

# **Étude des écosystèmes des vallées fluviales**

## **Composante sur la nyctale de Tengmalm**

Rapport d'étape  
Travaux effectués en 2005

par  
Charles Maisonneuve  
Ministère des Ressources naturelles et de la Faune  
Direction de la recherche sur la faune

Janvier 2006



*Institut pour la Surveillance et la  
Recherche Environnementales*

*Ressources naturelles  
et Faune*

**Québec** 



## TABLE DES MATIÈRES

|                                                                             | Page |
|-----------------------------------------------------------------------------|------|
| TABLE DES MATIÈRES .....                                                    | iii  |
| INTRODUCTION .....                                                          | 1    |
| HYPOTHÈSES .....                                                            | 3    |
| SÉLECTION DES SECTEURS D'ÉTUDE.....                                         | 5    |
| MÉTHODES.....                                                               | 6    |
| Réseau de nichoirs sur les rivières Natashquan et Aguanish.....             | 6    |
| Réseau de nichoirs de la région de Sept-Îles .....                          | 7    |
| Piégeage de micromammifères.....                                            | 7    |
| Sélection alimentaire des nyctales.....                                     | 8    |
| RÉSULTATS.....                                                              | 10   |
| Réseau de nichoirs de la région de Sept-Îles .....                          | 10   |
| Réseau de nichoirs sur les rivières Natashquan et Aguanish.....             | 10   |
| Piégeage de micromammifères.....                                            | 11   |
| Sélection alimentaire des nyctales.....                                     | 11   |
| DISCUSSION.....                                                             | 13   |
| Nidification des nyctales et cycles de populations de micromammifères ..... | 13   |
| Sélection alimentaire des nyctales de Tengmalm.....                         | 16   |
| Incidence des feux de forêt sur le projet.....                              | 20   |
| CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....                                          | 22   |
| REMERCIEMENTS.....                                                          | 24   |
| LISTE DES RÉFÉRENCES.....                                                   | 25   |



## INTRODUCTION

Les vallées fluviales situées dans la zone d'entraînement militaire (ZEM) du Québec-Labrador représentent un attrait particulier pour les vols à basse altitude parce qu'elles constituent un couloir naturel propice comme routes d'entraînement et qu'elles permettent aux pilotes de s'exercer à éviter d'être détectés par les radars. Étant donné le nombre relativement élevé de vols d'entraînement à basse altitude qui ont lieu dans les vallées fluviales et l'importance biologique de ces vallées, l'Institut pour la surveillance et la recherche environnementales (ISRE) a élaboré, au cours des dernières années, un programme de recherche pour étudier les incidences des survols sur les éléments écologiques des vallées fluviales. Les premiers travaux effectués visaient surtout à identifier certaines espèces étroitement associées aux vallées fluviales et qui pourraient être ciblées pour des études plus spécifiques.

Les oiseaux de proie se situent à la tête de la chaîne alimentaire, ce qui les rend vulnérables aux modifications et aux facteurs de stress apportés à leurs habitats. Ils représentent ainsi d'excellents indicateurs de la santé de l'environnement et plusieurs espèces ont été choisies comme espèces indicatrices en plusieurs endroits de la planète. Dans la zone fréquentée par les vols à basse altitude au Québec-Labrador, plusieurs études ont été réalisées pour tenter de déterminer les effets de ces vols sur des oiseaux de proie diurnes, plus particulièrement le balbuzard (*Pandion haliaetus*) (Trimper *et al.* 1998ab, Thomas, 1999). L'augmentation des activités militaires nocturnes a récemment soulevé le besoin d'initier des études sur les espèces nocturnes.

La recherche de nids de rapaces nocturnes pour de telles études peut impliquer des efforts considérables sur le terrain et mener à la découverte d'un nombre de nids relativement faible, particulièrement dans les régions dépourvues de routes d'accès. La meilleure approche pour obtenir des nombres adéquats de nids avec un effort relativement faible consiste à installer des nichoirs artificiels pour les espèces qui nichent en cavité. Dans ce contexte, la nyctale de Tengmalm (*Aegolius funereus*) (aussi connue sous le nom de nyctale boréale) représente l'espèce cible la plus intéressante sur le territoire du Québec-

Labrador. Non seulement cette espèce utilise-t-elle volontiers les nichoirs (Korpimäki 1981, 1985), mais il est aussi mentionné que, à des latitudes nordiques, elle est essentiellement confinée dans les forêts riveraines en raison de la rareté relative des habitats de reproduction adéquats en dehors des vallées de rivières (Mossop 1997). La nyctale de Tengmalm fréquente ainsi des domaines vitaux allongés qui s'étendent le long des cours d'eau (Hayward and Hayward 1993). Une telle utilisation de l'habitat par les nyctales devrait ainsi favoriser leur fréquentation des écosystèmes ciblés pour les études dans la zone d'entraînement pour les vols à basse altitude, faisant de cette espèce un indicateur idéal pour d'éventuelles études visant à évaluer les répercussions de ces vols.

La Direction de la recherche sur la faune, du Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Secteur Faune Québec, a donc proposé d'entreprendre une étude à cet effet et des travaux préliminaires ont été initiés en 2003 où un réseau de nichoirs a été installé le long des rivières Natashquan et Aguanish pour y suivre la nidification de la nyctale de Tengmalm (Maisonneuve 2004). Une première saison complète de récolte de données a été complétée en 2004. Des problèmes majeurs de prédation par la martre d'Amérique (*Martes americana*) et de dérangement par le porc-épic (*Erethizon dorsatum*) ont cependant nuit considérablement à l'obtention de résultats probants et des dispositifs anti-prédateur et anti-porc-épic ont dû être installés (Maisonneuve 2005). Le suivi des nichoirs a été répété au printemps 2005 et ce rapport présente les résultats obtenus au cours de la saison de nidification.

## HYPOTHÈSES

Les vols à basse altitude pourraient affecter la nyctale de Tengmalm de différentes façons. Premièrement, ces vols pourraient affecter la capacité auditive de cet oiseau qui dépend grandement de celle-ci pour se nourrir. Ceci pourrait mener à une réduction de l'efficacité alimentaire des adultes. Le nombre d'œufs pondus par la femelle dépend grandement des réserves énergétiques accumulées par celle-ci (Korpimäki 1987), qui dépendent à leur tour du succès de chasse du mâle et de la femelle. Les nyctales occupent des territoires à l'année et le nombre d'œufs pondus représente un indice des conditions d'alimentation dans leur domaine vital. De plus, il a été démontré que les grosses nichées produisent plus de jeunes (Korpimäki 1987). Durant l'incubation et l'élevage, les femelles demeurent normalement au nid et le mâle assure son alimentation (Hayward and Hayward 1993). Donc, une réduction de l'efficacité de chasse pourrait avoir des répercussions sur l'effort de nidification, l'effort de ponte et la survie des jeunes. Mais il est reconnu que l'effort de nidification des nyctales est étroitement lié à la disponibilité des proies (Löfgren *et al.* 1986, Korpimäki 1988, Hörnfeldt and Eklund 1990). Dans les régions nordiques, les populations de micromammifères connaissent des cycles caractérisés par des années de très faible abondance qui ont des répercussions sur l'effort de reproduction des nyctales (Korpimäki 1981, Löfgren *et al.* 1986, Hörnfeldt *et al.* 1990). Au cours de ces mauvaises années, les nyctales peuvent même s'abstenir de se reproduire. Il est donc nécessaire de connaître les niveaux de population des espèces de micromammifères afin de ne pas attribuer indûment aux seuls vols à basse altitude l'observation d'un faible effort de reproduction.

Les barres de carence, qui ont été particulièrement bien documentées dans l'étude scientifique des rapaces, sont des malformations dans les plumes qui étaient initialement associées à une rareté des ressources alimentaires et à de faibles réserves énergétiques. Mais des travaux récents laissent croire de plus en plus que ces barres de carence peuvent aussi être causées par des facteurs de stress (Machmer *et al.* 1992, Negro *et al.* 1994, Bortolotti *et al.* 2002), et pourraient ainsi être utilisées pour comparer des niveaux de stress entre différents secteurs. Que les barres de carence soient causées par une

diminution de l'apport alimentaire ou par des facteurs de stress, leur nombre et leur fréquence d'occurrence devraient être supérieurs chez les oiseaux juvéniles élevés dans des secteurs touchés par les vols à basse altitude. Des causes de stress pendant le développement des plumes de femelles adultes peuvent permettre de prévoir l'état reproducteur de celles-ci (Bortolotti *et al.* 2002), de sorte que la présence de barres de carence pourrait aussi être examinée chez les femelles afin de tenter d'expliquer le succès de nidification.

Ainsi, sur la base de ces hypothèses, différents paramètres pourront être examinés afin de déterminer les effets possibles des vols à basse altitude :

1. Taux d'occupation des nichoirs
2. Effort de ponte (nombre d'œufs)
3. Assiduité de la femelle au nid et approvisionnement en nourriture par le mâle
4. Succès de nidification
5. Survie des jeunes
6. Nombre et fréquence de barres de carence dans les plumes
7. Disponibilité de nourriture (abondance de micromammifères)

## SÉLECTION DES SECTEURS D'ÉTUDE

La rivière Natashquan a été sélectionnée pour la réalisation de l'étude pour les raisons suivantes :

1. Avec les rivières Petit-Mécatina et Olomane, la rivière Natashquan fait partie des rivières les plus fréquentées par les vols à basse altitude effectués sur le territoire du Québec où près de 60 % des sorties sont effectuées.
2. Parmi ces trois rivières, la Natashquan est celle dont les habitats le long des berges sont les plus homogènes, facilitant la sélection de secteurs adéquats pour procéder à des comparaisons dans un contexte de dispositif expérimental/témoin.
3. La rivière Natashquan est la seule qui est facilement navigable sur de grandes distances.
4. L'embouchure de la Natashquan est située près du village de Natashquan, accessible par voie routière, facilitant toute la logistique du projet.

Le tronçon de la rivière Natashquan situé immédiatement au nord de la limite sud de l'aire d'entraînement a donc été retenu comme secteur expérimental (figure 1). Étant donné que la section de la rivière Natashquan située au sud de la limite de l'aire d'entraînement n'est pas suffisamment longue pour installer le nombre requis de nichoirs (voir la section des méthodes), un tronçon de la rivière Aguanish, situé à seulement 20 km à l'ouest et présentant sensiblement les mêmes caractéristiques d'habitat, a été retenu pour compléter le secteur témoin (figure 1).

## MÉTHODES

### Réseau de nichoirs sur les rivières Natashquan et Aguanish

Sur la base des estimations de taille d'échantillons requise pour obtenir un niveau de précision adéquat sur les paramètres de la productivité des nyctales (Hayward *et al.* 1992), 300 nichoirs ont été installés en septembre 2003 sur chacun des tronçons de rivières sélectionnés, pour un total de 600 nichoirs. Comme les rivières étudiées sont relativement larges, elles représentent vraisemblablement un obstacle aux déplacements des nyctales d'une rive à l'autre, de sorte que les domaines vitaux devraient être séparés par les rivières. Ainsi, des nichoirs ont pu être installés sur les deux rives. Une distance de 0,5 km est recommandée entre chacun des nichoirs (Hayward *et al.* 1992). Cependant, en raison des faibles précipitations qui ont eu lieu sur la Côte-Nord au cours de l'été 2003, le niveau des rivières était particulièrement bas au moment de l'installation des nichoirs en septembre. De vastes étendues de bancs de sable étaient exposées par endroit, rendant plus difficile l'accès aux rives dans plusieurs secteurs. Ces derniers ont dû être évités pour accélérer les travaux et les emplacements retenus pour l'installation des nichoirs ont donc dû être plus espacés. La distance de 0,5 km représente donc la distance minimum entre deux nichoirs sur une même rive. La localisation exacte de tous les nichoirs a été notée au moyen d'un GPS.

De plus, des dispositifs anti-prédateurs et anti-porcs-épics ont été installés à l'automne 2004 pour tenter de régler les problèmes de prédation par la martre d'Amérique et de dérangement par le porc-épic connus au printemps 2004 (Maisonneuve 2005). Une feuille de tôle a ainsi été fixée sur le devant de chacun des nichoirs, cette feuille excédant sur le pourtour pour empêcher l'accès aux prédateurs et étant percée d'un trou pour laisser circuler les nyctales. Une gaine de tôle a aussi été installée autour des arbres supportant les nichoirs, juste sous ceux-ci, de façon à empêcher les porcs-épics d'y grimper.

Au cours du printemps 2005, ce réseau de nichoirs a fait l'objet d'une seule visite, soit du 17 au 23 mai. Comme en 2004, cette visite a été effectuée en embarcation (canots de 18 pi) à moteur et seuls quelques seuils infranchissables ont nécessité l'élingue des embarcations au moyen de l'hélicoptère. Compte tenu de l'absence totale de nidification constatée après quelques jours de visites (voir la section « Résultats »), les travaux ont été arrêtés après la visite de 300 nichoirs.

#### *Réseau de nichoirs de la région de Sept-Îles*

En janvier 2003, 99 nichoirs avaient été installés dans deux secteurs de la région de la ville de Sept-Îles; un secteur côtier situé à l'est de la ville où 67 nichoirs ont été installés le long de la route 138 et un autre secteur situé à l'intérieur des terres où 32 nichoirs ont été installés le long de la route menant aux installations hydroélectriques de la rivière Sainte-Marguerite (SM3). En 2003, l'absence totale de nichoirs occupés dans le réseau situé dans le secteur côtier (Maisonneuve 2004) nous a incité à déménager ces 67 nichoirs au nord des autres le long de la route de SM3. Ces nichoirs ont été déplacés au cours du mois de décembre 2003. En 2004, ce réseau de 99 nichoirs a été visité hebdomadairement afin d'y recueillir des données susceptibles d'aider à la compréhension de certains résultats obtenus le long des rivières Natashquan et Aguanish où les visites devaient être plus espacées en raison de l'inaccessibilité du territoire et des coûts qu'auraient impliqué des visites plus fréquentes. La même approche était prévue en 2005, mais le suivi a dû être arrêté dès la première visite où l'absence totale de nidification a été constatée (voir la section « Résultats »). Cette visite des 99 nichoirs s'est échelonnée entre le 27 avril et le 12 mai.

#### *Piégeage de micromammifères*

En 2003, 10 stations de piégeage avaient été réparties dans des forêts fermées et ouvertes (Maisonneuve 2004). À compter de 2004, les stations en milieu ouvert ont été abandonnées pour permettre d'augmenter l'effort de piégeage en milieu fermé (Maisonneuve 2005). Ainsi, les 10 stations couvertes en 2004 (figure 1) ont à nouveau fait l'objet d'une campagne de piégeage de micromammifères en 2005. Initialement, cette

campagne devait se dérouler au cours du mois de septembre, comme cela avait été fait en 2003 et 2004. Cependant, compte tenu de la constatation au cours du mois de mai que les nyctales n'avaient pas initié de nidification, il a été décidé de devancer cette campagne de piégeage au mois de juillet afin de vérifier si ces résultats pouvaient être attribués à une faible disponibilité de nourriture au moment de la nidification.

À chacune des stations, 100 pièges assommoirs (Victor M035) étaient répartis systématiquement à tous les 10 mètres le long de quatre lignes de 250 mètres de longueur aussi espacées de 10 mètres. En raison de la configuration de la station #5, les pièges ont dû être répartis sur six lignes de piégeage. Les pièges appâtés avec du beurre d'arachide ont été en opération pendant trois nuits et étaient visités quotidiennement. Les spécimens capturés étaient mis dans des sacs de plastiques étiquetés et placés au congélateur à la fin de la journée. Ils ont été identifiés par la suite au laboratoire au moyen de caractères crâniens et de dentition (Lupien 2001, 2002). Les spécimens du genre *Peromyscus* ont été identifiés au moyen de l'ADN mitochondrial (Tessier *et al.* 2004). L'abondance des micromammifères a été exprimée en terme du nombre de captures par 100 nuits-pièges. Une correction tenant compte du nombre de pièges déclenchés accidentellement a été faite dans le calcul de cet indice (Nelson et Clark 1973). Le piégeage s'est déroulé du 6 au 9 juillet dans la zone d'entraînement et du 9 au 13 juillet dans le secteur témoin. Le test de Kruskal-Wallis (NPAR :Kruskal, SYSTAT 11 Statistics II, 2004) a été utilisé pour effectuer la comparaison interannuelle du succès de capture. Seules les données récoltées dans les stations situées en milieu fermé ont été utilisées pour procéder à cette analyse.

#### Sélection alimentaire des nyctales

Les contenus des nichoirs qui ont été occupés par des nyctales au cours de la saison 2004 ont été prélevés à la fin de cette saison, placés dans des sacs de plastique et congelés. Le matériel ainsi récupéré a fait l'objet d'un nettoyage au laboratoire afin de récupérer les restes (ossements, carcasses desséchées) de proies qui s'y sont accumulées. Ces restes de proies ont été identifiés au cours de l'hiver 2004-2005. Lorsqu'elles étaient disponibles, les structures crâniennes ont servi à identifier les proies à l'espèce (Lupien 2001, 2002),

de façon à établir un nombre minimum de proies (Marti 1987). Quant aux carcasses desséchées, souvent dépourvues de crânes, celles-ci ont été classées en deux grandes catégories, soit les Arvicolinae (campagnols) et les Soricidae (musaraignes).

Les captures effectuées lors des campagnes de piégeage de micromammifères ont servi à la détermination de la disponibilité de ces différentes proies pour les nyctales. Comme ces captures ne donnent qu'une estimation de la disponibilité de chacune des espèces, un test  $\chi^2$  d'homogénéité a été utilisé pour déterminer si les nyctales de Tengmalm prélèvent leurs proies selon la disponibilité de celles-ci ou si elles effectuent plutôt un prélèvement sélectif de certaines espèces (Marcum et Loftsgaarden 1980). Les espèces de rongeurs les moins abondantes (*Microtus pennsylvanicus*, *Peromyscus maniculatus*) ont été regroupées en une même catégorie (autres rongeurs) afin de respecter les critères d'application de ce test (maximum de 20 % des fréquences théoriques inférieures à 5). Dans l'éventualité où ce test indique une différence significative, la méthode de Bonferonni est utilisée pour calculer des intervalles de confiance pour chacune des espèces ou catégories d'espèces (Miller 1966). On considère qu'une espèce ou catégorie de micromammifères est sélectionnée lorsque l'intervalle de confiance est inférieur à 0. Une espèce est utilisée dans une proportion moindre que sa disponibilité lorsque l'intervalle de confiance est supérieur à 0, tandis qu'un intervalle de confiance qui comprend la valeur 0 indique une utilisation proportionnelle à la disponibilité.

## RÉSULTATS

### Réseau de nichoirs de la région de Sept-Îles

La visite de ce réseau n'a permis de détecter aucun indice de fréquentation récente des nichoirs par les nyctales. Tous les indices de présence notés (vieilles plumes et œufs brisés) dataient de l'année précédente. Tous les contenus de nichoir ont été nettoyés de façon à faciliter la détection d'indices d'occupation lors d'éventuelles visites subséquentes. Ces contenus seront éventuellement nettoyés et triés de façon à retenir uniquement les vestiges de proies. Celles-ci seront identifiées et permettront éventuellement d'examiner la sélection alimentaire chez les nyctales.

### Réseau de nichoirs sur les rivières Natashquan et Aguanish

Pour différentes raisons, certains nichoirs étaient inaccessibles ou n'étaient plus fonctionnels. La majorité de ceux-ci (11) étaient entourés d'eau au moment de la visite, tandis qu'un autre était fixé sur un arbre tombé lors d'un chablis. Au total, 288 nichoirs ont donc été inspectés dans le secteur témoin. Aucun cas de détérioration par les rongeurs n'a été noté sur les nichoirs examinés. L'absence totale de nidification constatée dans ce secteur, combinée à la même constatation pour le réseau de nichoirs de la région de Sept-Îles, ont mené à l'hypothèse que les régions nordiques étaient frappées par un manque de nourriture généralisé et qu'il était peu probable que les nyctales aient une plus grande tendance à nicher dans la zone d'entraînement. Il a donc été décidé de ne pas poursuivre plus loin le suivi des nichoirs en 2005.

Il est important de souligner que, lors des travaux de terrain effectués dans le cadre du projet de recherche sur les chauves-souris (Maisonneuve, en préparation), la section de la rivière Natashquan située dans la zone d'entraînement a pu être survolée au cours du mois de juillet. Ces survols ont permis de constater qu'un important feu de forêt a touché la zone d'étude sur une distance de plusieurs kilomètres en bordure de la rivière.

### Piégeage de micromammifères

Au total, seulement 32 micromammifères appartenant à quatre espèces ont été capturés (tableau 1). Le campagnol à dos roux de Gapper (*Clethrionomys gapperi*) et la musaraigne cendrée (*Sorex cinereus*) représentent la majorité des captures avec près de 90 % des spécimens. Les captures ont été trois fois plus abondantes dans le secteur témoin, mais la très faible abondance obtenue dans les deux secteurs rend toute comparaison statistique hasardeuse. La plus grande utilité des données récoltées en 2005 réside dans la possibilité de comparer le succès de capture avec celui obtenu au cours des années précédentes.

Au cours des deux années précédentes, aucune différence n'a été notée entre le secteur témoin et la zone d'entraînement (Maisonneuve 2005) et les données des deux secteurs pouvaient être groupées pour procéder aux comparaisons interannuelles (Maisonneuve 2005). Le test de Kruskal-Wallis comparant les six sites couverts en milieu fermé en 2003 aux 10 sites couverts en 2004 et en 2005 indique une différence évidente dans le succès de capture ( $H = 18,6$ ,  $P < 0,001$ ) (figure 2). Il est assez évident que la différence obtenue entre les trois années est due à une baisse importante des captures en 2005.

### Sélection alimentaire des nyctales

Des restes de proies ont pu être récoltés dans 12 nichoirs où des nyctales ont initié un nid en 2004. Le nombre de proies accumulées dans les nichoirs variait de 1 à 79 (médiane = 10,5). Seulement cinq nichoirs contenaient plus de 10 proies. Près de 60 % des 274 proies rencontrées ont pu être identifiées et réparties parmi six espèces ou groupes d'espèces différentes (tableau 2). Le campagnol à dos roux de Gapper et le phénacomys (*Phenacomys intermedius*) représentent 90 % des spécimens identifiés. Les proies non identifiées étaient aussi essentiellement (98 %) des campagnols. L'un des nichoirs contenait les restes d'une libellule ainsi que les ossements d'une patte de grenouille.

La comparaison de la proportion des différentes espèces de micromammifères rencontrés en 2004 dans les nichoirs et de celle obtenue la même année lors de la campagne de piégeage indique une différence significative ( $\chi^2 = 97,19$ ,  $dl = 4$ ,  $P < 0,005$ ). Les intervalles de confiance obtenus pour chacune des espèces (tableau 3) indiquent qu'une seule espèce, le phénacomys, a fait l'objet d'une sélection évidente par les nyctales (figure 3). Le campagnol à dos roux de Gapper est la seule espèce dont la proportion utilisée était inférieure à sa disponibilité. Les autres espèces étaient utilisées proportionnellement à leur disponibilité dans le milieu.

## DISCUSSION

L'année 2005 devait permettre de vérifier l'efficacité des dispositifs anti-prédateurs et anti-porcs-épics installés en 2004 sur l'ensemble des nichoirs du réseau des rivières Natashquan et Aguanish. Les tôles installées autour des arbres ont très efficacement empêché les porcs-épics d'atteindre et de gruger les nichoirs car aucun des 288 nichoirs examinés n'a été détérioré. La majorité des nichoirs détériorés par des rongeurs en 2004 étaient situés dans la zone d'entraînement et les nichoirs de ce secteur n'ont pas été visités en 2005. Il n'y a cependant aucune raison pour que les dispositifs soient moins efficaces dans un secteur que dans l'autre. Néanmoins, l'absence totale de nidification constatée au cours du mois de mai empêche évidemment de conclure quoi que ce soit au sujet de l'efficacité des dispositifs anti-prédateurs. On pourrait croire que le fait que les nyctales n'aient pas niché pourrait être attribuable à la présence de ces dispositifs qui auraient réduit l'attrait des nichoirs. Cependant, les nyctales ont aussi délaissé complètement le réseau de nichoirs de la région de Sept-Îles, alors qu'aucun de ces nichoirs n'a été muni de tels dispositifs. De plus, de tels dispositifs ont été utilisés avec succès en Suisse (Ravussin *et al.* 2001). Il apparaît évident qu'un autre facteur est venu influencer la reproduction des nyctales en 2005, et nos données permettent de présenter une explication dans les sections qui suivent.

### *Nidification des nyctales et cycles de populations de micromammifères*

Lors de la planification de ce projet, la campagne annuelle de piégeage de micromammifères avait été prévue au cours du mois de septembre. Cette période avait été retenue principalement parce que certaines études ont démontré que l'abondance de nourriture à l'automne permet d'expliquer l'effort de reproduction des nyctales au cours du printemps suivant (Hörnfeldt *et al.* 1990) et aussi parce qu'il est beaucoup plus compliqué de procéder à une telle campagne en mars ou en avril, moment où la nidification des nyctales est initiée, en raison de l'importante couche de neige encore présente au sol. Cependant, Korpimäki (1994) a aussi démontré que la densité de nyctales nicheuses peut, du moins dans certaines régions et sous certaines conditions d'enneigement, être influencée par l'abondance des micromammifères au moment où la

nidification est initiée, plutôt que par l'abondance de micromammifères de l'automne précédent. Les nyctales seraient en mesure de détecter les changements dans l'abondance de leur nourriture et de réagir rapidement en se dispersant à la recherche de secteurs plus propices.

Dans ce contexte, compte tenu de la constatation au cours du mois de mai 2005 que les nyctales n'avaient pas initié de nidification dans notre aire d'étude, la campagne de piégeage a été devancée au mois de juillet afin de vérifier si ces résultats pouvaient être attribués à une faible disponibilité de nourriture au moment de la nidification. Nous désirions ainsi éviter qu'une augmentation des effectifs de micromammifères n'ait lieu au cours de l'été et nuise à la possibilité de détecter une telle chute. Nos résultats indiquent clairement que les populations de micromammifères ont périclité rapidement entre le mois de septembre 2004, moment où le succès de capture était encore excellent, et le mois de juillet. On peut facilement présumer que cette chute drastique de population de micromammifères s'est déroulée avant le mois de mars, moment où les nyctales commencent à établir leurs territoires, ce qui expliquerait l'absence totale de nidification chez cette espèce en 2005.

Dans les régions nordiques de l'Europe, de nombreuses études ont démontré que les populations de micromammifères, particulièrement les campagnols, connaissent des cycles de fluctuations de population dont la périodicité peut varier de 3 à 5 ans (Hörnfeldt 1978, Hansson and Henttonen 1985, Henttonen *et al.* 1985, Hanski *et al.* 2001). Ces variations cycliques seraient beaucoup moins évidentes plus au sud où les prédateurs auraient accès à une plus grande abondance de proies alternatives (Hanski *et al.* 1991). De telles variations cycliques sont très bien connues chez certaines espèces de mammifères nord-américains, tels les lemmings dans la toundra (Pitelka *et al.* 1955, Wilson *et al.* 1999) et le lièvre dans la forêt boréale (Krebs *et al.* 2001). Jusqu'à tout récemment, il semble qu'on prenait encore pour acquis que la plupart des espèces de campagnols d'Amérique du Nord ne connaissent pas vraiment de variations cycliques régulières de leurs populations ou que celles-ci étaient atténuées par la présence de proies alternatives telle le lièvre d'Amérique (*Lepus americanus*) (Hansson and Henttonen 1985,

Boutin *et al.* 1995, Fryxell 1998). Cependant, une analyse récente des observations hivernales de hiboux nordiques dans les régions habitées du nord-est de l'Amérique du Nord indique que la nyctale de Tengmalm y effectue des invasions à tous les quatre ans et que celles-ci seraient associées à des baisses de populations de micromammifères sur leurs aires de reproduction (Cheveau *et al.* 2004). Selon cette étude, l'année 2004 devait être marquée par une baisse de population de micromammifères, ce que nos résultats confirment, cette chute semblant s'être produite entre le mois de septembre 2004 et le mois de mars 2005. Et certaines observations indiquent aussi que l'important déplacement vers le sud attendu pour l'année 2004 s'est effectivement produit. Ainsi, les captures de nyctales de Tengmalm effectuées au cours de l'automne à l'Observatoire d'oiseaux de Tadoussac ont été les plus abondantes jamais enregistrées à cet endroit (Rivard et Drolet 2005), et les observations d'autres espèces de hiboux nordiques, telles la chouette lapone (*Strix nebulosa*) et la chouette épervière (*Surnia ulula*), ont aussi été plus abondantes que jamais un peu partout dans l'est de l'Amérique du Nord au cours de l'hiver 2004-2005 (Bannon *et al.* 2005 et 2006, Guénette 2005).

Bien que ces observations nous indiquent que les populations de micromammifères semblent effectivement connaître des variations cycliques et que la périodicité de ces cycles serait de quatre ans dans l'est de l'Amérique du Nord, il serait intéressant de savoir à quelle vitesse ces populations peuvent augmenter et permettre aux populations de nyctales de recommencer à se reproduire. Cette connaissance aiderait grandement à la planification des futures tournées d'inspection des réseaux de nichoirs établis sur la Côte Nord, dans l'éventualité où un intérêt serait maintenu pour la poursuite des travaux.

En Scandinavie, après avoir connu un crash, les populations de micromammifères augmentent très rapidement dès l'année suivante et les nyctales de Tengmalm réagissent aussi rapidement. Effectivement, en Finlande, après pratiquement aucune nidification de la part des nyctales lors de certaines mauvaises années, des taux d'occupation de nichoirs variant de 8 à 30 % ont été obtenus dès l'année suivante (Korpimäki 1994). Des données récoltées dans le nord de la Suède indiquent aussi que les nyctales nichent en grands nombres dès l'année qui suit un creux dans les populations de micromammifères

(Hörnfeldt *et al.* 1990). Compte tenu des différences qui existent entre les deux continents dans la composition des communautés de micromammifères et de prédateurs et de l'influence possible de celles-ci sur les variations cycliques d'abondance de micromammifères (amplitude et périodicité), il serait, du moins pour le moment, présomptueux d'avancer que des taux d'occupation élevés pourraient être obtenus dès le printemps 2006 dans nos réseaux de nichoirs de la Côte-Nord. Une visite de ces nichoirs en 2006 permettrait de vérifier rapidement si cette tendance peut aussi exister en Amérique du Nord.

Les variations cycliques de populations de campagnols sont généralement synchronisées sur des distances pouvant aller jusqu'à 500 km (Huitu *et al.* 2003, Korpimäki *et al.* 2004). Nous n'avons malheureusement aucune donnée de piégeage de micromammifères dans la région de Sept-Îles pour vérifier si le crash de population constaté près de Natashquan touchait aussi cette région. Mais l'absence totale de nidification de la part des nyctales dans notre réseau de nichoirs de la région de Sept-Îles laisse croire que la situation était la même sur ce territoire situé à 350 km de nos stations de piégeage de la rivière Natashquan. D'autres observations supportent aussi cette hypothèse. Premièrement, au cours de l'hiver 2004-2005, un trappeur expérimenté qui piège la martre depuis de nombreuses années dans la région, a observé pour la première fois des nyctales dans ses pièges. Ces dernières étaient apparemment affamées et étaient attirées par les appâts. De plus, l'examen de carcasses de nyctales trouvées mortes dans la région au cours du même hiver indique que ces oiseaux étaient très maigres et étaient vraisemblablement morts de faim. Il semble donc que les variations d'abondance de micromammifères soient sensiblement les mêmes dans les régions de Sept-Îles et de Natashquan.

#### *Sélection alimentaire des nyctales de Tengmalm*

Bien que l'alimentation de la nyctale de Tengmalm pendant la saison de reproduction ait fait l'objet de nombreuses études en Europe, celle-ci a été très peu étudiée en Amérique du Nord. Seules trois études ont pu être retracées dans la littérature, et celles-ci ont toutes été réalisées dans l'ouest du continent, soit dans les États du Colorado (Ryder *et al.*

1987), du Montana, du Wyoming et de l'Idaho (Hayward *et al.* 1993), ainsi qu'en Alaska (Whitman 2001). La seule autre étude sur le sujet est celle de Catling (1972) qui présentait l'alimentation de la nyctale de Tengmalm lors d'une invasion hivernale dans le sud de l'Ontario. Notre étude est donc la première à présenter l'alimentation de cette espèce pendant la saison de reproduction dans l'est du continent américain. Comme cela a été démontré en Europe (Korpimäki 1981), les mammifères représentent aussi en Amérique du Nord la majeure partie des espèces consommées par les nyctales et les campagnols sont toujours parmi les espèces dominantes, même si les espèces représentées peuvent varier d'une région à l'autre (tableau 4).

Dans l'ouest du continent américain, les oiseaux représentent de 3 à 7 % des proies utilisées par les nyctales (tableau 4). Plusieurs études européennes ont démontré que différentes espèces d'oiseaux peuvent effectivement être prélevées par les nyctales de Tengmalm et l'abondance relative de ce type de proies augmenterait lors des années de faible abondance de micromammifères (Korpimäki 1981). L'absence totale de restes d'oiseaux dans nos nichoirs pourrait donc être attribué au fait que, comme nos résultats de piégeage l'ont démontré, la disponibilité de micromammifères était particulièrement élevée en 2004. La consommation occasionnelle d'amphibiens a aussi été mentionnée chez plusieurs espèces d'oiseaux de proie nocturnes (Errington 1932, Hamilton 1941, Gross 1944, Fitch 1947, Earhart et Johnson 1970, Stewart 1969, Marti 1976). Cependant, à notre connaissance, l'observation d'une patte de grenouille dans l'un de nos nichoirs représente la première mention publiée de la prédation d'une espèce d'amphibien par la nyctale de Tengmalm.

L'utilisation d'insectes par les nyctales est aussi régulièrement mentionnée et celle-ci est toujours considérée comme occasionnelle et marginale (Earhart et Johnson 1970, Korpimäki 1988) ce que nos résultats confirment. Mais l'étude de Hayward *et al.* (1993) indique que les insectes peuvent parfois être relativement abondants (tableau 4). Néanmoins, ils ne représentent qu'une partie négligeable de la biomasse prélevée par les nyctales.

En 2003 et 2004, le campagnol à dos roux de Gapper était sans contredit l'espèce dominante parmi les spécimens capturés en bordure de la rivière Natashquan (Maisonneuve 2004 et 2005). Cette espèce représentait ainsi plus de 85 % des effectifs. La chute drastique du nombre de captures constatée en 2005 est en grande partie imputable à la disparition quasi complète de cette espèce. Cette baisse notable dans les effectifs du campagnol à dos roux de Gapper entre en contradiction avec l'hypothèse selon laquelle les communautés de micromammifères dominées par des espèces du genre *Clethrionomys* seraient moins touchées par des variations cycliques de grande amplitude que les communautés dominées par des espèces du genre *Microtus* (Hanski *et al.* 2001). Cette hypothèse était basée sur des résultats obtenus en Alaska où les campagnols du genre *Clethrionomys* étaient relativement stables, mais où les campagnols du genre *Microtus* étaient cycliques (Whitney et Feist 1984). D'autres résultats provenant de Sibérie supportaient aussi cette prédiction. Un cycle de quatre ans a été observé dans une communauté de micromammifères très diversifiée dans des plaines inondables abritant des habitats très productifs (Sheftel 1989) tandis que, sur d'autres sites de la même région où les habitats étaient vraisemblablement plus pauvres, les communautés de micromammifères dominées par le genre *Clethrionomys* ne présentaient pas de variations cycliques (Henttonen *et al.* 1985). Il est évident qu'un suivi à long terme des populations de micromammifères dans la région de la Côte-Nord permettrait d'apporter un éclairage additionnel non négligeable à l'étude des cycles de ces populations en Amérique du Nord.

Même si nos résultats indiquent que le campagnol à dos roux de Gapper n'est pas particulièrement sélectionné par les nyctales (tableau 3 et figure 3), sa très grande abondance dans l'environnement en fait quand même la proie principale. Un parallèle peut ici être établi avec la situation en Scandinavie où la très grande abondance de *Clethrionomys glareolus* fait de cette espèce la proie principale de la nyctale de Tengmalm, même si celle-ci effectue une sélection particulière pour d'autres espèces (Korpimäki 1981). L'importance particulière du campagnol à dos roux de Gapper a aussi été soulignée dans l'ouest du continent américain où les années de faible abondance de cette espèce correspondent à de mauvaises années de reproduction pour les nyctales de

Tengmalm (Hayward *et al.* 1993). Nos résultats, bien que très partiels et ne couvrant pas une longue période, tendent aussi à souligner la grande importance du campagnol à dos roux de Gapper pour les nyctales dans l'est du continent.

Le phénacomys était absent des captures effectuées en 2005 le long de la rivière Natashquan, alors qu'il occupait le deuxième rang en 2003 et 2004 avec 8 % des captures (Maisonneuve 2004 et 2005). Généralement, cette espèce est si peu abondante que la majorité des études impliquant le piégeage de micromammifères ne fait que mentionner sa présence. Le succès de capture relativement élevé que nous avons obtenu pour le phénacomys (jusqu'à 10 captures/100 nuits-pièges) contraste fortement avec les quelques indices d'abondance mentionnés dans la littérature (tableau 5). Une seule autre étude réalisée dans des forêts de pin gris (*Pinus banksiana*) de l'Ontario indique des valeurs semblables (Naylor *et al.* 1985). Malgré que son abondance soit beaucoup moindre que celle du campagnol à dos roux de Gapper, le phénacomys semble particulièrement important pour les nyctales de Tengmalm, du moins pendant la saison de nidification. Il représentait plus du tiers des restes de proies identifiés dans les nichoirs et ce même dans le secteur témoin où cette espèce n'a pas été détectée lors de la campagne de piégeage de 2004. Le phénacomys est ainsi prélevé dans une proportion qui excède grandement sa disponibilité dans l'environnement au cours de la même année (tableau 3). On pourrait croire que la population de phénacomys a pu connaître un déclin marqué entre le printemps, moment où les proies sont accumulées dans les nichoirs, et le mois de septembre où le piégeage a été effectué. Mais cette hypothèse est mise en doute par le fait que l'abondance relative du phénacomys dans les captures effectuées l'automne précédent (2003) était semblable à celle de l'automne 2004 (figure 3). Il semble donc que les nyctales recherchent les phénacomys lorsqu'elles chassent, ou encore que le comportement de cette espèce de micromammifère rend celle-ci particulièrement vulnérable à la prédation par les rapaces pendant la saison de reproduction. Le phénacomys préfère des habitats relativement ouverts abritant des éricacées (Krebs et Wingate 1976, Naylor *et al.* 1985) et parfois issus d'anciens feux (Simon *et al.* 1998). Il est possible que la fréquentation d'ouvertures par cette espèce en facilite la capture par les nyctales, comparativement au campagnol à dos roux qui, même s'il est très abondant,

fréquente généralement des milieux plus fermés où la végétation dense le rend moins vulnérable. Cette variation de vulnérabilité a aussi été démontrée en Scandinavie, où la proie principale de la nyctale de Tengmalm, *Clethrionomys glareolus*, une espèce forestière, est souvent sélectionnée dans une proportion moindre que des espèces du genre *Microtus*, qui fréquentent les milieux plus dégagés des lisières forestières (Korpimäki 1981). La proportion relative des différentes espèces dans l'alimentation des nyctales est susceptible de varier saisonnièrement, principalement dû à des variations dans le couvert de neige qui abrite les micromammifères de la prédation et qui peut varier d'un habitat à l'autre (Sonerud 1986). Il est donc possible que, à l'intérieur des territoires fréquentés par les nyctales, le phénacomys fréquente des microhabitats où la neige fond plus rapidement et où il devient ainsi par moment plus vulnérable à la prédation.

#### *Incidence des feux de forêt sur le projet*

Les feux de forêt ont été particulièrement abondants sur l'ensemble du territoire québécois en 2005. Celui qui a été observé le long de la rivière Natashquan, à l'intérieur des limites de la zone d'entraînement, représente le feu le plus à l'est qui ait touché le Québec cette année (figure 4). La superposition des localisations GPS de nos nichoirs et des limites numérisées de ce feu de forêt permet d'estimer à près de 50 le nombre de nichoirs qui ont été touchés.

Dans l'éventualité où il serait jugé pertinent de poursuivre le projet, il serait bon de maintenir un nombre équivalent de nichoirs dans la zone d'entraînement et le secteur témoin. Il faudrait donc envisager la possibilité de remplacer les nichoirs brûlés par un nombre équivalent de nichoirs dans un secteur non touché par le feu. Idéalement, ces nouveaux nichoirs devraient être installés dans des habitats semblables à ceux retrouvés le long des rivières Natashquan et Aguanish, et en bordure d'un cours d'eau navigable pour en favoriser l'accès et la visite. Parmi les cours d'eau présents à proximité de nos aires d'étude, la rivière Natashquan Ouest (aussi appelée rivière Cormier par les gens de Natashquan) est l'une des rares à être facilement navigable et les habitats rencontrés sur ses rives sont très semblables à ceux où le réseau de nichoirs est déjà installé. Seule la

partie aval, près de la jonction avec le cours principal de la rivière Natashquan, présente des peuplements de feuillus issus d'anciens feux qui ne conviendraient pas. Les nichoirs de remplacement pourraient donc être installés facilement vers l'amont, au-delà de la limite de ces peuplements feuillus.

## CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Il est évident que notre étude de l'alimentation des nyctales de Tengmalm dans la région de Natashquan est basée sur un nombre relativement faible de nichoirs (et donc d'individus) et que les données n'ont été récoltées qu'au cours d'une seule saison. L'analyse des contenus de nichoirs récoltés en 2003 et 2004 dans la région de Sept-Îles pourra éventuellement permettre de préciser ces connaissances. Malgré ces limitations, les résultats obtenus mettent en évidence la grande dépendance de la nyctale de Tengmalm pour deux principales espèces qui semblent connaître des variations cycliques marquées de leurs populations. Il est évident qu'un crash de ces populations a eu lieu en 2005 et que ce phénomène a empêché les nyctales de nicher.

En Scandinavie, des proportions importantes de nyctales reprennent généralement la nidification dès l'année qui suit un tel crash. Il serait présomptueux d'affirmer que les mêmes conditions favorisant une reprise aussi rapide de la nidification existent aussi au Québec, mais il serait relativement facile de le vérifier à peu de frais. Comme les mêmes conditions semblent prévaloir dans la région de Sept-Îles et de Natashquan, une visite des nichoirs du réseau de Sept-Îles en avril 2006 permettrait d'obtenir rapidement une idée de la reprise ou non de la nidification par les nyctales. Comme ce réseau est établi en bordure d'une route, la visite de ce réseau est relativement facile et peut se réaliser à peu de frais. Dans l'éventualité où les vols à basse altitude seraient maintenus en nombres suffisants et que la poursuite des travaux d'évaluation des impacts sur la faune des vallées fluviales était jugée nécessaire, les résultats obtenus pour le réseau de nichoirs de Sept-Îles permettrait d'orienter les travaux. Ainsi, s'il s'avérait que le taux d'occupation des nichoirs de Sept-Îles était jugé suffisant, le suivi du réseau de nichoirs des rivières Natashquan et Aguanish pourrait être repris dès le mois de mai 2006, période où les rivières deviennent praticables pour effectuer les visites en embarcation. Dans le cas contraire, le même processus pourrait être répété en 2007.

Finalement, si la poursuite des travaux était souhaitée, il faudrait envisager la possibilité de remplacer les nichoirs brûlés en 2005 par un nombre équivalent de nichoirs le long

d'une section de rivière accessible dans la même région. Et même si les vols à basse altitude n'étaient pas maintenus, il faut quand même souligner que le dispositif et les méthodes mis au point dans le cadre de ce projet demeurent tout à fait exportables. Ils pourraient effectivement être utilisés dans tout autre projet visant à évaluer les effets de différentes activités anthropiques sur la nyctale de Tengmalm. Dans ce contexte, avant de songer à reproduire un tel dispositif ailleurs, il pourrait être intéressant de vérifier l'efficacité des dispositifs anti-prédateurs installés sur nos nichoirs afin d'apporter au besoin les correctifs requis pour maximiser les chances de réussite.

## REMERCIEMENTS

Je remercie Bruno Baillargeon et Raymond Mc Nicoll de la Direction de la recherche sur la faune (MRNF), Richard Audy et Alain Chenel de la Direction de l'aménagement de la faune de la Côte-Nord (MRNF), ainsi que Jean Wapistan de la communauté Innu de Natashquan pour leur participation aux travaux de terrain. Philippe Beaupré, Raymond Mc Nicoll et Sylvain St-Onge de la Direction de la recherche sur la faune (MRNF) ont effectué les travaux d'identification des micromammifères capturés et les travaux de nettoyage et d'identification des restes de proies contenus dans les nichoirs. Finalement, Nathalie Tessier, de ConservAction ACGT Inc., a procédé à l'identification génétique des spécimens du genre *Peromyscus*.

L'Institut pour la surveillance et la recherche environnementales et le Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, secteur Faune Québec, ont assuré le financement du projet.

**LISTE DES RÉFÉRENCES**

- Allredge, J. R. and J. T. Ratti. 1992. Further comparison of some statistical techniques for analysis of resource selection. *Journal of Wildlife Management* 56:1-9.
- Bannon, P., S. Denault, Y. Aubry et N. David. 2005. Observations saisonnières, hiver 2004-2005 - Incursion sans précédent de chouettes lapones. *QuébecOiseaux* 17:43.
- Bannon, P., O. Barden, N. David, S. Denault et Y. Aubry. 2006. Observations saisonnières, printemps 2005. *QuébecOiseaux* 18:43.
- Bortolotti, G.R., R.D. Dawson, and G.L. Murza. 2002. Stress during feather development predicts fitness potential. *Journal of Animal Ecology* 71:333-342.
- Boutin, S., C.J. Krebs, and R. Boonstra. 1995. Population changes of the vertebrate community during a snowshoe hare cycle in Canada boreal forest. *Oikos* 74:69-80.
- Catling, P.M. 1972. A study of the boreal owl in southern Ontario with particular reference to the irruption of 1968-69. *Canadian Field-Naturalist* 86:223-232.
- Cheveau, M. P. Drapeau L. Imbeau and Y. Bergeron. 2004. Owl winter irruptions as an indicator of small mammal population cycles in the boreal forest of eastern North America. *Oikos* 107:190-198.
- Earheart, C.M. and N.K. Johnson. 1970. Size dimorphism and food habits of North American owls. *Condor* 72:251-264.
- Errington, P.L. 1932. Food habits of southern Wisconsin raptors, part I. Owls. *Condor* 34:176-186.
- Fitch, H.S. 1947. Predation by owls in the Sierran foothills of California. *Condor* 49: 137-151.
- Foster, J.B. 1961. Life history of the phenacomys vole. *Journal of Mammalogy* 42:181-198.
- Fryxell, J.M., J.B. Falls, E.A. Falls and R.J. Brooks. 1998. Long-term dynamics of small mammal populations in Ontario. *Ecology* 79:213-225.
- Gross, A.O. 1944. Food of the snowy owl. *Auk* 61:1-18.
- Guénette, J.-S. 2005. Sud du Québec – Invasion de chouettes lapones. *QuébecOiseaux* 16:6.
- Hamilton, W.J. 1941. A note on the food of the western burrowing owl. *Condor* 43:74.

- Hanski, I., L. Hansson, and H. Henttonen. 1991. Specialist predators, generalist predators, and the microtine rodent cycle. *Journal of Animal Ecology* 60:353-367.
- Hanski, I., H. Henttonen, E. Korpimäki, L. Oksanen and P. Turchin. 2001. Small-rodent dynamics and predation. *Ecology* 82:1505-1520.
- Hansson, L. and H. Henttonen. 1985. Gradients in density variations of small rodents: the importance of latitude and snow cover. *Oecologia* 67:394-402.
- Hayward, G. D. and P. H. Hayward. 1993. Boreal Owl (*Aegolius funereus*). *The Birds of North America*, No. 63 (A. Poole and F. Gill, Eds). Academy of Natural Sciences, Philadelphia, and American Ornithologists' Union, Washington DC .
- Hayward, G.D., P.H. Hayward and H.O. Garton. 1993. Ecology of boreal owls in the northern Rocky Mountains, USA. *Wildlife Monographs* 124:1-59.
- Hayward, G.D., R.K. Steihorst and P.H. Hayward. 1992. Monitoring boreal owl populations with nest boxes: sample size and cost. *Journal of Wildlife Management* 56:777-785.
- Henttonen, H., A.D. McGuire and L. Hansson. 1985. Comparisons of amplitudes and frequencies (spectral analyses) of density variations in long-term data sets of *Clethrionomys* species. *Annales Zoologici Fennici* 22:221-227.
- Hörnfeldt, B. 1978. Synchronous population fluctuations in voles, small game, owls, and tularemia in northern Sweden. *Oecologia* 32:141-152.
- Hörnfeldt, B., and U. Eklund. 1990. The effect of food on laying date and clutch-size in Tengmalm's owl *Aegolius funereus*. *Ibis* 132:395-406.
- Hörnfeldt, B., B.-G. Carlsson, O. Löfgren and U. Eklund. 1990. Effects of cyclic food supply on breeding performance in Tengmalm's owl. *Canadian Journal of Zoology* 68:522-530.
- Huitu, O., K. Norrdahl and E. Korpimäki. 2003. Landscape effects on temporal and spatial properties of vole population fluctuations. *Oecologia* 135:209-220.
- Korpimäki, E. 1981. On the ecology and biology of Tengmalm's owl (*Aegolius funereus*) in southern Ostrobothnia and Suomenselkä, western Finland. *Acta, Universitatis Oulouensis, Series A, Scientiae Rerum Naturalium* No. 118, *Biologica* No. 13.
- Korpimäki, E. 1985. Clutch size and breeding success in relation to nest-box size in Tengmalm's owl *Aegolius funereus*. *Holarctic Ecology* 8:175-180.
- Korpimäki, E. 1987. Clutch size, breeding success and brood size experiments in Tengmalm's owl *Aegolius funereus*: a test of hypotheses. *Ornis Scandinavica* 18:277-284.

- Korpimäki, E. 1988. Effects of territory quality on occupancy, breeding performance and breeding dispersal in Tengmalm's owl. *Journal of Animal Ecology* 57:97-108.
- Korpimäki, E. 1994. Rapid or delayed tracking of multi-annual vole cycles by avian predators? *Journal of Animal Ecology* 63:619-628.
- Korpimäki, E., P.R. Brown, J. Jacob and R.P. Pech. 2004. The puzzles of population cycles and outbreaks of small mammals solved? *BioScience* 54:1071-1079.
- Krebs, C.J. and I. Wingate. 1976. Small mammal communities of the Kluane Region Yukon Territory. *Canadian Field-Naturalist* 90:379-389.
- Krebs, C.J., R. Boonstra, S. Boutin and A.R.E. Sinclair. 2001. What drives the 10-year cycle of snowshoe hares? *Bioscience* 51:25-35.
- Löfgren, O., B. Hörnfeldt and B.G. Carlsson. 1986. Site tenacity and nomadism in Tengmalm's owl (*Aegolius funereus* (L.)) in relation to cyclic food production. *Oecologia* 69:321-326.
- Lupien, G. 2001. Recueil photographique des caractéristiques morphologiques servant à l'identification des micromammifères. Volume I – Insectivores. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de l'aménagement de la faune du Saguenay/Lac Saint-Jean, Jonquière, 23 pages.
- Lupien, G. 2002. Recueil photographique des caractéristiques morphologiques servant à l'identification des micromammifères. Volume II – Rongeurs. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de l'aménagement de la faune du Saguenay/Lac Saint-Jean, Jonquière, 26 pages.
- Machmer, M.M., H. Esselink, C. Steeger and R.C. Ydenberg. 1992. The occurrence of fault bars in the plumage of nestling ospreys. *Ardea* 80:261-272.
- Maisonneuve, C. 2004. Étude des écosystèmes des vallées fluviales – Composante sur la nyctale de Tengmalm. Rapport d'étape, travaux effectués en 2003. Institut pour la surveillance et la recherche environnementales et Société de la faune et des parcs du Québec.
- Maisonneuve, C. 2005. Étude des écosystèmes des vallées fluviales – Composante sur la nyctale de Tengmalm. Rapport d'étape, travaux effectués en 2004. Institut pour la surveillance et la recherche environnementales et Ministère des Ressources naturelles et de la Faune.
- Marcum, C.L. and D.O. Loftsgaarden. 1980. A nonmapping technique for studying habitat preferences. *Journal of Wildlife Management* 44:963-968.
- Martell, A.M. 1983. Changes in small mammal communities after logging in north-central Ontario. *Canadian Journal of Zoology* 61:970-980.

- Marti, C.D. 1976. A review of prey selection in the long-eared owl. *Condor* 78:331-336.
- Marti, C.D. 1987. Raptor food habit studies. Pages 67-79 *In* B.A. Giron Pendleton, B.A. Millsap, K.W. Cline, and D.M. Bird (eds.), Raptor management techniques manual. National Wildlife Federation, Washington, DC.
- Millar, J.S., D.G.L. Innes and V.A. Loewen. 1985. Habitat use by non-hibernating small mammals of the Kananaskis Valley, Alberta. *Canadian Field-Naturalist* 99:196-204.
- Miller, R. 1966. Simultaneous statistical inference. McGraw-Hill Book Company, New York. 272 pages.
- Mossop, D.H. 1997. The importance of old growth refugia in the Yukon boreal forest to cavity-nesting owls. Pages 584-586 *In* Biology and conservation of owls of the northern hemisphere. J.R. Duncan, D.H. Johnson and T.H. Nicholls (Eds.). USDA Forest Service General Technical Report NC-190.
- Naylor, B.J., J.F. Bendell and S. Spires. 1985. High density of heather voles, *Phenacomys intermedius*, in jack pine, *Pinus banksiana*, forests in Ontario. *Canadian Field-Naturalist* 99:494-497.
- Negro, J.J., K.L. Bildstein and D.M. Bird. 1994. Effects of food deprivation and handling stress on fault-bar formation in nestling American kestrels. *Ardea* 82:263-267.
- Nelson, L., Jr. and F.W. Clark. 1973. Correction for sprung traps in catch\effort calculations of trapping results. *Journal of Mammalogy* 54:295-298 .
- Pitelka, F.A., P.Q. Tomich and G.W. Treichel. 1955. Ecological relations of jaegers and owls as lemming predators near Barrow, Alaska. *Ecological Monographs* 25:85-117.
- Ravussin, P.-A., D. Trolliet, L. Willenegger, D. Béguin et G. Matalon. 2001. Choix du site de nidification chez la chouette de Tengmalm *Aegolius funereus* : influence des nichoirs. Actes du 39<sup>e</sup> colloque interrégional d'ornithologie, Nos Oiseaux, suppl. 5:41-51.
- Rivard, A. et B. Drolet (éds.). 2005. Rapport d'opérations de la saison 2004. Observatoire d'oiseaux de Tadoussac, Corporation Explos-Nature. Les Bergeronnes, Québec.
- Ryder, R.A., D.A. Palmer and J.J. Rawinski. 1987. Distribution and Status of the Boreal Owl in Colorado. USDA Forest Service General Technical Report RM-142: 169-174.
- Sheftel, B.I. 1989. Long-term and seasonal dynamics of shrews in Central Siberia. *Annales Zoologici Fennici* 26:357-369.

- Simon, N.P.P., F.E. Schwab, E.M. Baggs and G.I. McT. Cowan. 1998. Distribution of small mammals among successional and mature forest types in western Labrador. *Canadian Field-Naturalist* 112:441-445.
- Sonerud, G.A. 1986. Effect of snow cover on seasonal changes in diet, habitat, and regional distribution of raptors that prey on small mammals in boreal zones of Fennoscandia. *Holarctic Ecology* 9:33-47.
- Stewart, P.A. 1969. Prey in two screech owl nests. *Auk* 86:141.
- Systat Software Inc. 2004. SYSTAT<sup>®</sup>. Version 11.0 computer program. Systat Software Inc. Richmond, California.
- Tessier, N., S. Noël and J.-F. Lapointe. 2004. A new method to discriminate the deer mouse (*Peromyscus maniculatus*) from the white-footed mouse (*Peromyscus leucopus*) using species-specific primers in multiplex PCR. *Canadian Journal of Zoology* 82:1832-1835.
- Thomas, P.W. 1999. The effects of low-level military aircraft on the reproductive output of Osprey in Labrador and northeastern Québec. M. Sc. Thesis, Department of Natural Resource Sciences, McGill University, Montréal.
- Trimper, G.P., N.M. Standen, L.M. Lye, D. Lemon, T.E. Chubbs and G.W. Humphries. 1998a. Effects of low-level jet aircraft noise on the behaviour of nesting osprey. *Journal of Applied Ecology* 35:122-130.
- Trimper, P.G., T.E. Chubbs, N. Standen and G.W. Humphries. 1998b. Effects of intensive aircraft activity on the behaviour of nesting osprey. *In* N.L. Carter and R.F. Soames Job (Eds.). 7th International Congress on Noise and Public Health Problem, Sydney, Australia.
- Whitman, J.S. 2001. Diets of nesting boreal owls, *Aegolius funereus*, in western interior Alaska. *Canadian Field-Naturalist* 115:476-479.
- Whitney, P. and D. Feist. 1984. Abundance and survival of *Clethrionomys rutilus* in relation to snow cover in a forested habitat near College, Alaska. Pages 113-120 *In* Merritt, J.F. (ed.), Winter ecology of small mammals. Special Publication number 10. Carnegie Museum of Natural History, Pittsburgh, Pennsylvania, USA.
- Wilson, D.E., C.J. Krebs and T. Sinclair. 1999. Limitation of collared lemming populations during a population cycle. *Oikos* 87:382-398.

Tableau 1. Abondance et espèces de micromammifères capturées dans et hors de la zone d'entraînement militaire (ZEM) dans des pessières fermées situées le long de la rivière Natashquan, juillet 2005

|                                                                | ZEM      | Témoin    | Total     |
|----------------------------------------------------------------|----------|-----------|-----------|
| Campagnol à dos roux de Gapper<br><i>Clethrionomys gapperi</i> | 3        | 12        | 15        |
| Souris sylvestre<br><i>Peromyscus maniculatus</i>              | 0        | 2         | 2         |
| Condylure étoilé<br><i>Condylura cristata</i>                  | 1        | 0         | 1         |
| Musaraigne cendrée<br><i>Sorex cinereus</i>                    | 4        | 10        | 14        |
| <b>TOTAL</b>                                                   | <b>8</b> | <b>24</b> | <b>32</b> |

Tableau 2. Identification des restes de proies récupérés dans 12 nichoirs occupés par des nyctales de Tengmalm le long des rivières Natashquan et Aguanish, 2004

|                    |              |                                | <i>n</i>   | %            |
|--------------------|--------------|--------------------------------|------------|--------------|
| Mammifères         |              |                                |            |              |
|                    | Microtidae   |                                |            |              |
|                    | Arvicolinae  | <i>Clethrionomys gapperi</i>   | 98         | 35,5         |
|                    |              | <i>Phenacomys intermedius</i>  | 55         | 19,9         |
|                    |              | <i>Synaptomys borealis</i>     | 11         | 4,0          |
|                    |              | <i>Microtus pennsylvanicus</i> | 3          | 1,1          |
|                    |              | Non identifié                  | 104        | 36,7         |
|                    |              | Sous-total                     | <b>271</b> | <b>98,2</b>  |
|                    | Neotominae   | <i>Peromyscus maniculatus</i>  | 1          | 0,4          |
|                    |              | Sous-total                     | <b>1</b>   | <b>0,4</b>   |
|                    | Soricidae    | <i>Sorex</i> spp.              | 2          | 0,7          |
|                    |              | Sous-total                     | 2          | 0,7          |
|                    | <b>Total</b> |                                | <b>274</b> | <b>99,3</b>  |
| Amphibiens         | Ranidae      | <i>Rana</i> sp.                | 1          | 0,4          |
| Insectes           | Odonata      | Aeshnoidae                     | 1          | 0,4          |
| <b>Grand total</b> |              |                                | <b>276</b> | <b>100,0</b> |

Tableau 3. Disponibilité et utilisation observée et attendue des différentes espèces de micromammifères par les nyctales de Tengmalm, 2004

| Espèce                        | Abondance relative lors du piégeage (disponibilité) | Nombre de spécimens dans les nichoirs (utilisation) |         | Intervalle de confiance 95 %     |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------|----------------------------------|
|                               |                                                     | Observé                                             | Attendu |                                  |
| <i>Clethrionomys gapperi</i>  | 85,2 %                                              | 98                                                  | 137     | 0,20 – 0,35                      |
| <i>Phenacomys intermedius</i> | 7,5 %                                               | 55                                                  | 20      | <b>-0,32 – -0,18<sup>a</sup></b> |
| <i>Synaptomys borealis</i>    | 2,5 %                                               | 11                                                  | 5       | -0,08 – 0,00                     |
| Autres rongeurs               | 2,1 %                                               | 4                                                   | 4       | -0,03 – 0,02                     |
| <i>Sorex</i> spp.             | 2,7 %                                               | 2                                                   | 4       | -0,01 – 0,03                     |

<sup>a</sup> Un intervalle de confiance dont les deux extrêmes sont négatifs indique que l'espèce est sélectionnée (Marcum et Loftsgaarden 1980)

Tableau 4. Composition (%) de l'alimentation de la nyctale de Tengmalm pendant la saison de reproduction dans différentes régions de l'Amérique du Nord.

|                                | Québec <sup>a</sup><br>(n = 276) | Colorado <sup>b</sup><br>(n = 72) | Montana,<br>Idaho,<br>Wyoming <sup>c</sup><br>(n = 672) | Alaska <sup>d</sup><br>(n = 778) |
|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------|
| <b>Mammifères</b>              |                                  |                                   |                                                         |                                  |
| <i>Clethrionomys gapperi</i>   | 36                               | 54                                | 31                                                      |                                  |
| <i>Clethrionomys rutilus</i>   |                                  |                                   |                                                         | 48                               |
| <i>Phenacomys intermedius</i>  | 20                               |                                   | 4                                                       |                                  |
| <i>Synaptomys borealis</i>     | 4                                |                                   |                                                         |                                  |
| <i>Microtus pennsylvanicus</i> | 1                                |                                   |                                                         | 42                               |
| <i>Microtus longicaudus</i>    |                                  | 13                                |                                                         |                                  |
| <i>Microtus montanus</i>       |                                  | 13                                |                                                         |                                  |
| <i>Microtus richardsoni</i>    |                                  |                                   | tr                                                      |                                  |
| <i>Microtus xanthognathus</i>  |                                  |                                   |                                                         | 4                                |
| <i>Lemmus sibiricus</i>        |                                  |                                   |                                                         | tr                               |
| Campagnols non identifiés      | 37                               | 6                                 | 9                                                       |                                  |
| <i>Peromyscus maniculatus</i>  | tr                               | 1                                 | 6                                                       |                                  |
| <i>Sorex</i> spp.              | tr                               | 6                                 | 11                                                      | 3                                |
| <i>Thomomys talpoides</i>      |                                  |                                   | 10                                                      |                                  |
| <i>Glaucomyssabrinus</i>       |                                  |                                   | tr                                                      |                                  |
| <i>Tamias amoenus</i>          |                                  |                                   | 2                                                       |                                  |
| <i>Zapus princeps</i>          |                                  |                                   | 2                                                       |                                  |
| <i>Zapus hudsonius</i>         |                                  |                                   |                                                         | tr                               |
| <i>Ochonota princeps</i>       |                                  |                                   | tr                                                      |                                  |
| <i>Neotoma cinerea</i>         |                                  |                                   | tr                                                      |                                  |
| <i>Lepus americanus</i>        |                                  |                                   |                                                         | tr                               |
| <i>Mustela</i> spp.            |                                  |                                   | tr                                                      |                                  |
| Total mammifères               | 98                               | 93                                | 77                                                      | 97                               |
| Oiseaux                        |                                  | 7                                 | 5                                                       | 3                                |
| Amphibiens                     | tr                               |                                   |                                                         |                                  |
| Insectes                       | tr                               |                                   | 18                                                      |                                  |

<sup>a</sup> Notre étude<sup>b</sup> Ryder *et al.* 1987<sup>c</sup> Hayward *et al.* 1993<sup>d</sup> Whitman 2001

Tableau 5. Succès de capture (nombre/100 nuits-pièges) du phénacomys répertorié dans différentes études réalisées au Canada

| Succès de capture<br>(/100 nuits-pièges) |       | Région   | Étude                     |
|------------------------------------------|-------|----------|---------------------------|
| Maximum                                  | Moyen |          |                           |
| 2,96                                     | --    | Manitoba | Foster 1961               |
| 0,22                                     | 0,06  | Yukon    | Krebs et Wingate 1976     |
| 3,6                                      | 0,9   | Ontario  | Martell 1983              |
| 1,17                                     | 0,46  | Alberta  | Millar <i>et al.</i> 1985 |
| 9,59                                     | 1,83  | Ontario  | Naylor <i>et al.</i> 1985 |
| 1,25                                     | 0,18  | Labrador | Simon <i>et al.</i> 1998  |
| 9,97                                     | 2,09  | Québec   | Notre étude               |

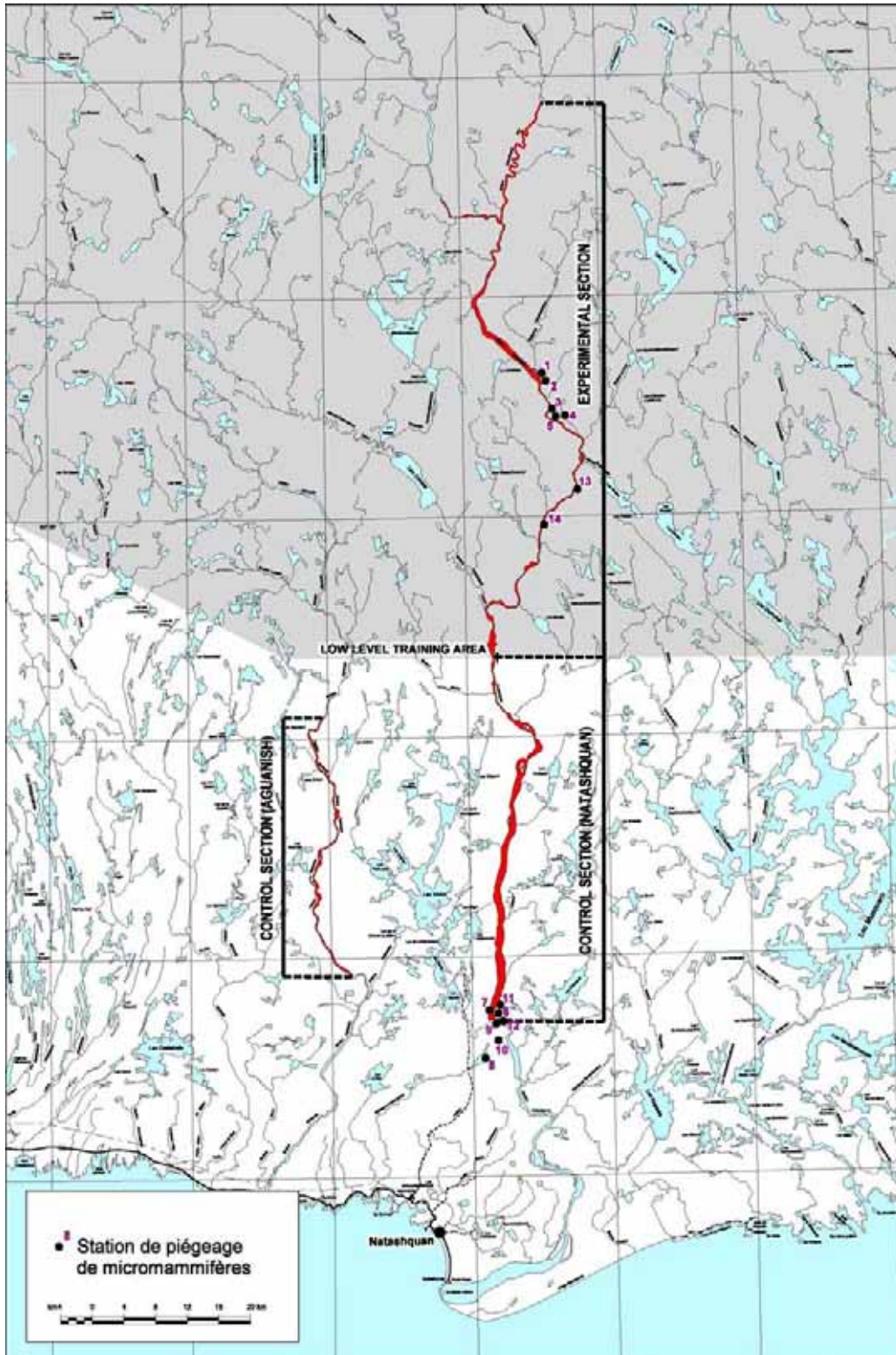


Figure 1. Localisation des sections de rivières à l'étude et des stations de piégeage de micromammifères.

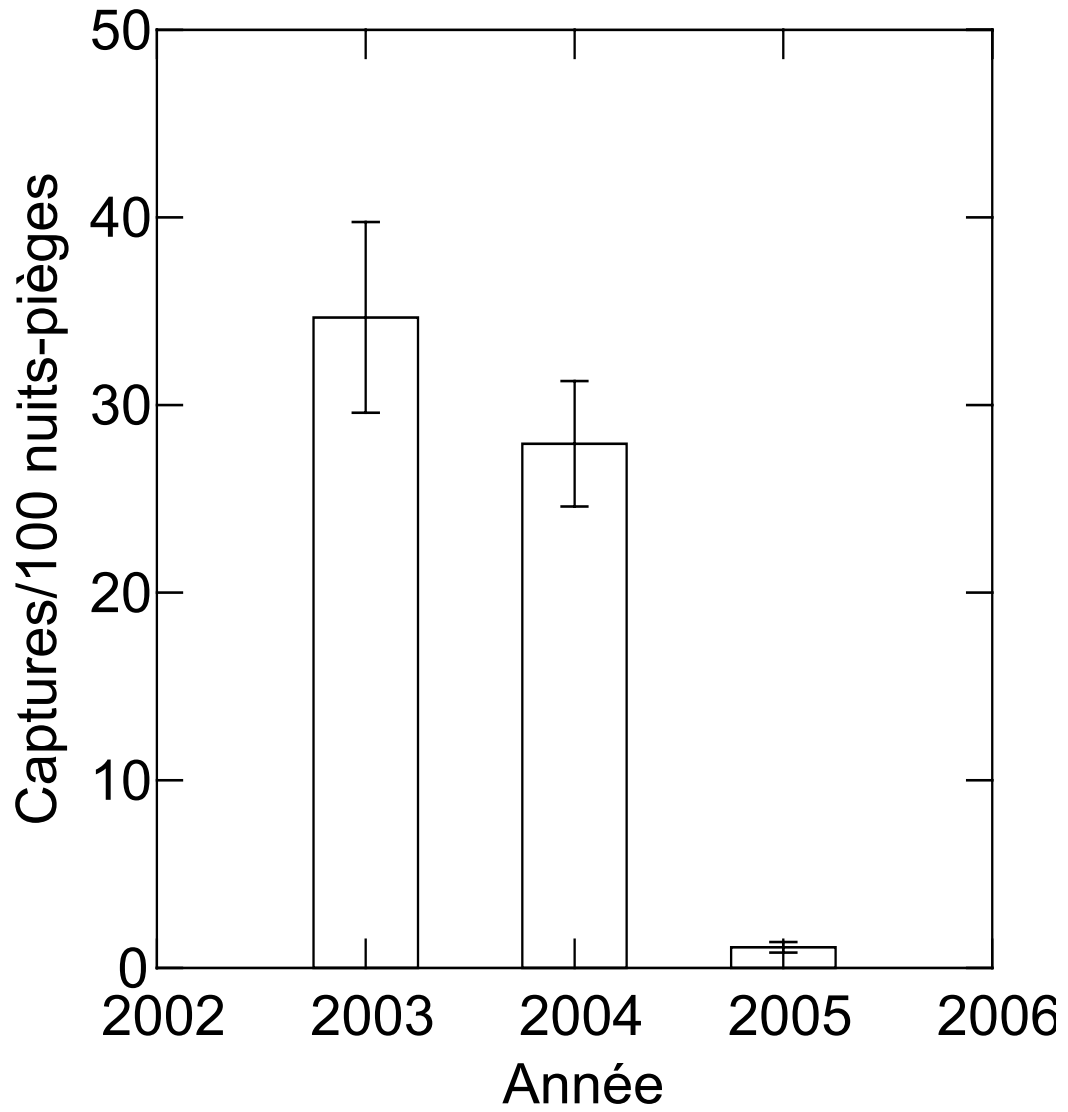


Figure 2. Succès de capture de micromammifères sur l'ensemble des 10 sites de piégeage situés dans des pessières fermées le long de la rivière Natashquan

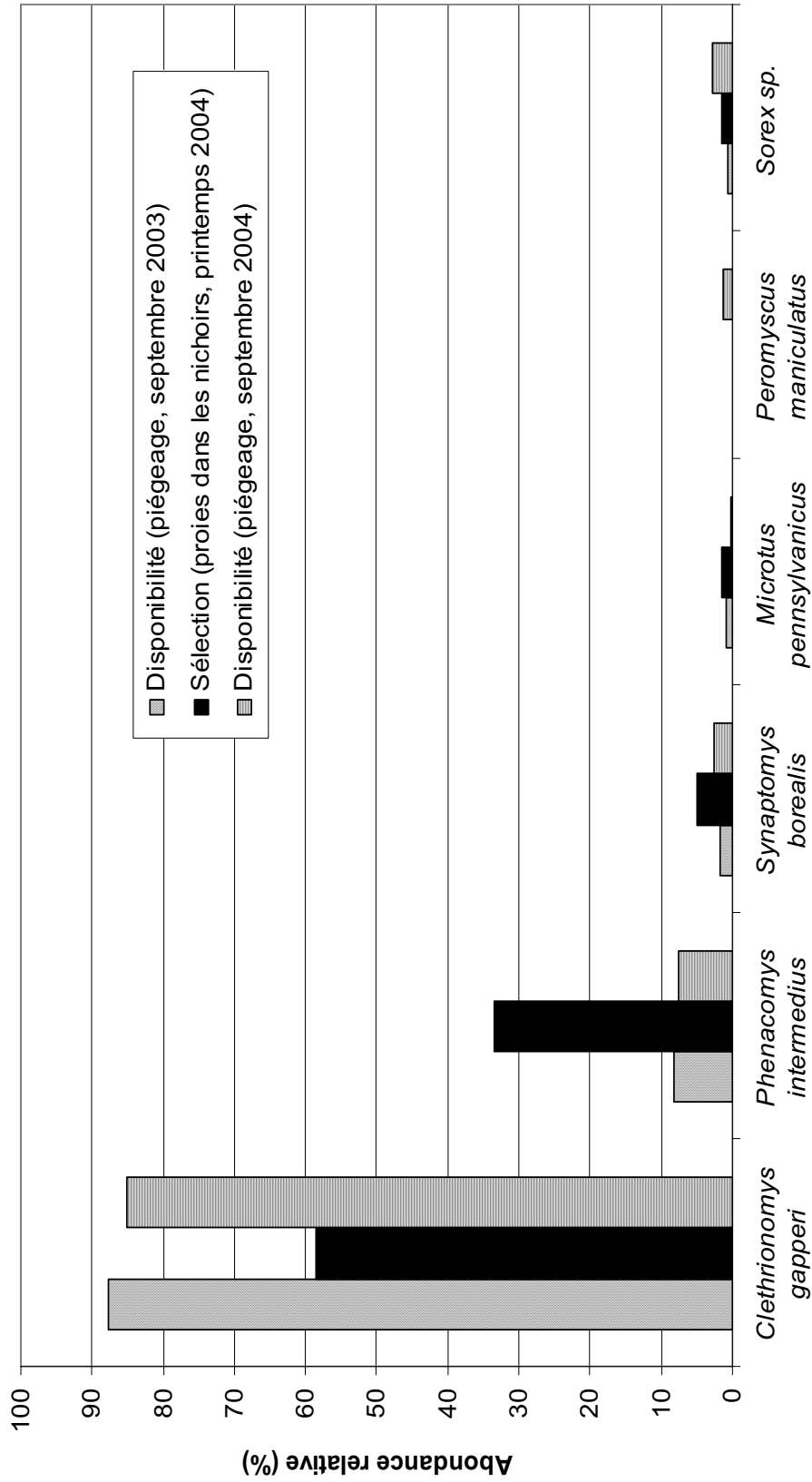


Figure 3. Abondance relative des différentes espèces de micromammifères identifiées parmi les restes de proies retrouvées dans les nichoirs occupés par les nyctales de Tengmalm au printemps 2004, ainsi que parmi les spécimens récoltés lors des campagnes de piégeage réalisées en septembre 2003 et 2004.

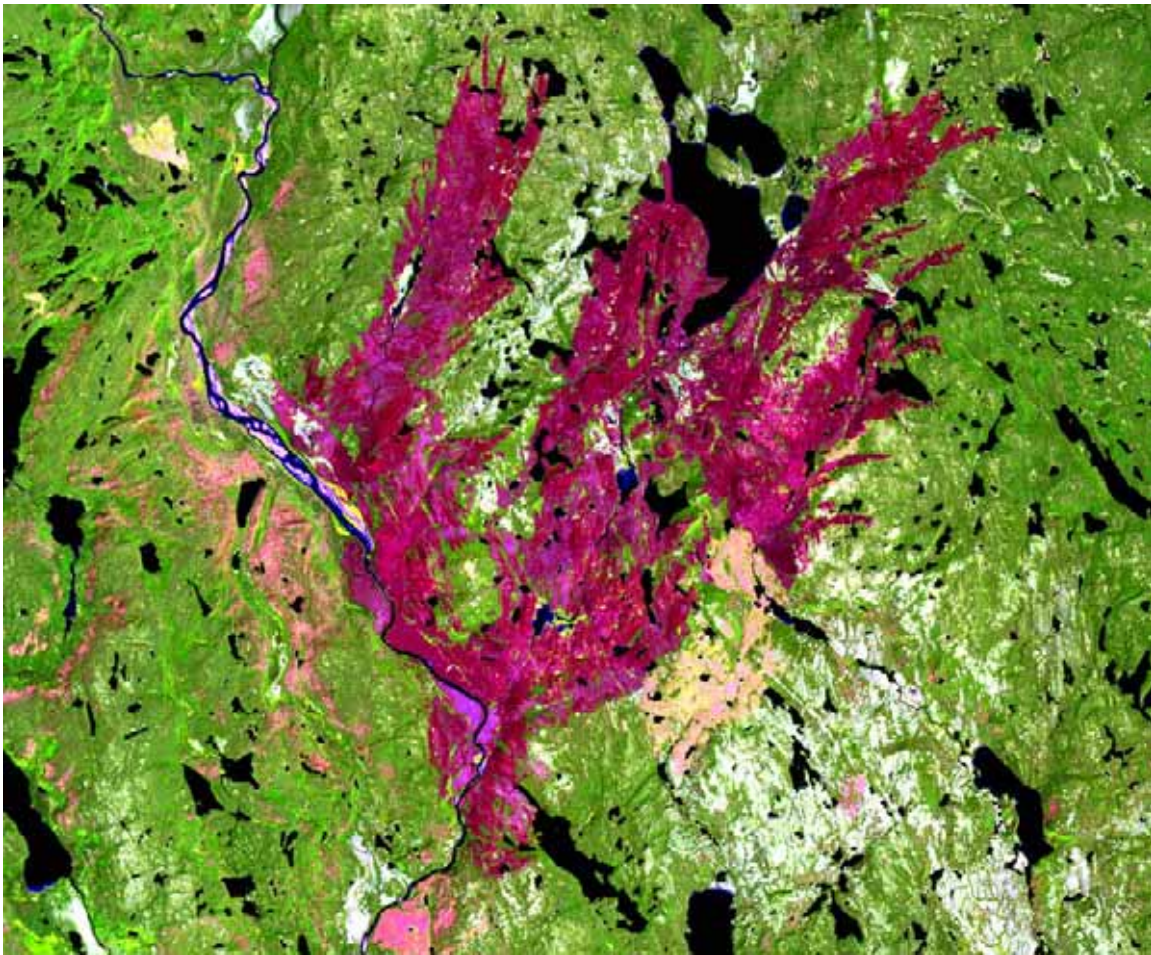


Figure 4. Limites du feu de forêt ayant touché le secteur de la rivière Natashquan au cours de l'été 2005 (source : Direction des inventaires forestiers, Ministère des Ressources naturelles de la Faune).