notre étude.

#### Fréquentation des habitats par les cerfs

Nous avons utilisé deux approches différentes afin de quantifier la fréquentation des peuplements forestiers par les cerfs : le dénombrement périodique, durant l'hiver, des pistes de cerfs croisant des transects permanents et l'inventaire des signes de broutement et des fèces après le départ des cerfs au printemps. Les relevés de pistes ont révélé la dynamique d'utilisation de l'habitat au cours de l'hiver, tandis que l'inventaire de broutement et des fèces a permis d'obtenir un bilan cumulatif de la fréquentation et de l'utilisation de l'habitat à l'échelle du ravage.

#### Inventaires de pistes de cerfs dans la neige

Les inventaires de pistes ont été effectués le long de transects perma-

**Tableau 1.** Critères de classification et caractéristiques dendrométriques des peuplements forestiers rencontrés dans le ravage de cerfs de Virginie du lac Pohénégamook.

| Type de peuplement forestier     | Code   | Critères de classification (%) <sup>a</sup> |                        | Importance dans le ravage (%) | Caractéristiques dendrométriques |                                |                    |                |                            |
|----------------------------------|--------|---|------------------------|-------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------|----------------|----------------------------|
|                                  |        | Composante en conifères                     | Composante en feuillus |                               | Surface terrière                 |                                | Diamètre des tiges |                | Fermeture en conifères (%) |
|                                  |        |   |                        |                               | Feuillus (m <sup>2</sup> /ha)    | Conifères (m <sup>2</sup> /ha) | Feuillus (cm)      | Conifères (cm) |                            |
| Conifères                        | C      | >75   | <25                    | 14,8                          | 2,7                              | 21,3                           | 21,8               | 18,7           | 57,9                       |
| Conifères à feuillus intolérants | CFi    | 50–75                                       | 25–50                  | 15,7                          | 7,5                              | 13,2                           | 20,8               | 20,0           | 49,6                       |
| Conifères à feuillus tolérants   | CFt    | 50–75                                       | 25–50                  | 2,6                           | 6,7                              | 9,6                            | 26,3               | 25,5           | 20,0                       |
| Feuillus intolérants à conifères | FiC    | 25–50                                       | 50–75                  | 24,9                          | 13,9                             | 6,5                            | 20,6               | 19,8           | 32,1                       |
| Feuillus tolérants à conifères   | FtC    | 25–50                                       | 50–75                  | 4,7                           | 9,8                              | 4,5                            | 23,5               | 26,0           | 16,7                       |
| Feuillus intolérants             | Fi     | <25   | >75                    | 18,1                          | 17,7                             | 1,8                            | 20,3               | 20,8           | 13,7                       |
| Feuillus tolérants               | Ft     | <25   | >75                    | 7,6                           | 17,3                             | 1,7                            | 24,9               | 26,2           | 5,2                        |
| Bûché                            | Bûché  | Coupe totale en régénération                |                        | 3,4                           | 1,9                              | 1,5                            | 19,6               | 20,7           | 6,5                        |
| Coupe active                     | Coupe  | Coupe partielle en cours                    |                        | 5,0                           | 10,3                             | 3,3                            | 15,8               | 18,5           | 11,7                       |
| Friche                           | Friche | Champs abandonnés                           |                        | 3,3                           | 1,0                              | 0,5                            | 17,2               | 19,8           | 3,4                        |

<sup>a</sup>Adapté de Huot (1974).

nents placés de façon systématique à l'intérieur du ravage (fig. 1). Sept transects parallèles furent établis; ils étaient espacés de 2 km, orientés perpendiculairement à la pente et totalisaient 17 020 m linéaires. À l'aide d'un topofil, chacun des transects a été cartographié en fonction du type de peuplement, de la fermeture de la canopée par les conifères et de l'âge du peuplement. Les critères de classification des peuplements (tableau 1) sont inspirés des travaux de Huot (1974). Pour relever les pistes, chaque transect a été parcouru une fois toutes les 2 semaines durant les hivers 1993–1994 et 1994–1995. Les relevés de pistes ont été réalisés au moins 24 h après une chute de neige. Lorsque plusieurs jours séparaient la dernière chute de neige et la prise de données, seules les pistes fraîches étaient considérées.

Lors du parcours des transects, la position de chacune des pistes de cerf qui croisait le transect a été déterminée à l'aide du topofil. Pour chacune des pistes, nous avons noté : le type de peuplement, l'âge du peuplement et le pourcentage de couverture résineuse dans un rayon de 20 m. La préférence d'habitat a été déterminée en comparant la disponibilité des peuplements et leur utilisation par les cerfs. Lors de l'analyse des données, nous avons divisé l'hiver en quatre périodes : 15 décembre au 15 janvier (période 1), 16 janvier au 15 février (période 2), 16 février au 15 mars (période 3) et 16 mars au 15 avril (période 4).

#### Inventaires de broutement et dénombrement des fèces

Nous avons mesuré l'utilisation du brout par les cerfs pour l'ensemble de l'hiver à l'aide d'inventaires réalisés en mai 1994 et 1995, immédiatement après la fonte des neiges et le départ des cerfs. Ces inventaires de disponibilité et d'utilisation du brout ont été réalisés selon la méthodologie décrite par Potvin (1978) et comportaient respectivement 553 parcelles (1994) et 548 parcelles (1995). Cette approche considère le brout disponible et son utilisation entre 50 et 225 cm de hauteur par rapport au sol. Les parcelles circulaires de 3,14 m<sup>2</sup> étaient distribuées systématiquement tous les 80 m sur des transects parallèles orientés perpendiculairement à la pente (223°) et distantes entre elles de 500 m. Afin de mesurer la répartition verticale de la nourriture disponible, une parcelle sur deux était stratifiée

selon des classes de hauteurs de 25 cm. Nous avons effectué, pour chaque parcelle, une description du type forestier pour caractériser les peuplements du point de vue dendrométrique. Nous avons mesuré la surface terrière par essence à l'aide d'un prisme métrique de facteur 2, le diamètre à hauteur de poitrine (DHP) des tiges de plus de 10 cm de diamètre retenues par le prisme, le pourcentage de couverture arborescente des conifères (projection verticale au-dessus de 10 points espacés de 4 m) et l'âge du peuplement en sondant quelques arbres représentatifs du peuplement à l'aide d'une tarière de Pressler. Le DHP moyen et de la surface terrière ont été calculés (Grosenbaugh 1952) pour chacune des parcelles.

À chaque parcelle, un dénombrement des fèces a été réalisé selon les critères de Potvin (1978) à l'intérieur d'une surface de 80 m<sup>2</sup> (40 × 2 m). Les données ont été saisies et traitées à l'aide du logiciel Brout version 3.0 (Courtois 1993).

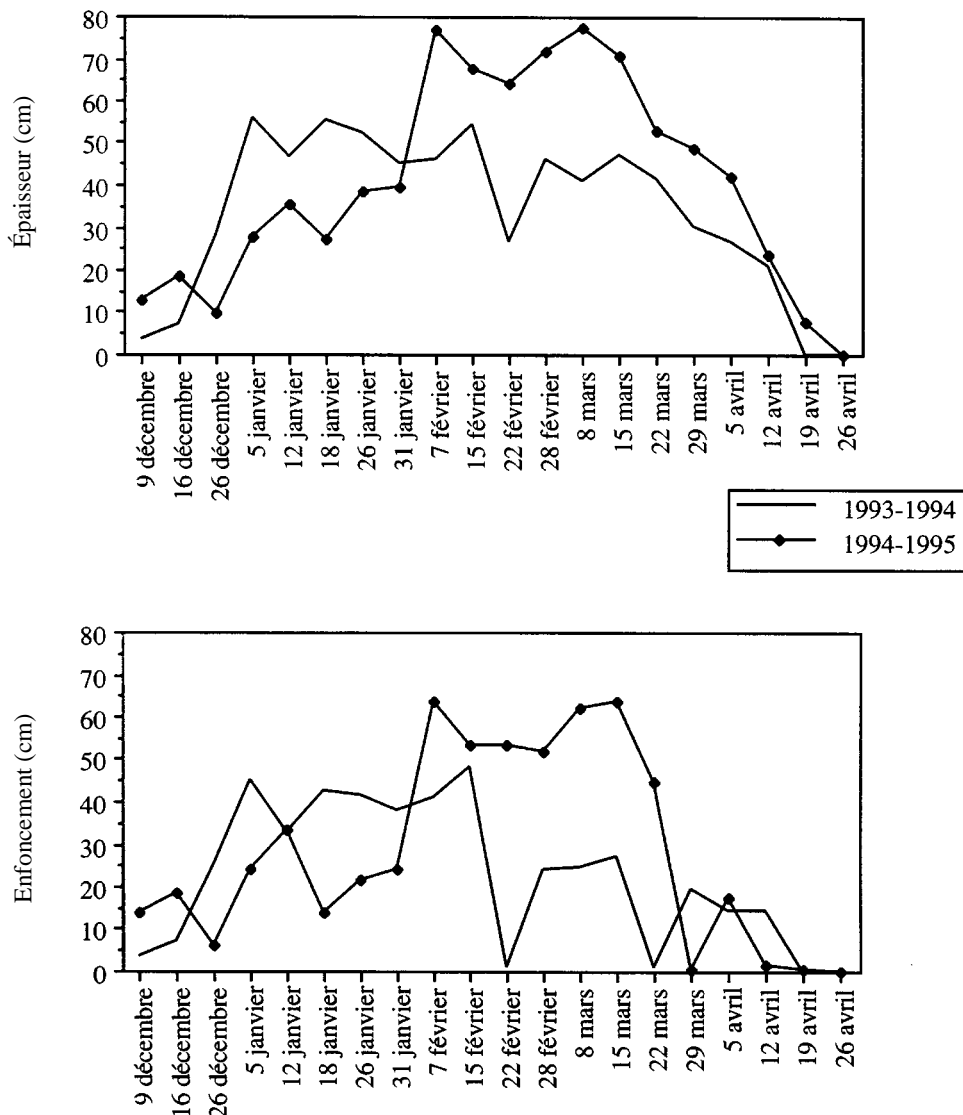
#### Conditions d'enneigement

L'évolution de l'enneigement au cours de l'hiver a été suivie chaque semaine à l'aide d'une station nivométrique située au coeur du ravage, dans un peuplement mature de type mélangé à dominance feuillue (bouleau à papier) possédant un couvert en conifères (thuya occidental) de 20%, une orientation sud-ouest (230°) et une pente de 20%. Les données sont recueillies à cette station par le ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec depuis 1976 (Breton 1992), ce qui nous a permis d'obtenir une série historique d'informations sur la rigueur de l'hiver. La station est composée de 10 règles, graduées en centimètres, placées parallèlement à la pente et équidistantes de 5 m. L'épaisseur de la neige et l'enfoncement ont été mesurés puisque ces variables sont corrélées au taux de mortalité des cerfs (Potvin et Breton 1992). Les mesures d'enfoncement ont été prises à l'aide d'un pénétromètre de Verme (Verme 1968) tandis que les données d'épaisseur ont été obtenues directement par la lecture des règles graduées.

#### Analyses statistiques

Afin d'identifier quelles étaient les variables du milieu reliées à la densité de fèces, nous avons utilisé un modèle de régression multiple

**Fig. 2.** Évolution des conditions d'enneigement dans le ravage de cerfs du lac Pohénégamook, Québec, au cours des hivers 1993–1994 et 1994–1995.



suivant la distribution de Poisson (SAS Institute Inc. 1985) puisque les données n'étaient pas distribuées normalement. Nous avons considéré neuf variables dans le modèle, soit une variable dépendante (la densité de fèces) et huit variables explicatives. Celles-ci étaient : la fermeture de la canopée par les conifères, le type de peuplement, quatre variables dendrométriques (la surface terrière des conifères, la surface terrière feuillue, le DHP moyen des conifères et le DHP moyen des feuillus) et deux variables reliées à la quantité de nourriture disponible (le nombre de ramilles et le nombre de tiges). Le modèle retenu se conformait aux hypothèses sous-jacentes à la loi de Poisson (McCullagh et Nelder 1989). Nous avons aussi effectué une analyse de régression multiple conventionnelle afin de vérifier l'impact de la violation du postulat de normalité. Malgré la non-normalité des distributions, le modèle conventionnel a retenu les mêmes variables explicatives que le modèle qui suivait la loi de Poisson.

Nous avons analysé la fréquentation des peuplements par les cerfs en comparant la distribution des pistes à la disponibilité des types forestiers. Afin de vérifier s'il y avait ou non sélection d'un ou de plusieurs types de peuplement, nous avons utilisé un test de  $\chi^2$  (Allredge et Ratti 1986) accompagné, a posteriori, d'un test de Z de Bonferroni (Neu et al. 1974) pour déterminer quels étaient les types de peuplement responsables de la différence significative. Nous

avons repris le même type d'analyses pour la fermeture en conifères, subdivisée en 10 classes égales. Nous avons effectué ces analyses pour chacune des périodes des hivers 1993–1994 et 1994–1995.

## Résultats

### Conditions d'enneigement

Durant l'hiver 1993–1994, la neige s'accumula graduellement et atteignit un maximum de 57 cm au début de janvier (fig. 2). Pour l'ensemble de l'hiver, l'enneigement cumulatif fut de 4605 jours-cm, soit de 31% inférieur à la moyenne des 20 derniers hivers (6655 jours-cm). L'enfoncement suivit la même tendance que l'enneigement mais fut moindre durant la seconde moitié de l'hiver en raison d'une pluie, survenue le 22 février, qui provoqua la formation d'une couche de glace suffisamment épaisse pour supporter les cerfs. L'enfoncement cumulatif s'éleva à 3079 jours-cm, soit 34% de moins que la moyenne (4647 jours-cm). Comparativement à l'hiver 1993–1994, les précipitations enregistrées pendant l'hiver suivant furent moindres jusqu'à la fin janvier, où une importante chute de neige de plus de 40 cm survint et fit culminer la

**Tableau 2.** Structure forestière arborescente des différents types de peuplements du ravage du lac Pohénégamook, lors d'un inventaire forestier réalisé en mai 1994 (tiges DHP  $\geq$  10 cm).

| Peuplement           | N° de parcelles | Épinettes   |           |           | Sapin (%) | Thuya (%) | Pins spp. (%) | Feuillus spp. (%) | N° de tiges mesurées |
|----------------------|-----------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|-------------------|----------------------|
|                      |                 | Blanche (%) | Noire (%) | Rouge (%) |           |           |               |                   |                      |
| C                    | 83              | 15,9        | 2,7       | 2,6       | 11,0      | 57,2      | 0,0           | 10,5              | 1242                 |
| CFi                  | 76              | 15,8        | 0,6       | 2,5       | 23,0      | 18,1      | 0,2           | 39,7              | 803                  |
| CFt                  | 11              | 5,1         | 1,0       | 3,1       | 40,8      | 23,5      | 0,0           | 26,5              | 98                   |
| FiC                  | 114             | 7,6         | 0,3       | 0,8       | 17,0      | 5,7       | 0,0           | 68,6              | 1200                 |
| FtC                  | 24              | 8,3         | 1,4       | 4,1       | 23,4      | 9,0       | 0,0           | 53,8              | 145                  |
| Fi                   | 117             | 3,8         | 0,0       | 0,3       | 6,2       | 2,8       | 0,2           | 86,7              | 1126                 |
| Ft                   | 43              | 2,7         | 0,2       | 0,0       | 6,3       | 0,5       | 0,0           | 90,4              | 415                  |
| Ravage entier        | 468             | 9,7         | 0,9       | 1,5       | 13,8      | 19,8      | 0,0           | 54,2              | 5029                 |
| N° de tiges mesurées | —               | 487         | 46        | 74        | 695       | 994       | 5             | 2728              | —                    |

**Tableau 3.** Biomasse végétale disponible et consommée par les cerfs durant les hivers 1993–1994 et 1994–1995 dans le ravage du lac Pohénégamook, sapin baumier inclus ou non.

|                                 | 1993–1994     |               | 1994–1995     |               |
|---------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                                 | Sapin exclu   | Sapin inclus  | Sapin exclu   | Sapin inclus  |
| Biomasse (kg·ha <sup>-1</sup> ) |               |               |               |               |
| Disponible                      | 52,1          | 128,4         | 47,9          | 102,1         |
| Consommée                       | 13,1 (25,2)   | 18,2 (14,2)   | 11,2 (23,4)   | 14,7 (14,4)   |
| Ramilles (n°/ha)                |               |               |               |               |
| Disponibles                     | 67 818        | 146 502       | 60 485        | 116 415       |
| Consommées                      | 28 671 (42,3) | 35 682 (24,4) | 20 469 (33,8) | 24 361 (20,9) |
| Tiges (n°/ha)                   |               |               |               |               |
| Disponibles                     | 14 897        | 16 894        | 12 256        | 13 923        |
| Broutées                        | 8 433 (56,6)  | 9 308 (55,1)  | 6 610 (53,9)  | 7 098 (51,0)  |

**Nota :** Les numéros en parenthèse sont des pourcentages.

couche nivale à 76 cm. L'enfoncement progressa parallèlement à l'enneigement durant les trois premiers quarts de l'hiver, mais fut marginal à partir du 25 mars où une couche de glace se forma à la suite d'une pluie. Durant ce dernier hiver, l'enneigement (5829 jours-cm) et l'enfoncement (4116 jours-cm) cumulatifs furent légèrement inférieurs aux valeurs normales. Néanmoins, le nombre de jours où l'enfoncement dépassa 50 cm (42 jours) fut supérieur à la moyenne (29 jours), contrairement à l'hiver 1993–1994 où l'enfoncement n'avait pas atteint le seuil de 50 cm.

### Inventaire de broutement et des fèces

#### Caractéristiques des peuplements

Les caractéristiques dendrométriques des différents peuplements forestiers (tableau 1) représentent la moyenne des inventaires de 1994 et de 1995. La surface terrière des feuillus et des conifères ainsi que la fermeture de la canopée par les conifères varient logiquement selon les critères de classification des peuplements considérés (tableau 1). Le diamètre moyen des arbres est relativement semblable d'un type fores-

tier à l'autre, mais est légèrement supérieur pour les peuplements renfermant des feuillus tolérants (CFt, FtC et Ft). Ces peuplements (érablières exploitées ou difficilement accessibles) sont généralement peu touchés par l'exploitation forestière. D'autre part, les feuillus tolérants vivent plus longtemps que le sapin baumier et les feuillus intolérants, et atteignent de plus grands diamètres.

Parmi les conifères recensés, le thuya occidental représentait 19,8% des tiges (tableau 2). On retrouvait cette espèce dans tous les types forestiers, mais elle était particulièrement abondante dans le type C, où elle formait souvent des peuplements presque purs. Par ailleurs, le sapin baumier représentait environ 30% de toutes les tiges de conifères de plus de 10 cm au DHP, 10 ans après la fin de l'épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette; il s'agit d'un pourcentage comparable à celui de l'ensemble des épinettes du ravage.

#### Disponibilité et utilisation de la nourriture

Pour l'ensemble du ravage (tableau 3), la biomasse disponible fut estimée à 128,4 kg·ha<sup>-1</sup> en 1993–1994 et à 102,1 kg·ha<sup>-1</sup> en 1994–1995. En excluant le sapin baumier, celle-ci corre-

**Tableau 4.** Caractéristiques et utilisation par les cerfs des différents types de peuplements forestiers du ravage du lac Pohénégamook selon les inventaires de broutement effectués à la fin des hivers 1993–1994 et 1994–1995.

|   | Type de peuplement |      |      |       |      |      |      |       |        |       |
|---|--------------------|------|------|-------|------|------|------|-------|--------|-------|
|   | C                  | CFi  | CFt  | FiC   | FtC  | Fi   | Ft   | Bûché | Friche | Coupe |
| <b>1993–1994</b>                              |                    |      |      |       |      |      |      |       |        |       |
| Biomasse disponible (kg·ha <sup>-1</sup> )    |                    |      |      |       |      |      |      |       |        |       |
| Autres espèces                                | 29,5               | 40,2 | 47,4 | 42,8  | 35,0 | 72,9 | 53,0 | 79,9  | 88,3   | 27,6  |
| Sapin baumier                                 | 71,5               | 49,8 | 10,1 | 119,0 | 27,1 | 78,8 | 34,2 | 276,6 | 0,0    | 39,2  |
| Biomasse utilisée (%)                         |                    |      |      |       |      |      |      |       |        |       |
| Autres espèces                                | 29,4               | 21,4 | 7,8  | 27,6  | 23,1 | 26,6 | 9,8  | 22,8  | 29,4   | 43,1  |
| Sapin baumier                                 | 6,8                | 7,2  | 11,9 | 4,8   | 0,0  | 9,0  | 12,9 | 3,5   | 0,0    | 25,0  |
| Densité d'occupation (cerfs/km <sup>2</sup> ) | 49,5               | 40,6 | 23,3 | 33,1  | 22   | 30,7 | 21,4 | 29,3  | 9,3    | 39,2  |
| Nombre de parcelles                           | 83                 | 76   | 11   | 114   | 24   | 117  | 43   | 26    | 29     | 28    |
| <b>1994–1995</b>                              |                    |      |      |       |      |      |      |       |        |       |
| Biomasse disponible (kg·ha <sup>-1</sup> )    |                    |      |      |       |      |      |      |       |        |       |
| Autres espèces                                | 27,5               | 56,7 | 46,4 | 32,6  | 47,6 | 60,5 | 43,6 | 149,3 | 56,8   | 87,6  |
| Sapin baumier                                 | 82,5               | 54,3 | 0,7  | 77,4  | 41,3 | 37,3 | 5,5  | 66,5  | 0,0    | 82,2  |
| Biomasse utilisée (%)                         |                    |      |      |       |      |      |      |       |        |       |
| Autres espèces                                | 19,6               | 24,3 | 10,3 | 33,7  | 19,7 | 26,4 | 4,6  | 7,1   | 27,6   | 33,9  |
| Sapin baumier                                 | 0,4                | 8,5  | 28,6 | 7,4   | 3,9  | 12,6 | 0,0  | 2,3   | 0,0    | 12,0  |
| Densité d'occupation (cerfs/km <sup>2</sup> ) | 24,5               | 29,8 | 12,2 | 27,5  | 8,9  | 18,2 | 3,0  | 15,6  | 4,9    | 21,2  |
| Nombre de parcelles                           | 79                 | 96   | 17   | 158   | 27   | 81   | 40   | 11    | 26     | 8     |

spend à 52,1 et 47,9 kg·ha<sup>-1</sup> pour le premier et le deuxième hiver, respectivement. Exprimée sous forme de ramilles et de tiges (sapin exclu), la disponibilité moyenne atteignait 67 818 ramilles/ha et 14 897 tiges/ha en 1993–1994, contre 60 485 ramilles/ha et 12 256 tiges/ha en 1994–1995. Toujours en excluant le sapin, nous avons estimé que 25,2% de la biomasse disponible (42,3% des ramilles), ont été utilisés par les cerfs pendant l'hiver 1993–1994. Pendant l'hiver suivant, l'impact des cerfs sur le milieu s'est traduit par un prélèvement de 23,4% de la biomasse et de 33,8% des ramilles. Enfin, on observe que 56,6% des tiges ont été touchées pendant l'hiver 1993–1994, et 53,9% des tiges pendant l'hiver 1994–1995.

À l'échelle du ravage, la densité des cerfs, estimée à l'aide des fèces, fut plus grande durant l'hiver 1993–1994 (33,4 cerfs/km<sup>2</sup>) que durant l'hiver 1994–1995 (21,4 cerfs/km<sup>2</sup>). Cependant le patron de répartition des fèces selon les types de peuplement forestier fut comparable entre les deux hivers (tableau 4).

L'inventaire de brout par strate de hauteur a révélé que les strates basses étaient plus productives que les strates supérieures (fig. 3). Plus de 50% de la biomasse disponible se retrouvait entre 50 et 100 cm pour les 2 années. La pression de broutement était la plus forte entre 50 et 150 cm au cours du premier hiver, et entre 100 et 125 cm au cours du second, avec un taux de prélèvement de 30 à 35% de la biomasse.

#### *Composantes végétales reliées la fréquentation des peuplements par les cerfs*

L'analyse de régression multiple (tableau 5) a révélé que la fermeture par les conifères (relation positive), le type de peuplement, le DHP moyen des feuillus (relation négative), le nombre de ramilles (relation positive) et le nombre de tiges

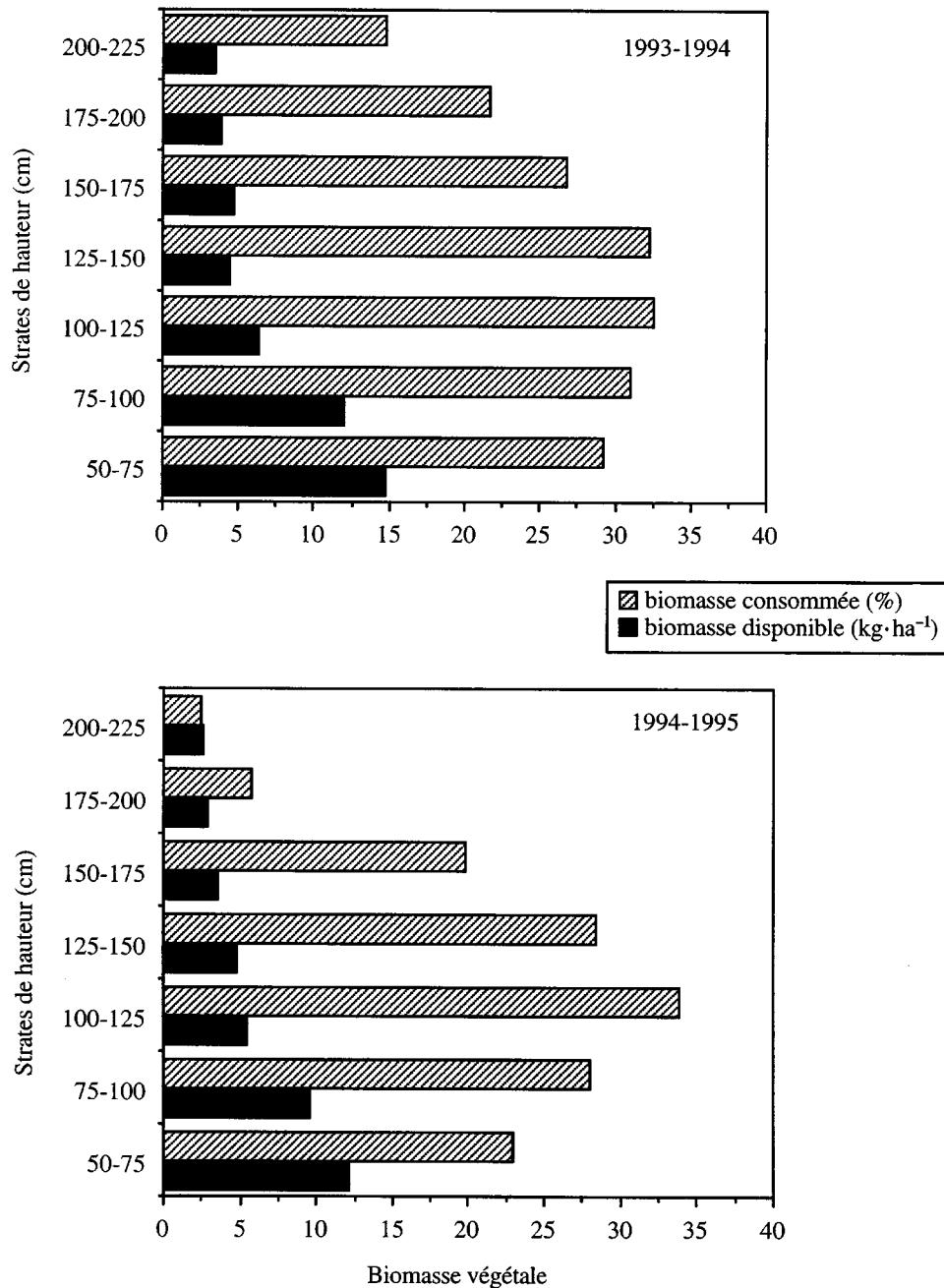
arbustives (relation positive) contribuaient significativement à expliquer la distribution des groupes de fèces trouvés à l'intérieur des parcelles. L'analyse statistique a retenu le même modèle explicatif pour les 2 années. Par contre, lorsque le sapin était pris en compte dans la strate d'alimentation, le modèle n'incluait plus le nombre de ramilles comme variable explicative.

Cette analyse de régression nous a permis d'élaborer une équation reliant la densité attendue de fèces, aux variables végétales retenues :

$$\text{Log (fèces dans une parcelle)} = \text{constante du type forestier} + (0,0098 \times \% \text{ fermeture en conifères dans un rayon de } 40 \text{ m}) + (0,0026 \times \text{nombre d'arbustes feuillus dans la parcelle de brout}) - (0,0015 \times \text{DHP moyen des arbres feuillus dans la parcelle au prisme})$$

La constante propre à chaque type forestier variait passablement entre les types forestiers autant en 1993–1994 qu'en 1994–1995. Durant l'hiver 1994–1995, elle a pris les valeurs suivantes : C = 0,755; Fi = 0,916; FiC = 1,217; CFi = 1,135; Ft = -0,637; FtC = 0,243; CFt = 0,583; bûché = 0,507; friche = -0,534; coupe en cours = 1,016. Cette constante représente le potentiel de base de chaque type forestier, en termes de tas de fèces par parcelle de 80 m<sup>2</sup>, lorsque l'on prend l'antilog de ces valeurs. Nous présentons les valeurs obtenues lors de l'hiver 1994–1995, car les conditions d'enneigement pour cet hiver suivaient la normale saisonnière historique, alors qu'elles étaient légèrement inférieures lors de l'hiver 1993–1994. Néanmoins, les analyses statistiques effectuées à partir des inventaires de 1993–1994 et de 1994–1995 ont retenu sensiblement le même ordre de potentiel des types forestiers. Il est apparu que les types forestiers ayant le meilleur poten-

**Fig. 3.** Biomasse disponible et consommée par les cerfs dans le ravage du lac Pohénégamook au cours des hivers 1993–1994 et 1994–1995 en fonction de la hauteur à partir du sol. Ces données excluent le sapin baumier.



tiel étaient : FiC, CFi, Fi et C. Les peuplements renfermant des feuillus intolérants possédaient un meilleur potentiel que ceux où l'on retrouvait des feuillus tolérants.

**Inventaires des pistes dans la neige**

*Composition forestière le long des transects*

Les relevés faits le long des transects (tableau 6) ont révélé une forêt très morcelée, dominée par les peuplements mixtes à dominance feuillue (FiC et FiC); les peuplements de feuillus purs (Fi et Ft) représentaient respectivement 39 et 35% de la surface échantillonnée. Les peuplements résineux (C) et

mixtes à dominance résineuse (CFi et CFt) ne représentaient que 17% de la surface. Les bûchés et les friches comptaient pour moins de 10%. Les peuplements feuillus étaient, en moyenne, plus étendus que les peuplements à dominance résineuse. Lors de l'hiver 1993–1994, un transect croisait une coupe forestière, réalisée dans un peuplement de type FiC, où l'on prélevait les résineux et les plus gros feuillus (bouleau blanc, peuplier baumier et peuplier faux-tremble).

*Fréquentation des peuplements par les cerfs*

De façon générale, la fréquentation des différents types de peuplement variait peu au cours de l'hiver (tableau 6). Tant

**Tableau 5.** Résultats des analyses de régression multiple reliant les caractéristiques des peuplements à la répartition des fèces de cerfs durant les hivers 1993–1994 et 1994–1995.

| Variable                       | Probabilité              |           |                           |           |
|--------------------------------|--------------------------|-----------|---------------------------|-----------|
|                                | Sapin exclu <sup>a</sup> |           | Sapin inclus <sup>a</sup> |           |
|                                | 1993–1994                | 1994–1995 | 1993–1994                 | 1994–1995 |
| Fermeture par les conifères    | +0.0001                  | +0.0001   | +0.0001                   | +0.0001   |
| Type de peuplement             | 0.0001                   | 0.0001    | 0.0001                    | 0.0045    |
| Surface terrière des conifères | 0.1634                   | 0.3681    | 0.2111                    | 0.8442    |
| Surface terrière des feuillus  | 0.4358                   | 0.9559    | 0.4254                    | 0.8941    |
| DHP moyen des conifères        | 0.1246                   | 0.2700    | 0.0835                    | 0.5146    |
| DHP moyen des feuillus         | -0.0001                  | -0.0001   | -0.0003                   | -0.0253   |
| N° de ramilles                 | +0.0064                  | +0.0070   | 0.7212                    | 0.9897    |
| N° de tiges                    | +0.0037                  | +0.0001   | +0.0037                   | +0.0010   |

**Nota :** Les signes (+ ou -) indiquent le sens de la relation entre les variables.

<sup>a</sup>Sapin de la strate d'alimentation.

**Table 6.** Caractéristiques des transects parcourus chaque semaine dans le ravage de cerfs du lac Pohénégamook en fonction du type de peuplement et répartition des pistes de cerfs croisées (%) selon la progression de l'hiver.

|                                     | N° de pistes interceptées | Type de peuplements |        |        |        |        |        |       |       |        |                    |
|-------------------------------------|---------------------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------------------|
|                                     |                           | C                   | CFi    | CFt    | FiC    | FtC    | Fi     | Ft    | Bûché | Friche | Coupe <sup>a</sup> |
| Disponibilité des peuplements       |                           |                     |        |        |        |        |        |       |       |        |                    |
| Proportion des transects (%)        | 7,5                       | 8,0                 | 1,1    | 32,2   | 6,7    | 21,8   | 13,1   | 3,4   | 4,3   | 1,8    |                    |
| No de peuplements                   | 21                        | 19                  | 3      | 57     | 12     | 43     | 12     | 2     | 6     | 1      |                    |
| Longueur moyenne (m)                | 62                        | 61                  | 60     | 101    | 118    | 85     | 188    | 286   | 125   | 302    |                    |
| Répartition des pistes de cerfs (%) |                           |                     |        |        |        |        |        |       |       |        |                    |
| 1993–1994                           |                           |                     |        |        |        |        |        |       |       |        |                    |
| 15 décembre – 15 janvier            | 356                       | 8,9                 | 9,7    | 11,4 + | 31,3   | 9,0 +  | 19,2   | 1,9 – | 0,8 – | 1,9 –  | 5,8 +              |
| 16 janvier – 15 février             | 362                       | 15,8 +              | 20,4 + | 4,4 +  | 35,4   | 6,9    | 4,9 –  | 0,5 – | 3,0   | 4,4    | 4,3 +              |
| 16 février – 15 mars                | 220                       | 8,7                 | 14,7 + | 2,6    | 43,1 + | 5,9    | 10,0 – | 1,3 – | 0,0 – | 5,9    | 7,8 –              |
| 16 mars – 15 avril                  | 177                       | 4,1                 | 26,2 + | 8,7 +  | 36,6   | 5,8    | 11,0 – | 0,0 – | 1,1 – | 4,3    | 2,3                |
| 1994–1995                           |                           |                     |        |        |        |        |        |       |       |        |                    |
| 15 décembre – 15 janvier            | 230                       | 17,4 +              | 21,7 + | 4,5 +  | 30,0   | 4,3    | 12,6 – | 3,9 – | 0,0 – | 5,6    | nd                 |
| 16 janvier – 15 février             | 159                       | 16,2 +              | 23,0 + | 4,0 +  | 29,4   | 15,5 + | 8,7 –  | 0,6 – | 0,6 – | 2,0    | nd                 |
| 16 février – 15 mars                | 115                       | 11,6                | 24,2 + | 4,2 +  | 35,3   | 12,5 + | 6,0 –  | 1,0 – | 0,0 – | 5,2    | nd                 |
| 16 mars – 15 avril                  | 206                       | 10,2                | 25,5 + | 9,3 +  | 27,6   | 8,8    | 11,3 – | 4,4 – | 0,0 – | 2,8 –  | nd                 |

**Nota :** Le signe + indique une fréquentation des peuplements par les cerfs proportionnellement supérieure à leur disponibilité et le signe –, une utilisation proportionnellement inférieure ( $\alpha = 0,05$ ).

<sup>a</sup> Pendant l'hiver 1993–1994 seulement (pendant l'hiver 1994–1995, ce peuplement a été classé FiC)

en 1993–1994 qu'en 1994–1995, les peuplements mélangés dominés par les conifères (CFt et CFi) étaient recherchés, les peuplements mélangés à dominance feuillue (FtC et FiC) et les friches étaient fréquentés de façon égale à leur disponibilité, alors que les habitats exclusivement feuillus et les bûchés étaient évités. Les peuplements de résineux étaient moins recherchés que les peuplements mélangés à dominance de conifères. La coupe forestière fut très fréquentée tant qu'il y eut de la nourriture facilement disponible sous forme de résidus de coupe, soit jusqu'à la mi-mars. Les conditions d'enneigement les plus difficiles sont survenues entre le 16 février et le 15 mars 1995; durant cette période, l'enfonce-

ment fut continuellement supérieur à 50 cm. Néanmoins, les cerfs ne se sont pas concentrés davantage sous les conifères.

L'analyse de la fréquentation des peuplements forestiers, selon le degré de fermeture du couvert par les conifères (tableau 7), a révélé les mêmes tendances. Ainsi, les peuplements fermés à 50–60% furent toujours recherchés, tandis que ceux présentant un couvert inférieur à 20% étaient toujours évités. D'une façon générale, les cerfs ont préféré les peuplements dont la fermeture se situait entre 50 et 80%. Les peuplements complètement fermés et ceux avec une fermeture de 20% étaient utilisés de façon égale à leur disponibilité. Les peuplements dont la fermeture se situait entre 30 et 40% ont

**Table 7.** Caractéristiques des transects parcourus chaque 2 semaines dans le ravage de cerfs du lac Pohénégamook en fonction de la fermeture du couvert par les conifères et répartition des pistes de cerfs croisées (%) selon la progression de l'hiver.

|                                     | N°<br>de pistes<br>interceptées | Classe de fermeture du couvert par les conifères (%) |        |       |        |        |        |        |        |        |        |       |
|-------------------------------------|---------------------------------|--|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
|                                     |                                 | 0  | 10     | 20    | 30     | 40     | 50     | 60     | 70     | 80     | 90     | 100   |
| Disponibilité des peuplements       |                                 |  |        |       |        |        |        |        |        |        |        |       |
| Proportion des transects (%)        | 39,1                            | 27,3   | 10,1   | 7,2   | 4,1    | 5,2    | 2,0    | 1,2    | 1,9    | 1,6    | 0,3    |       |
| Nombre de peuplements               | 87                              | 64   | 26     | 23    | 17     | 16     | 10     | 5      | 9      | 6      | 2      |       |
| Longueur moyenne (m)                | 77                              | 73   | 66     | 53    | 41     | 56     | 34     | 41     | 36     | 46     | 23     |       |
| Répartition des pistes de cerfs (%) |                                 |  |        |       |        |        |        |        |        |        |        |       |
| 1993–1994                           |                                 |  |        |       |        |        |        |        |        |        |        |       |
| 15 décembre – 15 janvier            | 361                             | 16,3 –   | 33,1   | 13,8  | 10,7   | 8,4 +  | 6,2    | 6,2 +  | 0,8    | 2,0    | 1,7    | 0,8   |
| 16 janvier – 15 février             | 362                             | 5,2 –  | 20,2 – | 8,3   | 14,6 + | 9,7 +  | 8,3 +  | 12,7 + | 8,3 +  | 5,0 +  | 5,0 +  | 2,8 + |
| 16 février – 15 mars                | 218                             | 11,8 –   | 13,6 – | 8,2   | 18,2 + | 9,7 +  | 8,2 +  | 6,4 +  | 10,9 + | 9,5 +  | 2,7    | 0,9   |
| 16 mars – 15 avril                  | 172                             | 15,3 –   | 13,4 – | 11,9  | 8,5    | 16,4 + | 17,5 + | 6,8 +  | 4,0 +  | 2,8    | 2,8    | 0,6   |
| 1994–1995                           |                                 |  |        |       |        |        |        |        |        |        |        |       |
| 15 décembre – 15 janvier            | 230                             | 22,2 –   | 13,5 – | 13,7  | 10,3   | 7,0    | 7,4    | 8,3 +  | 3,8    | 5,7    | 7,8 +  | 0,3   |
| 16 janvier – 15 février             | 161                             | 10,7 –   | 11,3 – | 12,7  | 7,3    | 10,1   | 15,7 + | 6,3 +  | 5,7 +  | 9,1 +  | 9,2 +  | 1,9   |
| 16 février – 15 mars                | 95                              | 18,3 –   | 7,0 –  | 4,3 – | 7,0    | 7,8    | 12,1 + | 12,1 + | 6,2 +  | 10,4 + | 13,9 + | 0,9   |
| 16 mars – 15 avril                  | 204                             | 21,8 –   | 10,7 – | 10,3  | 12,1   | 6,9    | 6,3    | 6,3 +  | 11,2 + | 10,2 + | 3,8    | 0,3   |

**Nota :** Le signe + indique une fréquentation des peuplements par les cerfs proportionnellement supérieure à leur disponibilité et le signe –, une utilisation proportionnellement inférieure ( $\alpha = 0,05$ ).

été recherchés lors de l'hiver en 1993–1994 tandis qu'au cours de l'hiver suivant, alors que l'enfoncement était supérieur, ils ont été fréquentés suivant leur disponibilité. C'est à partir de la deuxième période (16 janvier au 15 février) que les cerfs ont commencé à délaisser les peuplements plus ouverts.

## Discussion

### Tendance générale de la population

Selon les données d'enneigement accumulées dans le ravage de Pohénégamook entre 1976 et 1995, l'hiver 1993–1994 a été relativement clément, tandis que l'hiver 1994–1995 s'approchait de la normale. Il faut cependant souligner le nombre élevé de jours où l'enfoncement a dépassé 50 cm au cours du deuxième hiver. Ainsi, malgré l'absence d'hivers rigoureux et le moratoire sur la chasse sportive du cerf, il apparaît que la taille de la population de cerfs du ravage de Pohénégamook n'a pas augmenté substantiellement entre 1994 et 1996 (486 contre 520) malgré le taux de croissance intrinsèque potentiellement élevé de cette espèce. Les taux de mortalité hivernale, obtenus par des inventaires de carcasses au printemps et à partir des animaux munis de colliers émetteurs, se sont avérés relativement élevés compte tenu de l'absence d'hivers rigoureux : 20 à 25% (A. Dumont, données non-publiées). Par ailleurs, les taux de broutement des ramilles que nous avons obtenus à Pohénégamook sont parmi les plus élevés jamais rapportés au Québec (A. Dumont, données non-publiées). Certaines études présentent des taux de broutement inférieurs à ceux que nous avons obtenus à Pohénégamook, malgré des densités de cerfs plus élevées (Hénault 1995; Potvin et Gosselin 1995); par exemple, Potvin et Gosselin (1995) ont estimé, dans le sud du Québec, un taux de broutement des ramilles de 35% pour une densité de 40 cerfs/km<sup>2</sup>. Parallèlement à nos travaux à Pohénégamook, nous avons mesuré des taux de mortalité, obtenus à partir de

cerfs munis de colliers émetteurs, inférieurs à 5% dans un ravage voisin, le ravage du lac Témiscouata (situé à 50 km à l'est de Pohénégamook) au cours des hivers 1993–1994 et 1994–1995. Un inventaire de broutement réalisé en mai 1996 dans le ravage du lac Témiscouata nous a révélé une plus grande disponibilité de nourriture et un taux d'utilisation des ramilles (18,6%) plus bas qu'à Pohénégamook. Ces données suggèrent fortement, qu'au niveau actuel d'environ 500 individus, la population de cerfs du lac Pohénégamook a atteint la capacité de support du ravage à moins que des interventions sylvicoles appropriées ne modifient la structure actuelle de la forêt.

### Échelle à laquelle s'exprime les préférences d'habitat

L'inventaire des pistes est une mesure directe de la présence des cerfs dans un habitat donné. Par contre, l'effort que nécessite cette technique limite la surface échantillonnée. L'inventaire des fèces est, quant à elle, une mesure indirecte de l'abondance des cerfs. Les cervidés tendent à suivre un cycle rigoureux « alimentation–ruminantion–défécation » (Oldemeyer et Franzmann 1981; Dinerstein et Dublin 1982), à l'intérieur duquel la ruminantion s'effectue généralement en position couchée et où une défécation survient au lever du cerf (Jacobsen 1973). Ainsi, considérant que les cerfs choisissent de préférence un flot de conifères pour se coucher (Boulet 1980), il apparaît que la densité de fèces sera biaisée en faveur de ces milieux. Nous devons donc interpréter la densité de fèces à un endroit donné, non pas comme une mesure absolue de l'abondance des cerfs dans cet habitat, mais plutôt comme un indice de fréquentation relative (Leopold et al. 1984). Malgré les limites des techniques employées, nos deux approches complémentaires ont permis de tirer des conclusions similaires quant à la sélection d'habitat exercée par le cerf en hiver dans les conditions de Pohénégamook.

Durant la saison hivernale, les cerfs tentent de maximiser

leur bilan énergétique en fréquentant les peuplements qui leur procurent le plus d'avantages. Les peuplements de conifères très fermés procurent aux cerfs un avantage thermique en les protégeant du vent (Stevens 1972; Boulet 1980) et facilitent leurs déplacements par leur capacité d'interception de la neige (Potvin 1979; Boulet 1980). En contrepartie, la production de nourriture y est généralement faible, puisque la densité de la strate arbustive décidue est inversement reliée à la fermeture du couvert (Blair 1969; Potvin 1979; Hénault 1995), sans compter que la neige y persiste plus longtemps au printemps. Au point de vue de la quête alimentaire, les cerfs auront avantage à utiliser des milieux plus ouverts où la quantité de nourriture est plus grande. Nous avons observé une préférence pour les peuplements mélangés par opposition aux peuplements de conifères plus fermés. La préférence du cerf de Virginie pour ces peuplements dont le couvert n'est pas totalement fermé a déjà été rapportée (Huot 1974; Telfer 1978; Euler et Thurston 1980). Nos résultats montrent que les cerfs sélectionnent leur habitat en fonction, à la fois de la quantité de nourriture disponible et de la fermeture du couvert. La fermeture optimale de la canopée se situe entre 50 et 80% dans les conditions de Pohénégamook. Nous constatons que les peuplements très fermés, où la strate arbustive feuillue est clairsemée, possèdent un attrait moindre que ce qui est parfois rapporté dans la littérature. Nous n'avons pas observé de déplacement marqué des cerfs vers les milieux très fermés lorsque les conditions d'enfoncement étaient au dessus du seuil critique de 50 cm à l'hiver 1994–1995. Par ailleurs, les peuplements sans grands conifères (Ft, Fi, friches, bûchés), délaissés par les cerfs durant l'hiver, procurent une importante source de nourriture au début et à la fin de la saison hivernale lorsque la couche nivale est faible. Ces peuplements contribuent ainsi à diminuer la pression de broutement dans les peuplements mélangés. Au printemps, c'est dans ces milieux ouverts que la neige disparaît en premier sous l'effet du soleil.

Plusieurs études ont souligné l'importance de la disponibilité de la nourriture dans la sélection de l'habitat par le cerf de Virginie en hiver, mais à notre connaissance aucune ne l'a quantifié sous nos latitudes. La relation que nous avons observée entre la densité de fèces et la disponibilité de la nourriture, malgré nos appréhensions que la répartition des fèces soit biaisée en faveur des micro-sites de repos, confirme notre hypothèse. Nous interprétons donc la relation positive observée entre l'abondance de brout décidé et celle des fèces comme une tendance des cerfs à s'alimenter et à ruminer à très faible distance, réduisant ainsi les dépenses de locomotion dans la neige. L'échelle de sélection de l'habitat par les cerfs de Pohénégamook en hiver doit être d'au plus quelques dizaines de mètres, puisque les parcelles de fèces et de fermeture par les conifères s'étendaient sur 20 m de chaque côté de la parcelle de brout. Le DHP des arbres décidus, qui constituait la dernière variable explicative pour l'abondance de fèces, a aussi été mesuré à une échelle de 5 à 20 m autour de la parcelle de brout, puisqu'on utilisait un prisme métrique de facteur 2.

Nous avons détecté des préférences et des évitements de sections de transects lors des relevés de pistes de cerf dans la neige, qui indiquaient des choix établis en fonction des types forestiers et des classes de fermeture. La taille moyenne des cellules forestières, selon le découpage par type de peuple-

ment ( $97,3 \pm 92,9$  m,  $n = 175$  peuplements) ou par classe de fermeture de la canopée par les conifères ( $64,2 \pm 62,7$  m,  $n = 265$  unités), se situait à l'échelle de l'hectare ou moins, témoignant d'une autre façon de la capacité des cerfs à montrer des préférences d'habitat à une échelle très fine.

### Implications pour l'aménagement forestier

L'examen de la forêt en fonction de la fermeture en conifères nous rappelle que le couvert offert par les conifères était faible dans le ravage de Pohénégamook, les peuplements, dont la fermeture par les conifères était inférieure à 25%, occupaient 77% de l'aire d'étude. Nos résultats indiquent que les peuplements à plus fort potentiel possédaient une fermeture par les conifères comprise entre 50 et 80% et un nombre restreint de gros feuillus dans les trouées pour permettre une bonne pénétration de la lumière nécessaire au développement d'une strate arbustive abondante. Au moment de l'étude, il n'y avait que les peuplements de type C et CFi qui montraient, en moyenne, une fermeture de 50% (tableau 1). Ces peuplements représentaient environ 30% de la superficie du ravage. Il semble donc qu'il faille accroître l'importance de ce genre d'habitat si l'on veut augmenter la capacité de support du ravage de Pohénégamook, tout comme celle des autres ravages de l'est du Québec, du nord du Nouveau-Brunswick et du nord du Maine. Par ailleurs, il est apparu que les types forestiers renfermant des feuillus intolérants possédaient un meilleur potentiel que ceux où l'on retrouvait des feuillus tolérants. Pour augmenter la capacité de support des ravages, on devrait donc intervenir prioritairement dans les peuplements de la série évolutive naturelle « Fi – FiC – CFi – C ».

### Conclusion

Actuellement au Québec, les normes d'aménagement des aires d'hivernage du cerf reposent sur l'attribution d'une vocation à chacun des peuplements; abri, nourriture-abri, nourriture (ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche 1991). Cette approche situe la notion d'entremêlement au niveau des peuplements entre eux. Cette vision de l'aménagement n'est pas optimale, puisqu'une analyse à cette échelle ne vise pas directement à minimiser les déplacements des cerfs. Nos résultats ont démontré que les cerfs utilisent leur habitat en fonction, à la fois, de la quantité de nourriture disponible et du couvert offert par les conifères. Ainsi, afin de minimiser les dépenses énergétiques des cerfs, nous devons tenter d'aménager simultanément, à l'intérieur d'un même peuplement, la nourriture disponible et les bouquets de conifères servant d'abri. Cet objectif d'aménagement fait appel aux notions d'entremêlement et d'hétérogénéité de la forêt à l'échelle locale. Nous considérons que cette échelle d'aménagement, relativement fine, est essentielle pour maximiser la capacité de support des ravages du cerf de Virginie dans l'extrême nord-est de son aire de répartition.

Considérant la faible proportion de territoire occupé par les ravages des cerfs par rapport à l'ensemble du paysage forestier de l'est du Québec et l'importance de ces habitats pour la survie de cette espèce, la priorité donnée aux cerfs dans l'aménagement forestier de leur aire d'hivernage est légitime. Cependant les conséquences d'une telle gestion de l'habitat sur les autres espèces animales sont encore inconnues. En mettant en pratique un aménagement forestier intensif des ravages de cerfs, il faudra évaluer les conséquences sur la bio-

diversité locale et assurer un suivi de l'impact des interventions sylvicoles sur les densités de cerfs.

### Suggestions d'aménagement

#### *Pour les peuplements des types C et CFi*

Dans les peuplements de type C ou CFi dominés par le sapin baumier et les épinettes, nous suggérons des unités d'aménagement d'une superficie de 2 ha et une rotation de la forêt d'environ 60 ans. Nous proposons une coupe totale de toutes les tiges (à l'exception du thuya) sur une superficie de 0,5 ha tous les 15–20 ans, en fonction des délais de régénération et du taux de croissance des tiges. Les délais de régénération pourraient être réduits en protégeant la régénération et les sols (CPRS) lorsqu'il y a une régénération pré-établie. En présence d'une faible régénération de conifères, nous recommandons la plantation d'épinettes, dont l'espèce préconisée sera fonction des caractéristiques physico-chimiques du milieu. Ces espèces sont moins vulnérables à la tordeuse des bourgeons de l'épinette que le sapin baumier.

Dans les milieux où la régénération naturelle des espèces feuillues est abondante après la coupe, nous suggérons un rabattage sélectif d'une partie des tiges feuillues dont les ramilles seront hors d'atteinte des cerfs (c.-à-d. hauteur >3,0 m).

La pérennité du thuya dans un ravage pose un problème, car les cerfs consomment fortement cette espèce très peu résistante au broutement. Ainsi la survie des pousses du thuya était presque nulle au centre du ravage de Pohénégamook en raison de leur vulnérabilité au broutement; nous n'avons pas trouvé de ramilles de thuya dans les strates 125–150 et 150–175 cm au cours des inventaires de broutement de 1994 et 1995. Par ailleurs, la productivité de la strate arbustive était très faible (18 391 ramilles/ha, incluant le sapin) dans les cédrières fermées à plus de 80%. Comme il serait souhaitable d'assurer la pérennité du thuya dans le ravage, nous suggérons de pratiquer des coupes d'environ 0,25 ha pour favoriser sa régénération et éventuellement augmenter la quantité de nourriture disponible aux cerfs. Cependant, considérant les faibles chances de régénération des cédrières en présence d'une forte densité de cerfs, il faudrait reboiser les ouvertures en utilisant des plants de thuya de forte dimension et protéger les plants du broutement (soit en plantations denses en association avec d'autres conifères (Claude Larocque, communication personnelle) soit à l'aide de tubes grillagés) jusqu'à ce qu'ils échappent aux cerfs. Les sites de plantation à privilégier seraient les buttes possédant un bon drainage afin de favoriser la croissance des semis (Chimner et Hart 1996). L'alternative serait l'utilisation des épinettes comme espèces de couvert. Dans les peuplements où le thuya est éparé, nous suggérons de conserver les thuyas sains à titre de semenciers dans les aires de coupe, compte tenu notamment de la grande longévité de cette espèce.

#### *Pour les peuplements des types FiC et Fi*

Pour ces types de peuplement, l'objectif prioritaire devrait être d'augmenter la composante en conifères jusqu'à l'obtention d'une fermeture de 50 à 80%. Nous suggérons de dégager les conifères afin de faciliter leur croissance, de récolter les feuillus matures et de favoriser la régénération par la plantation d'épinettes là où la régénération naturelle est déficiente. La régénération naturelle de conifères pourrait être

stimulée par une coupe progressive d'ensemencement prélevant environ 40% de la surface terrière parmi les feuillus matures (David Pothier, communication personnelle).

#### *Pour les peuplements des types FiC et Ft*

Même si ces types forestiers possèdent un potentiel relatif moindre pour les cerfs lorsque l'épaisseur de la couche nivale est grande, nous croyons qu'ils doivent être soumis à des objectifs d'aménagement susceptibles d'améliorer leur potentiel lorsqu'ils se retrouvent dans un ravage de cerfs. Lorsque ces types de peuplement forestiers sont aménagés à des fins acéricoles, la strate arbustive composée d'espèces compétitrices (dont les conifères) est souvent enlevée. Cette pratique diminue le potentiel d'utilisation par les cerfs de ces peuplements. La vocation acéricole de ces érablières pourrait tout de même être conservée en favorisant le maintien des conifères et des autres espèces feuillues qui contribueraient à augmenter la fréquentation par les cerfs à moyen terme.

#### *Date des interventions sylvicoles*

Considérant la forte utilisation des déchets de coupe mis à la disponibilité des cerfs lors des opérations forestières (Antoine Saint-Louis et al., en préparation), il est essentiel de veiller à ce que les coupes soient effectuées lorsque les cerfs occupent le ravage.

### Remerciements

Cette étude a été menée grâce au soutien financier du ministère de l'Environnement et de la Faune, de la Fondation de la Faune du Québec, du fonds pour la Formation de chercheurs et l'aide à la recherche, du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie, de la Fondation de l'Université du Québec à Rimouski et de la Fondation Héritage-Faune. Nous tenons à remercier Sophie Cormier, Nadine Coulombe, Christine Lefebvre, Karine Paradis et plus particulièrement Nicolas Bergeron pour leurs efforts déployés sur le terrain. Nous voulons également souligner l'apport de Gaétan Daigle et Jean-Sébastien Brien du Service de consultation statistique de l'Université Laval, ainsi que de Jean Lamoureux, David Pothier et François Potvin pour leurs commentaires judicieux sur une version préliminaire de ce texte.

### Bibliographie

- Allredge, J.R., et Ratti, J.T. 1986. Comparison of some statistical techniques for analysis of resource selection. *J. Wildl. Manage.* **50**: 157–165.
- Blair, R.M. 1969. Timber stand density influences food and cover. *Dans* White-tailed deer in the southern forest habitat. *Éditeur* : L.K. Halls. Stackpole Books, Harrisburg, Pa. pp.74–76.
- Boulet, M. 1980. Bilan énergétique du Cerf de Virginie à l'île d'Anticosti durant l'hiver. Mémoire de maîtrise, Université Laval, Sainte-Foy, Que.
- Breton, L. 1992. Condition de l'enneigement dans l'aire de répartition du cerf au Québec au cours des hivers 1991 et 1992. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Québec, Publ. n° 1947.
- Chimner, R.A., et Hart, J.B. 1996. Hydrology et microtopography effects on northern white-cedar regeneration in Michigan's Upper Peninsula. *Can. J. For. Res.* **26**: 389–393.
- Courtois, R. 1993. Pour un traitement plus efficace des données d'inventaires de brout et des fèces. Ministère du Loisir, de la

- Chasse et de la Pêche, Direction de la faune et des habitats, Service de la faune terrestre, Québec, Publ. n° 2145.
- Crawford, H.S. 1984. Habitat management. *Dans* White-tailed deer ecology and management. *Éditeur* : L.K. Halls. Stackpole Books, Harrisburg, Pa. pp. 629–646.
- Delguidice, G.D., Meech, L.D., et Seal, U.S. 1988. Chemical analyses of deer bladder urine and urine collected from snow. *Wildl. Soc. Bull.* **16**: 324–326.
- Dinerstein, E., et Dublin, H.T. 1982. Daily defecation rate of captive axis deer. *J. Wildl. Manage.* **46**: 833–835.
- Euler, D., et Thurston, L. 1980. Characteristic of hemlock stands related to deer use in east-central Ontario. *J. Appl. Ecol.* **17**: 1–6.
- Germain, G., Potvin, F., et Pichette, C. 1986. Guide d'aménagement des ravages de cerfs de Virginie. Québec, Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction générale de la ressource faunique, Québec.
- Grosenbaugh, L.R. 1952. Plotless timber estimates; new, fast, easy. *J. For.* **50**: 32–37.
- Hénault, M. 1995. Inventaire terrestre du cerf de Virginie dans le ravinage du lac David au printemps 1989. Québec, Ministère de l'environnement et de la faune, Direction régionale de Montréal, Publ. n° 06-45.
- Huot, J. 1972. Winter habitat preferences and management of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus borealis*) in Thirty-one Mile Lake area (Gatineau and Labelle Counties). Mémoire de maîtrise, Université de Toronto, Toronto, Ont.
- Huot, J. 1973. Le cerf de Virginie au Québec. Québec, ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche, Service de la faune du Québec, Bull. n° 17.
- Huot, J. 1974. Winter habitat of white-tailed deer at the Thirty-one Mile Lake, Québec. *Can. Field-Nat.* **88**: 293–301.
- Huot, J. 1982. Body condition and food resources of white-tailed deer on Anticosti Island, Québec. Thèse de doctorat, Université de l'Alaska, Fairbanks.
- Jacobsen, N.L.K. 1973. Physiology, behavior and thermal transaction of white-tailed deer. Thèse de doctorat, Université Cornell, Ithaca, N.Y.
- Leopold, B.D., Krausman, P.R., et Hervert, J.J. 1984. Comment: the pellet-group census technique as an indicator of relative habitat use. *Wildl. Soc. Bull.* **12**: 325–326.
- Mattfeld, G.F. 1974. The energetics of winter foraging by white-tailed deer: a perspective on winter concentration. Thèse de doctorat, New York State University, Syracuse.
- Mautz, W.W. 1978. Sledding on a bushy hillside: the fat cycle in deer. *Wildl. Soc. Bull.* **6**: 88–90.
- McCullagh, P., et Nelder, J.A. 1989. Generalized linear models. Chapman et Hall, New York.
- Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche. 1991. Guide d'aménagement des ravages de cerfs de Virginie. Direction générale, ressource faunique, Québec.
- Neu, C.W., Byers, C.R., et Peek, J.M. 1974. A technique for analysis of utilization availability data. *J. Wildl. Manage.* **38**: 541–545.
- Oldemeyer, J.L., et Franzmann, A.W. 1981. Estimating winter defecation rates for moose, *Alces alces*. *Can. Field-Nat.* **95**: 208–209.
- Parker, K.L., Robbins, C.T., et Hanley, T.A. 1984. Energy expenditures for locomotion by mule deer and elk. *J. Wildl. Manage.* **48**: 474–488.
- Potvin, F. 1978. L'inventaire de brouit : revue de deux méthodes et description de deux techniques. Direction générale de la faune. Québec, ministère du Tourisme, Chasse et Pêche, Rapport spécial n° 9.
- Potvin, F. 1979. Capacité de support du ravinage de cerf de Hill Head, Québec. Mémoire de maîtrise, Université Laval, Sainte-Foy, Que.
- Potvin, F., et Breton, L. 1992. Rigueur de l'hiver pour le cerf au Québec : description de l'indicateur prévisionnel NIVA et présentation d'un logiciel approprié. Québec, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction générale, ressource faunique, Québec, Publ. n° 1936.
- Potvin, F., Huot, J., et Duscheneau, F. 1978. Pohénégamook: une population de cerfs aux prises avec des conditions extrêmes d'environnement. Québec, ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche, Québec, Rapport spécial n° 11.
- Potvin, F., Huot, J., et Duchesneau, F. 1981. Deer mortality in Pohénégamook wintering area, Québec. *Can. Field-Nat.* **95**: 81–84.
- Potvin, F., Breton, L., Rivet, L.-P., et Gingras, A. 1992. Application of a double-count aerial survey technique for white-tailed deer, *Odocoileus virginianus*, on Anticosti Island, Québec. *Can. Field-Nat.* **106**: 435–442.
- Potvin, F., et Gosselin, M.-J. 1995. Inventaire du brouit dans les ravages de cerfs de la zone 5 en 1992. Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats, Direction régionale de l'Estrie, Québec, Publ. n° 2541.
- SAS Institute Inc. 1985. SAS user's guide: statistics, version 5. SAS Institute Inc., Cary, N.C.
- Schmitz, O.J. 1990. Management implications of foraging theory: evaluating deer supplemental feeding. *J. Wildl. Manage.* **54**: 522–532.
- Stevens, D.S. 1972. Thermal energy exchange and the maintenance of homeothermy in white-tailed deer. Thèse de doctorat, Université Cornell, Ithaca, N.Y.
- Telfer, E.S. 1978. Silviculture in the eastern deer yards. *For. Chron.* **54**: 203–208.
- Telfer, E.S., et Kelsall, J.P. 1984. Adaptative of some large North American mammals for survival in snow. *Ecology*, **65**: 1828–1834.
- Verme, L.J. 1968. An index of weather severity for northern deer. *J. Wildl. Manage.* **32**: 566–574.
- Verreault, G., et Côté, B. 1994. Plan d'aménagement du ravinage du lac Pohénégamook : plan d'intervention 1994–1999. Ministère de l'Environnement et de la Faune, et ministère des Ressources Naturelles, Rivière-du-Loup, Qué.