Tendance des effectifs nicheurs de Canard noir et de Canard colvert au Québec méridional 1985-1995

Daniel Bordage[1] et Nathalie Plante[2]

SÉRIE DE RAPPORTS TECHNIQUES N° 300
Région du Québec 1997
Service canadien de la faune

SK
470
T42
No.300

[1]Environnement Canada, Service canadien de la faune, 1141, route de l'Église, C.P. 10100, Sainte-Foy (Québec), G1V 4H5
Adresse électronique : daniel.bordage@ec.gc.ca

[2]Environnement Canada, Service canadien de la faune, 1141, route de l'Église, C.P. 10100, Sainte-Foy (Québec), G1V 4H5
Adresse électronique : nathalie.plante@ec.gc.ca

© Ministre des Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, 1997
N° de catalogue : CW69-5/300F
ISBN 0-662-82410-5

Citation recommandée :

Bordage, D. et N. Plante. 1997. Tendance des effectifs nicheurs de Canard noir et de Canard colvert au Québec méridional 1985-1995. Série de rapports techniques n° 300, Service canadien de la faune, région du Québec, Environnement Canada, Sainte-Foy, Québec.

Pour obtenir une copie de ce rapport, veuillez écrire ou téléphoner à :

Environnement Canada
Service canadien de la faune
1141, route de l'Église, C.P. 10100
Sainte-Foy (Québec)
G1V 4H5
Téléphone : 418-648-7225

Pour suivre les actions du Plan conjoint sur le Canard noir au Québec, veuillez consulter le site Internet suivant :

http://www.wul.qc.doe.ca/faune/html/scf-pccn.html

Résumé

Suite au déclin observé dans les populations hivernantes de Canard noir depuis une trentaine d'années, des restrictions supplémentaires sont imposées à la récolte de Canard noir en 1983 aux États-Unis, puis en 1984 au Canada. L'objectif de ces restrictions était de favoriser le rétablissement des effectifs continentaux de l'espèce. Dans le cadre du Plan conjoint sur le Canard noir, un programme de suivi des couples nicheurs est instauré en 1985 pour vérifier l'impact de ces nouvelles restrictions. Au Québec, des inventaires expérimentaux en hélicoptère sont d'abord réalisés de 1985 à 1989 dans un secteur de 100 000 km^2 dans la région de Chibougamau. Puis, de 1990 à 1995, des inventaires sont réalisés dans l'ensemble du Québec méridional sur une superficie d'environ 535 000 km^2. Ces inventaires révèlent que les effectifs nicheurs de Canard noir dans la région de Chibougamau augmentent significativement de 1985 à 1989 ($P = 0{,}0001$), passant d'une densité moyenne de 4,68 couples observés par 100 km^2 (SE = 0,34) à 8,93 couples par 100 km^2 (SE = 0,65). Selon un modèle tenant compte de la durée d'inventaire, la hausse annuelle relative du nombre de couples estimée à 8,7 % (ou à 39 % en 4 ans) s'avère constante d'une année à l'autre ($P < 0{,}05$). Pour la période de 1990 à 1995, le nombre de couples nicheurs de Canard noir au Québec méridional subit une baisse significative ($P = 0{,}0001$) de l'ordre de 11,2 % annuellement (ou 45 % en 5 ans). Pendant cette période, les densités moyennes de couples observés par 100 km^2 passent de 14,33 (SE = 1,26) en 1990 à 8,63 (SE = 0,73) en 1995. Une modélisation des données couvrant les 11 années d'inventaire dans la région de Chibougamau révèle finalement que le nombre de couples de Canard noir, après une augmentation significative de 1985 à 1989, diminue par la suite pour se trouver en 1995 à un niveau inférieur à celui observé au début du programme de suivi en 1985. Outre la chasse, le Canard colvert a aussi été identifié comme un facteur pouvant contribuer au déclin des populations de Canard noir via des mécanismes d'hybridation et de compétition. Les inventaires dans la région de Chibougamau montrent que le nombre de couples de Canard colvert augmente significativement de 1985 à 1989 ($P = 0{,}0001$). Aucune tendance linéaire significative ($P = 0{,}75$), à la hausse ou à la baisse, n'est toutefois observée chez cette espèce de 1990 à 1995 dans l'ensemble du Québec méridional. Le fait que des hausses ou des baisses importantes des effectifs soient notées chez le Canard noir à l'intérieur de quadrats où le Canard colvert est absent, de même que les faibles densités observées de cette dernière espèce, portent à croire que le Canard colvert ne peut être impliqué de façon déterminante dans les changements d'effectifs nicheurs de Canard noir observés dans l'aire d'étude. L'effet des restrictions imposées à la récolte pour favoriser le rétablissement des populations de Canard noir au Canada et aux États-Unis semble donc ne pas avoir produit les résultats escomptés. En effet, 10 ans plus tard, les effectifs nicheurs de Canard noir au Québec sont à un niveau inférieur à celui de 1985. Toutefois, il semble que ces restrictions aient tout de même permis de freiner le déclin des effectifs continentaux observé depuis plusieurs années sur les sites d'hivernage.

Abstract

After a 30-year decline in wintering populations of American Black Duck, additional restrictions were placed on the harvesting of the species, by the United States in 1983, and Canada in 1984, to promote its recovery in North America. Under the Black Duck Joint Venture, a breeding ground monitoring program was set up in 1985 to verify the impact of these new restrictions. In Québec, experimental surveys by helicopter were first carried out from 1985 to 1989 in a 100,000-km^2 sector in the Chibougamau area. From 1990 to 1995, surveys were also conducted throughout southern Québec over an approximately 535,000-km^2 area. These surveys showed that the number of American Black Duck breeding pairs in the Chibougamau area rose significantly between 1985 and 1989 ($P = 0.0001$), from a mean of 4.68 pairs per 100 km^2 (SE = 0.34) to 8.93 pairs per 100 km^2 (SE = 0.65). According to a model that factors in survey length, the relative annual increase in number of pairs — estimated at 8.7% (or 39% in four years) — was constant from one year to the next ($P < 0.05$). The situation proved different between 1990 and 1995, when the number of breeding pairs in southern Québec dropped significantly ($P = 0.0001$) by 11.2% each year (or 45% in five years). During this period, mean densities fell from 14.33 pairs per 100 km^2 (SE = 1.26) in 1990 to 8.63 pairs per 100 km^2 (SE = 0.73) in 1995. Modeling of data from the 11 survey years in the Chibougamau area finally showed that after a significant rise between 1985 and 1989, by 1995 the number of American Black Duck breeding pairs had fallen below the number observed at the beginning of the monitoring program in 1985. Along with hunting, the Mallard has also been identified as a potential contributor to the decline in American Black Duck populations through hybridization and competition. Surveys in the Chibougamau area showed that the number of Mallard pairs increased significantly from 1985 to 1989 ($P = 0.0001$). However, no significant upward or downward linear trend ($P = 0.75$) was observed between 1990 and 1995 in southern Québec as a whole. The fact that major increases and decreases in American Black Duck populations occurred in survey plots where the Mallard was absent, as well as low Mallard densities observed, suggest that the Mallard could not have been the determining factor in the changes in American Black Duck populations seen in the study area. Thus, the harvesting restrictions put in place to promote the species' recovery do not seem to have produced the expected results. Ten years later, breeding populations of American Black Duck are smaller than in 1985. Nevertheless, the additional restrictions seem to have at least checked the continent-wide decline in populations observed for several years on the wintering grounds.

Table des matières

Résumé iii
Abstract iv
Table des matières v
Liste des figures vi
Liste des tableaux vi
1.0 Introduction 1
2.0 Tendance des effectifs nicheurs 1985-1989 2
2.1 Aire d'étude 2
2.2 Méthodes 3
2.2.1 Plan d'échantillonnage 3
2.2.2 Méthodologie d'inventaire 3
2.2.3 Période d'inventaire 4
2.2.4 Notion de couple nicheur 5
2.2.5 Analyse des tendances 6
2.2.5.1 Modèle négligeant l'effet de la durée d'inventaire 7
2.2.5.2 Modèle tenant compte de l'effet de la durée d'inventaire 9
2.3 Résultats 10
2.3.1 Conditions d'inventaire 10
2.3.2 Densité de couples nicheurs 11
2.3.3 Tendance des effectifs nicheurs 12
2.4 Discussion 14
3.0 Tendance des effectifs nicheurs 1990-1995 16
3.1 Aire d'étude 16
3.2 Méthodes 17
3.2.1 Plan d'échantillonnage 17
3.2.2 Méthodologie d'inventaire 17
3.2.3 Période d'inventaire 19
3.2.4 Notion de couple nicheur 20
3.2.5 Analyse des tendances 20
3.3 Résultats 22
3.3.1 Conditions d'inventaire 22
3.3.2 Densité de couples nicheurs 23
3.3.3 Tendance des effectifs nicheurs 23
3.4 Discussion 24
4.0 Tendance des effectifs nicheurs 1985-1995 26
4.1 Aire d'étude 26
4.2 Méthodes 26
4.2.1 Échantillon retenu 26
4.2.2 Analyse des tendances 27
4.3 Résultats 28
4.3.1 Densité de couples nicheurs 28
4.3.2 Tendance des effectifs nicheurs 28
4.4 Discussion 29
5.0 Discussion générale 30
6.0 Conclusion 32
Remerciements 33
Ouvrages cités 34

Liste des figures

Figure 1. Aire d'étude pour la période 1985-1989 37
Figure 2. Aire d'étude pour la période 1990-1995 38
Figure 3. Changement relatif annuel moyen du nombre de couples de Canard noir au Québec méridional (1990-1995) 39
Figure 4. Répartition des couples de Canard noir au Québec méridional (1990-1995) 40
Figure 5. Changement relatif annuel moyen du nombre de couples de Canard colvert au Québec méridional (1990-1995) 41
Figure 6. Répartition des couples de Canard colvert au Québec méridional (1990-1995) 42
Figure 7. Densités annuelles moyennes observées (—) et estimées (- - -) de couples de Canard noir dans l'aire d'étude commune 1985-1995 ; les estimations reposent sur une durée de survol constante de 42,86 min (▲) ou de 84,77 min (■) 43
Figure 8. Densités annuelles moyennes observées (—) et estimées (- - -) de couples de Canard colvert dans l'aire d'étude commune 1985-1995 ; les estimations reposent sur une durée de survol constante de 42,86 min (▲) ou de 84,77 min (■) 43

Liste des tableaux

Tableau 1. Conditions d'observation 1985-1989 44
Tableau 2. Chronologie de la reproduction évaluée lors de l'inventaire aérien du 6 au 9 juillet 1988 44
Tableau 3. Densité annuelle moyenne de couples par 100 km^2 (SE) pour la période 1985-1989 dans la région de Chibougamau 44
Tableau 4. Tendance des effectifs nicheurs (couples) de 1985 à 1989 dans la région de Chibougamau ; seuil observé pour le test de l'effet de l'année et pour le test de tendance linéaire (hausse annuelle relative moyenne entre parenthèses) ; test sur les effets polynomiaux, un « non » signifie que le changement annuel relatif est constant 45
Tableau 5. Conditions d'observation 1990-1995 45
Tableau 6. Densité annuelle moyenne de couples par 100 km^2 (SE) pour la période 1990-1995 au Québec méridional 45
Tableau 7. Tendance des effectifs nicheurs (couples) de 1990 à 1995 au Québec méridional ; seuil observé (baisse annuelle relative moyenne entre parenthèses) 46
Tableau 8. Densité annuelle moyenne de couples par 100 km^2 (SE) pour la période 1990-1995 dans l'aire d'étude commune de la région de Chibougamau 46

1.0 Introduction

La signature du Plan nord-américain de gestion de la sauvagine (PNAGS) par le Canada et les États-Unis en 1986, puis par le Mexique en 1988, marque le début d'une concertation sans précédent sur la problématique des populations continentales de sauvagine. Les objectifs énoncés dans le PNAGS (Anonyme 1986, 1994) visent à assurer aux utilisateurs de la faune des nombres suffisants d'oiseaux et des superficies d'habitats adéquates pour ces derniers. Plus précisément, le PNAGS vise pour l'an 2000 des effectifs continentaux de sauvagine correspondant à ceux enregistrés dans les années 70, ainsi qu'une qualité et une diversité d'habitats de choix permettant de supporter ces populations de sauvagine. Divers plans conjoints spécifiques ou régionaux sont mis de l'avant pour rencontrer les objectifs du PNAGS. Au Québec, on trouve le Plan conjoint des habitats de l'Est (PCHE), le Plan conjoint des oies de l'Arctique (PCOA) et le Plan conjoint sur le Canard noir (PCCN). Ce rapport fait état de travaux d'inventaires réalisés dans le cadre du PCCN. Bien que plusieurs espèces d'oiseaux soient inventoriées, ce rapport se limitera aux résultats relatifs au Canard noir (*Anas rubripes*) et au Canard colvert (*Anas platyrhynchos*).

Avant l'instauration du PCCN, l'inventaire aérien (avion) des populations hivernantes de sauvagine, réalisé annuellement par le U.S. Fish and Wildlife Service (USFWS), constituait le seul suivi des effectifs de sauvagine de l'est de l'Amérique du Nord. Basé sur un survol de transects permanents, il fournissait un indice d'abondance et non une estimation de la population totale. Ce suivi indiquait notamment que les effectifs de Canard noir hivernant dans les voies migratoires de l'Atlantique et du Mississippi avaient diminué d'environ 1 à 3 % annuellement depuis 1955 (Rogers et Patterson 1984, Rusch *et al.* 1989). Passant d'un indice annuel moyen d'environ 560 000 individus en 1955-1964, à 438 000 en 1965-1974, puis à 333 000 en 1975-1984, l'inventaire de 1985 faisait état d'un minimum record de 278 900 individus (Serie 1993).

Le Canard noir est l'espèce de canard la plus abondante au Québec, avec des estimations évaluées à plus de 200 000 couples (Reed 1978), ce qui représente environ le tiers de la population totale. Aussi le Québec est-il intéressé au rétablissement des populations de cette espèce. Le PCCN a identifié trois facteurs pouvant expliquer cette

diminution des effectifs de Canard noir observée depuis plusieurs années : 1) une récolte par les chasseurs sportifs trop importante ; 2) l'hybridation et la compétition avec le Canard colvert ; 3) la perte ou la modification d'habitats. Comme action immédiate pour faciliter le rétablissement des populations de Canard noir, les quotas quotidiens de récolte sont abaissés en 1983 aux États-Unis, puis en 1984 au Canada. Pour suivre l'effet de cette nouvelle réglementation, un programme de suivi des couples est alors amorcé sur les sites de nidification. Ce programme est d'abord testé au Québec, en Ontario et dans les Maritimes, de 1985 à 1989, puis mis en application annuellement, depuis 1990, dans la majeure partie de l'aire continentale de nidification de l'espèce.

Au Québec, les inventaires de la période 1985-1989 sont réalisés dans la région de Chibougamau. À partir de 1990, la méthode d'inventaire est appliquée à l'ensemble du Québec méridional, excluant la plaine agricole et les rives du Saint-Laurent. Nous présenterons les résultats de ces inventaires pour chacune des deux périodes d'inventaire séparément, soit 1985-1989 et 1990-1995, compte tenu des différences au niveau de la méthodologie et du territoire couvert. Ensuite, nous présenterons graphiquement les résultats des inventaires dans l'aire d'étude commune aux deux périodes de 1985 à 1995.

2.0 Tendance des effectifs nicheurs 1985-1989

2.1 Aire d'étude

L'aire d'étude, d'une superficie de 100 000 km², est localisée dans la partie sud-ouest du Québec et fait partie de l'écozone du Bouclier boréal (figure 1). Dans un souci d'uniformisation de l'habitat général, l'aire d'étude exclut le réservoir Gouin et les secteurs avoisinant les municipalités de Chibougamau et de Lebel-sur-Quévillon. Quatre écorégions sont représentées : le Plateau de la rivière Rupert, le Centre des Laurentides, le Sud des Laurentides et les Plaines de l'Abitibi (Groupe de travail sur la stratification écologique 1995). À l'exception de la demière écorégion, le relief, dont l'altitude varie généralement de 300 à 600 m, donne au paysage un aspect montagneux.

La zone coniférienne (ou boréale) couvre 98,1 % de l'aire d'étude. La végétation est caractérisée par la pessière noire à mousses (68,1 % de l'aire d'étude), la sapinière

à Bouleau blanc (25,3 %), la sapinière à Épinette noire (2,8 %) et la pessière noire à sapin et mousses (1,9 % ; Thibault 1985). La zone de forêt mixte est représentée dans l'extrême sud-est de l'aire d'étude avec la bétulaie jaune à sapin (1,5 %) et la sapinière à Bouleau jaune (0,4 %).

2.2 Méthodes

2.2.1 Plan d'échantillonnage

L'aire d'étude est divisée en 1 000 quadrats de 10 km × 10 km selon les délimitations du quadrillage Universel Transverse de Mercator (U.T.M.). Cinquante quadrats sont sélectionnés selon un plan d'échantillonnage aléatoire simple à chaque année d'inventaire, pour un effort d'échantillonnage annuel de 5 %. La figure 1 illustre l'échantillon de quadrats inventoriés en 1985 ainsi que la couverture totale après les 5 années d'inventaire.

2.2.2 Méthodologie d'inventaire

Les quadrats sélectionnés sont répartis entre trois équipes d'inventaire opérant à partir de Chibougamau, de Lebel-sur-Quévillon et de Roberval. En plus du pilote, chaque équipe est composée de trois personnes. Le navigateur-compilateur, assis à l'avant du côté gauche de l'hélicoptère (Bell 206B - Jet Ranger), indique au pilote le plan de vol et note sur un transparent, superposé à une carte topographique du quadrat à l'échelle 1:50 000, toutes les mentions recueillies par les deux observateurs assis à l'arrière, de chaque côté de l'appareil. Les observations recueillies sont les suivantes : l'espèce, le nombre, le sexe et la localisation de la mention (± 100 m) pour les canards, les oies et les huarts, de même que pour certaines autres espèces d'oiseaux (grèbes, hérons, rapaces) ; la présence de toutes les autres espèces observées (oiseaux, mammifères, reptiles) dans le quadrat ; des indications sur le tracé de vol ; la date, l'heure de début et de fin de l'inventaire du quadrat ; les conditions d'observation (vent, température, précipitation, etc.) ; des notes sur les conditions de l'habitat (présence de glace, croissance de la végétation, etc.). L'hélicoptère est équipé de fenêtres arrières de type « bulle », pour augmenter le champ de vision des observateurs, ainsi que de flotteurs et d'une extension du réservoir d'essence.

Le plan de vol à l'intérieur des quadrats consiste à survoler tous les milieux aquatiques afin de permettre l'observation d'oiseaux se tenant sur la rive. La vitesse de vol varie de 80 à 150 km/h et l'altitude, de 20 à 50 m, selon la configuration des habitats aquatiques et le relief. Chaque quadrat est survolé à trois reprises (jours différents) par la même équipe d'inventaire.

Le survol des quadrats se déroule par temps favorable, i.e. lorsqu'il n'y a pas de précipitations importantes ou de conditions de visibilité réduite. Les survols sont interrompus en présence de vent de plus de 40 km/h, de turbulence excessive ou de toute autre condition rendant l'inventaire non sécuritaire. Les inventaires sont effectués de jour, mais l'heure suivant le lever du soleil et celle précédant le coucher sont évitées à cause de la mauvaise qualité de l'éclairage (lumière jaune, aveuglante et ombrages importants sur les berges). Ils sont complétés en 15 ou 16 jours à chaque année. Toutes les informations recueillies sont compilées dans des banques informatiques géoréférencées (précision des localisations de 1 ha).

2.2.3 Période d'inventaire

La période optimale pour le dénombrement des couples nicheurs correspond à la fin de la ponte et au début de l'incubation, soit après le passage des migrateurs et avant que les mâles appariés ne quittent les femelles. Cette période idéale demeure toutefois difficile à prévoir compte tenu de l'absence de données régionales sur la phénologie de nidification du Canard noir. La date de début des inventaires a donc été ajustée aux conditions printanières. Toutefois, certains indicateurs nous ont permis d'évaluer, au moment des inventaires, où en était le cycle de ponte et d'incubation. Le principal indicateur utilisé à cet effet est le rapport du nombre de mâles appariés (1 mâle+1 femelle) sur le nombre de mâles sans femelle (seuls ou en groupes). Ce rapport devrait égaler 1 en période idéale. Compte tenu des difficultés à identifier le sexe des Canards noirs lors des premières années d'inventaire, cet indice de période optimale a aussi été étudié pour l'ensemble des autres canards barboteurs. D'autre part, la date du dégel du lac Saint-Jean nous a aussi fourni un indice des conditions printanières prévalant dans cette région.

En 1988, pour pallier le manque d'information sur la phénologie de la reproduction dans l'aire d'étude, nous avons fait un inventaire des couvées au sein des 20 quadrats où ont été observées les plus grandes densités de couples de Canard noir de 1985 à 1987. Cet inventaire nous a permis d'estimer la chronologie de nidification du Canard noir et du Canard colvert. Les paramètres utilisés dans les calculs de rétrodatation sont les moyennes nord-américaines des durées de ponte et d'incubation ainsi que d'âge à l'envol (Bellrose 1976, Harrison 1984). Les classes d'âge des canetons évaluées proviennent de Gollop et Marshall (1954).

2.2.4 Notion de couple nicheur

Seules les mentions indicatrices de couple nicheur sont retenues pour l'analyse des tendances des effectifs. Une mention indicatrice d'un couple nicheur correspond à toute observation isolée (distante de ≥ 10 m d'autres individus de la même espèce) de 1 ou de 2 individus, peu importe leur sexe, qui présentent des comportements associés à la nidification. Ces comportements sont les suivants : 1) l'oiseau ne s'envole pas ou ne s'envole que lorsque l'hélicoptère est à proximité (alors que les oiseaux en migration ont tendance à s'envoler bien avant l'arrivée de l'appareil) ; 2) l'oiseau revient rapidement près de l'endroit de son envol aussitôt après le passage de l'appareil ; 3) l'oiseau nage en tous sens sans s'éloigner de l'endroit où il a été aperçu en premier lieu ; 4) l'oiseau s'éloigne en nageant du site où il a été repéré pour y revenir aussitôt après le passage de l'hélicoptère. Le choix des critères retenus repose sur une recherche de simplification, tout en favorisant le plus possible un indicateur de couple représentatif des oiseaux qui ont vraisemblablement niché dans le milieu où ils ont été observés. Ceci permet aussi de réaliser des études sur la caractérisation des habitats de nidification. Par exemple, bien que plusieurs études retiennent les groupes de 3 à 5 mâles comme indicateurs de 3 à 5 couples, cela exige, d'une part, que le sexe puisse être identifié ; d'autre part, ces mâles, qui ont quitté les femelles appariées, fréquentent alors des habitats ne correspondant pas nécessairement à ceux utilisés pour la nidification.

À partir de 1987, mais de façon plus systématique à partir de 1988, nous avons commencé à identifier le sexe des Canards noirs. Lorsque les oiseaux sont posés, le critère d'identification le plus évident du haut des airs est la coloration pâle (beige ou grisâtre) des scapulaires du mâle. Lorsque qu'un couple est au vol, le mâle suit géné-

ralement la femelle et il est souvent possible de distinguer la taille plus imposante du mâle. À faible distance, la coloration du bec (jaunâtre chez le mâle et verdâtre chez la femelle) est un critère distinctif parfois visible de l'hélicoptère.

2.2.5 Analyse des tendances

La durée d'inventaire, que l'on peut associer à l'effort d'inventaire, est un facteur qu'il nous a paru important de considérer dans l'analyse de la tendance des effectifs au cours des ans. En effet, les trois équipes d'inventaire ont mis de plus en plus de temps, au fil des ans, à réaliser le survol des quadrats alloués, bien qu'aucune modification du plan méthodologique ou concertation n'ait eu lieu à ce sujet. Il s'agit donc d'examiner si la tendance des effectifs observée est bien réelle ou si elle résulte, en tout ou en partie, de la hausse de la durée d'inventaire. Une analyse préliminaire de la relation entre les densités de couples de Canard noir observées et la durée d'un survol a d'abord été faite quadrat par quadrat, de manière à montrer que les densités observées sont plus élevées lors des survols plus longs. Pour chacune des 5 années d'inventaire, les variations du logarithme du nombre de couples de Canard noir ont été modélisées en fonction du quadrat et du logarithme de la durée. La transformation logarithmique permet de modéliser l'effet multiplicatif d'une hausse relative de la durée sur le nombre de couples observés.

Un examen des données a également révélé que les densités de Canard noir observées sont reliées non seulement à l'année et à la durée d'inventaire, mais aussi à l'équipe d'inventaire (confondue avec une région de l'aire d'étude). Nous tiendrons donc compte de l'effet de l'équipe dans l'analyse des variations annuelles des densités de couples.

Pour l'analyse de la tendance des effectifs proprement dite, 2 modèles seront présentés dans un but de comparaison : un premier modèle sera utilisé pour décrire la tendance des densités de couples observées, négligeant l'effet possible de la durée d'inventaire ; un deuxième modèle tiendra compte de l'effet de la durée d'inventaire sur les densités observées et servira à évaluer la tendance des effectifs que l'on aurait dû observer pour une durée constante.

2.2.5.1 Modèle négligeant l'effet de la durée d'inventaire

L'analyse des variations et de la tendance du nombre de couples a été faite à l'aide d'un modèle linéaire généralisé. Puisqu'il s'agit d'un dénombrement, on assume que le nombre total de couples observés au cours des 3 survols au sein d'un quadrat suit une distribution de Poisson (Agresti 1996 : section 4.3). Si l'on néglige l'effet de la durée des survols sur les densités observées, le modèle est le suivant :

$$\log[E(\text{couples})] = \mu + \alpha_i + \gamma_j \ , \quad (1)$$
$$i = 85,86,87,88,89$$
$$j = 1,2,3$$

où E(couples) est la valeur espérée du nombre total de couples observés par quadrat après 3 survols, μ est une constante, α_i est l'effet de l'année i et γ_j est l'effet de l'équipe d'inventaire j. Selon ce modèle, le logarithme du nombre moyen de couples observés par quadrat après 3 survols à l'année i par l'équipe j est donc égal à une constante, plus un effet de l'année i, plus un effet de l'équipe j. Puisque les densités observées représentent vraisemblablement une portion seulement du nombre de couples présents au sein des quadrats, il est approprié d'utiliser une fonction de lien logarithmique pour modéliser les changements annuels relatifs. Par exemple, l'écart $\alpha_{86} - \alpha_{85}$ représente le logarithme du rapport des densités moyennes de couples de l'année 1986 par rapport à l'année 1985. De manière à interpréter les variations annuelles ou la tendance des densités observées comme variations ou tendance réelle des effectifs, il faut présupposer que la proportion des couples nicheurs qui ont été observés est constante au cours des ans pour une même équipe d'inventaire, et ce, en dépit de la hausse de la durée moyenne des survols. Si cette hypothèse s'avère fausse, l'estimation de la hausse (baisse) au cours des ans sera biaisée à la hausse. Ce premier modèle est donc présenté à titre de comparaison avec le second modèle, qui lui tiendra compte de la durée des survols.

Un test sur l'effet de l'année ($H_0: \alpha_{85} = \alpha_{86} = \alpha_{87} = \alpha_{88} = \alpha_{89} = 0$) a été fait de manière à déterminer si, en moyenne pour les 3 équipes d'inventaire, le nombre de couples a subi des variations significatives au cours des ans. Sachant que les densités moyennes observées peuvent fluctuer de façon importante d'une année à l'autre, l'année a été incluse au modèle sous forme de variable catégorique. La forme des va-

riations a été étudiée à l'aide de polynômes orthogonaux. En particulier, un test de tendance linéaire sur le logarithme du nombre de couples a été fait dans le but de savoir si les effectifs de couples ont subi une tendance à la hausse ou à la baisse entre 1985 et 1989. L'hypothèse testée est $H_0: -2\alpha_{85} - \alpha_{86} + \alpha_{88} + 2\alpha_{89} = 0$. On peut conclure à une tendance dans les effectifs lorsque cette dernière est rejetée. Le cas échéant, la hausse (baisse) annuelle moyenne du logarithme du nombre de couples a été estimée par $\hat{\delta} = (-2\hat{\alpha}_{85} - \hat{\alpha}_{86} + \hat{\alpha}_{88} + 2\hat{\alpha}_{89})/10$ ou, exprimée en hausse (baisse) relative annuelle du nombre de couples, par $\hat{\Delta} = e^{\hat{\delta}} - 1$. Les effets polynomiaux d'ordre 2 à 4 ont également été testés afin de savoir si la tendance linéaire décrit bien les variations annuelles du logarithme du nombre de couples ou s'il y a des écarts irnportants à cette tendance. Une tendance linéaire indique une hausse (baisse) annuelle relative constante.

La procédure GENMOD du progiciel SAS (SAS Institute Inc. 1996) a été utilisée pour estimer les paramètres du modèle par la méthode du maximum de vraisemblance. Notons que le modèle proposé suppose une distribution de Poisson pour le nombre de couples. Selon cette distribution, la variance du nombre de couples est égale à la moyenne, pour une équipe et une année données. Lorsque les données révèlent une variance supérieure à la moyenne, il y a surdispersion par rapport à la distribution de Poisson (Agresti 1996 : section 4.4.4). Ce phénomène est fréquent avec ce type de données parce qu'il existe vraisemblablement plusieurs facteurs influençant la variable dépendante dont on ne peut tenir compte dans le modèle. Dans ce cas-ci, hormis l'année et l'équipe d'inventaire, il y a probablement d'autres facteurs influençant le nombre de couples observés qui introduisent une hétérogénéité entre les quadrats. Pour tenir compte de cette violation, les paramètres sont estimés par la méthode du quasi-maximum de vraisemblance (« quasi-likelihood »). Cette méthode fournit les mêmes estimations ponctuelles des paramètres que la méthode du maximum de vraisemblance ; la variance des paramètres est quant à elle ajustée pour tenir compte de la surdispersion. L'ajustement consiste à multiplier la variance par un facteur de correction appelé paramètre de dispersion. Le paramètre de dispersion est estimé ici par la statistique khi-deux de Pearson divisée par son nombre de degrés de liberté.

2.2.5.2 Modèle tenant compte de l'effet de la durée d'inventaire

Pour tenir compte de l'effet de la durée d'inventaire sur les densités observées, le logarithme de la durée totale des 3 survols pour un quadrat a été ajouté au modèle précédent. Le modèle est le suivant :

$$\log[E(\text{couples})] = \beta_0 + \beta_1 \log(\text{durée}) + \alpha_i + \gamma_j \ , \quad (2)$$
$$i = 85,86,87,88,89$$
$$j = 1,2,3$$

Selon ce modèle, pour une année et une équipe données, une durée de survol c fois plus longue entraînerait en moyenne une observation de c^{β_1} fois plus de couples. En particulier, si $\beta_1 = 1$, on observerait c fois plus de couples en survolant un quadrat c fois plus longtemps. Lorsque $\beta_1 < 1$, la relation entre le nombre de couples observés et la durée des survols n'est plus linéaire : la pente décroît plutôt à mesure que la durée des survols augmente. Autrement dit, l'effet d'une hausse de la durée s'atténue à mesure qu'elle augmente. Par exemple, si $\beta_1 = 0{,}5$, pour un survol 2 fois plus long, on devrait observer 1,4 fois plus de couples en moyenne, alors que pour un survol 3 fois plus long, on devrait en observer 1,7 fois plus. Inversement, lorsque $\beta_1 > 1$, l'effet d'une hausse de la durée croît à mesure que celle-ci augmente.

On croit que plusieurs facteurs peuvent influencer la durée des survols d'un quadrat à l'autre ; la configuration et la superficie des habitats propices à la nidification en sont des exemples. La durée moyenne de survol par quadrat ne devrait toutefois pas varier significativement d'une année à l'autre. Le fait d'inclure une composante pour la durée d'inventaire dans le modèle décrivant les variations annuelles du nombre de couples nicheurs permet non seulement d'expliquer une part des variations observées, mais aussi de faire un ajustement pour les variations annuelles de la durée d'inventaire. Autrement dit, l'inclusion d'un terme de durée dans le modèle permet d'enlever l'effet de cette variable sur les densités observées. On évalue alors la tendance des effectifs par rapport aux densités que l'on aurait dû observer si la durée d'inventaire avait été la même d'une année à l'autre. Le modèle proposé présuppose que, pour une durée de survol fixée, la proportion de couples observés est approximativement constante d'une année à l'autre. Il s'agit d'une hypothèse moins restrictive que pour le modèle précé-

dent, où l'on devait en plus faire l'hypothèse que la durée des survols n'avait pas d'effet sur cette proportion.

2.3 Résultats

2.3.1 Conditions d'inventaire

Le tableau 1 présente les principaux paramètres météorologiques et logistiques pour chacune des années d'inventaire. On remarquera qu'à l'exception de 1987, les inventaires ont été faits sensiblement aux mêmes dates. L'inventaire de 1987 a été réalisé environ une semaine plus tôt que les inventaires des autres années, pour tenir compte de conditions printanières hâtives ; en effet, le 21 avril 1987 est la deuxième date la plus hâtive du dégel du lac Saint-Jean depuis le début de cette série d'observation en 1916 (J. Painchaud don. inéd.). Notons également que le nombre moyen de jours entre le premier et le troisième survol d'un même quadrat a peu varié au fil des ans. Il en est de même pour les températures enregistrées au moment des inventaires.

La durée moyenne pour le survol d'un quadrat est passée de 38 minutes en 1985 à 50 minutes en 1989 (tableau 1), ce qui correspond à une hausse annuelle moyenne de 3,3 minutes ou de 13 minutes en 4 ans. En termes relatifs, on estime cette hausse annuelle moyenne à 8 %, ou 32 % sur une période de 4 ans. Cette estimation est basée sur un modèle de régression linéaire du logarithme de la durée en fonction de l'année (pente $\hat{\beta}$ = 0,075 ; SE = 0,011). En incluant au modèle des composantes permettant de tenir compte des variations possibles de cette hausse d'une équipe d'inventaire à l'autre, on peut conclure que la hausse a été du même ordre de grandeur pour chacune des 3 équipes (interaction an*région : $F_{2,244}$ = 0,37 ; P = 0,69). D'autre part, on note qu'en général, la durée d'inventaire a varié de façon importante entre les survols d'un quadrat. L'écart entre le plus court et le plus long survol a été en moyenne de 11 minutes pour un quadrat. Cet écart a excédé 20 minutes pour plusieurs quadrats et même 30 minutes dans certains cas. Les variations de la durée d'inventaire ont été encore plus importantes en moyenne d'un quadrat à l'autre ($F_{245,500}$ = 6,07 ; P = 0,0001). En effet, aux variations de la méthode d'inventaire vient s'ajouter l'influence de facteurs associés aux habitats présents dans les quadrats.

Le rapport du nombre de mâles appariés sur le nombre de mâles seuls ou en groupes sans femelle est sensiblement inférieur à 1 (valeur recherchée) pour le Canard noir en 1988 (tableau 1), ce qui indique que la majorité des canards sont vraisemblablement en deuxième moitié de la période d'incubation. En 1989, cet indice de période optimale est plus près de la valeur recherchée. Pour les autres canards barboteurs, l'indice de période optimale est inférieur à 1 pour toutes les années sauf 1989. En général, les inventaires (ensemble des 3 survols) auraient donc été faits un peu tard par rapport à la période idéale visée. Par ailleurs, pour les canards barboteurs autres que le Canard noir, l'indice de période optimale varie rapidement d'un survol à l'autre. Il est de 1,33 au premier survol (moyenne des 5 années ; n = 247 mentions), 0,62 au deuxième (n = 219) et 0,27 au troisième (n = 233), bien que les survols ne soient espacés que de 4 à 5 jours. L'indice maximal a été enregistré au premier survol de 1989 (2,00) alors que l'indice minimal a été observé au troisième survol de 1986 (0,05).

D'après les calculs de rétrodatation faits à partir des données d'inventaire de couvées (tableau 2), la période optimale d'inventaire des couples de Canard noir en 1988 aurait été du 5 au 15 mai (demière moitié de la ponte et première semaine de l'incubation). Les inventaires du 10 au 24 mai 1988 auraient par conséquent eu lieu environ une semaine plus tard que la période idéale, ce qui confirmerait les résultats de l'indice de période optimale décrits précédemment. En 1988, la date médiane du début de la ponte chez le Canard noir aurait été le 30 avril (n = 85 couvées ; tableau 2), alors que le début de l'incubation aurait commencé le 9 mai. Cette même année, chez le Canard colvert, la date médiane du début de la ponte, calculée par rétrodatation pour une seule couvée, aurait été le 1er mai, alors que le début de l'incubation aurait commencé le 10 mai. On remarquera les écarts importants dans la phénologie de nidification des différentes couvées de Canard noir, plus d'un mois séparant les débuts de ponte les plus hâtifs des débuts de ponte les plus tardifs.

2.3.2 Densité de couples nicheurs

Les densités annuelles moyennes de couples nicheurs de Canard noir et de Canard colvert sont présentées au tableau 3. Selon les données d'inventaire, le Canard noir est l'espèce la plus abondante dans l'aire d'étude, représentant environ 25 % de tous les couples de l'ensemble des espèces de sauvagine et de huarts observés. La

densité moyenne de couples nicheurs de Canard noir observés par 100 km^2 a augmenté de 1985 à 1989, passant de 4,68 (SE = 0,34) à 8,93 (SE = 0,65) ; celle du Canard colvert était à son niveau minimal en 1986 avec 0,22 couples (SE = 0,06) et maximal en 1989 avec 0,69 couples (SE = 0,15). Comme ces chiffres l'indiquent, le Canard colvert est peu abondant dans l'aire d'étude. La densité maximale de Canard noir enregistrée lors d'un survol est de 25 couples (total de 70 couples après 3 survols) dans un quadrat localisé au sud-ouest du réservoir Gouin et inventorié en 1989. Un maximum de 7 couples de Canard colvert est observé lors d'un survol (total de 15 couples après 3 survols) dans un quadrat localisé au sud de Matagami et inventorié en 1989.

2.3.3 Tendance des effectifs nicheurs

L'analyse préliminaire visant à démontrer que les densités observées ont tendance à être plus élevées lors de survols plus longs a d'abord fait ressortir que la relation entre le nombre de couples de Canard noir observés et la durée est semblable d'un quadrat à l'autre pour les 5 années d'inventaire (interaction quadrat*log[durée] : $P > 0,17$ pour les 5 années). En réajustant le modèle sans interaction, on a obtenu une relation significative, au seuil 0,05, entre le nombre de couples observés et la durée des survols pour toutes les années, sauf 1988. Un modèle global pour l'ensemble des années a par la suite permis d'estimer qu'un survol c fois plus long favorise en moyenne une observation de $c^{0,94}$ fois plus de couples de Canard noir (effet de la durée : $t_{499} = 7,24$; $P = 0,0001$). Cette estimation vaut pour l'ensemble des années d'inventaire (interaction an*log[durée] : $F_{4,495} = 0,09$; $P = 0,08$). On constate donc que les variations de la durée des survols ont eu un impact non négligeable sur les densités observées au sein d'un quadrat. Il est en effet raisonnable de parler d'un « impact » de la durée puisque les habitats de nidification sont les mêmes d'un survol à l'autre et que les densités réelles de couples présents au sein d'un quadrat sont peu susceptibles de varier de façon importante entre les survols d'une même année. Cela porte à croire que la hausse de la durée moyenne d'un survol au cours des ans a pu elle aussi avoir un effet sur les densités observées.

L'ajustement du modèle (2) utilisé pour décrire les variations annuelles, tenant compte de la durée des survols, a permis de montrer qu'une hausse de la durée des

survols a eu un effet significatif positif sur les densités observées de Canard noir ($P \leq 0{,}0001$), mais non sur celles du Canard colvert ($P = 0{,}40$). Le paramètre associé à la durée chez le Canard noir n'est pas significativement différent de 1 ($\hat{\beta}_1 = 1{,}12$; SE = 0,11), alors qu'il est significativement inférieur à 1 chez le Canard colvert ($\hat{\beta}_1 = 0{,}30$; SE = 0,35). Cela signifie qu'à l'intérieur des limites de durée testées (15 à 84 minutes par quadrat), le nombre de couples de Canard noir observés au sein d'un quadrat par une équipe d'inventaire et une année données est en moyenne approximativement proportionnel à la durée du survol. Notons par ailleurs que l'effet de l'équipe d'inventaire est significatif, au seuil 0,05, à la fois pour le Canard noir et le Canard colvert.

Le tableau 4 présente les résultats de l'analyse des tendances du nombre de couples de Canard noir et de Canard colvert. Pour chacun des 2 modèles considérés (tenant compte ou non de la durée des survols), les résultats sont présentés dans l'ordre suivant : 1) seuil observé pour le test de l'effet de l'année (variations annuelles du nombre de couples observés) ; 2) seuil observé pour le test de tendance linéaire du logarithme du nombre de couples observés et estimation de la hausse (baisse) annuelle relative ; 3) résultat des tests sur les effets polynomiaux d'ordre 2 à 4 (oui = au moins un des effets est significatif au seuil théorique 0,05, i.e. le changement annuel relatif n'est pas constant). Rappelons que le modèle n'incluant pas de terme de durée présuppose que la proportion de couples observés n'est pas affectée par la durée des survols.

Ce tableau montre que le nombre de couples de Canard noir et de Canard colvert a augmenté significativement de 1985 à 1989 (test de tendance linéaire : $P < 0{,}0003$), et ce, que l'on tienne compte ou non de l'effet de la durée sur les densités observées. Quoiqu'il en soit, compte tenu de l'effet significatif de la durée observé seulement chez le Canard noir, nous retiendrons le modèle tenant compte de l'effet de la durée chez le Canard noir et celui négligeant l'effet de la durée chez le Canard colvert. Selon les modèles retenus, la hausse annuelle relative du nombre de couples a été constante d'une année à l'autre (tests sur les effets polynomiaux : $P < 0{,}05$) et est estimée à 8,7 % pour le Canard noir (ou 39 % en 4 ans) et à 31,0 % pour le Canard colvert (i.e. la densité a triplé en 4 ans).

2.4 Discussion

Nous avons observé une relation significative entre la durée de survol d'un quadrat et le nombre de couples de Canard noir inventoriés. Compte tenu de la hausse de la durée moyenne des survols au cours des ans, nous avons alors vérifié si l'effet de la durée devait être pris en considération dans l'analyse de la tendance des effectifs des couples nicheurs de Canard noir. Quoiqu'il en soit, il est difficile d'expliquer cette hausse de la durée. Il se pourrait que la détermination du sexe chez le Canard noir à partir de 1987 ait nécessité que l'on s'approche plus des Canards noirs observés, allongeant ainsi le tracé de vol. En supposant que les couples nicheurs de Canard colvert ne se trouvent pas dans les mêmes sites que le Canard noir, ceci pourrait aussi expliquer pourquoi l'effet de la durée d'inventaire n'est pas significatif chez le Canard colvert. D'autre part, une hausse de la superficie moyenne des habitats propices à la présence de canards aurait pu aussi entraîner une hausse de la durée des survols. Cette dernière hypothèse est cependant peu probable. Inversement, bien que le plan de vol ait été le même de 1985 à 1989, il est possible qu'une hausse du nombre de canards ait elle-même entraîné une hausse non contrôlable de la durée des survols, auquel cas ce problème pourrait être négligé. Les écarts observés dans la durée d'un survol à l'autre pour un même quadrat suggèrent cependant qu'il ne peut s'agir du seul facteur responsable des variations de la durée.

Sur la base de ces considérations et d'après le modèle (2) décrivant la tendance du nombre de couples ajustée pour la hausse de la durée, il apparaît que les effectifs nicheurs de Canard noir présents dans l'aire d'étude ont augmenté significativement de 1985 à 1989, pour une hausse relative annuelle moyenne de 8,7 %. En ne tenant pas compte de l'effet de la durée, nous estimons la hausse relative annuelle du nombre de couples observés à 18,5 %, mais cette estimation ne reflète vraisemblablement pas une hausse réelle des effectifs puisque la proportion de couples observés a dû augmenter avec la durée au cours des ans.

La hausse des effectifs nicheurs de Canard noir peut-elle être reliée à la réduction des limites journalières de prise devenue effective en 1984 au Canada ? Au Québec, le nombre de Canards noirs tués par la chasse a augmenté de 1984 à 1987 (107 624 à 129 920 oiseaux) pour ensuite diminuer jusqu'en 1989 (99 674 ; Dupuis *et al.* 1995). En

moyenne, 114 933 Canards noirs ont été abattus annuellement au Québec de 1984 à 1989, comparativement à 111 752 de 1979 à 1983. Par ailleurs, le nombre de permis de chasse au Québec a diminué de 1984 à 1989, passant de 65 308 à 54 605, pour une moyenne annuelle de 58 792, alors que de 1979 à 1983, la moyenne était de 73 014. Il apparaît donc que la réduction des limites journalières de prise n'a pas entraîné une baisse du nombre total de canards récoltés au Québec. D'autre part, les inventaires d'hiver révèlent que les populations de Canard noir ont enregistré une timide hausse, l'indice passant d'une moyenne annuelle de 300 640 individus (1980 à 1984 ; voies migratoires de l'Atlantique et du Mississippi) à 305 606 individus (1985 à 1990 ; Serie 1993). Si la réduction des limites de prise au Québec avait eu un effet positif sur les populations de Canard noir, on aurait pu s'attendre d'une part à une baisse de la récolte et, d'autre part, à une hausse substantielle des populations hivernantes, compte tenu que le Québec abrite environ le tiers de la population nicheuse de Canard noir en Amérique et que celle-ci a connu une hausse de 39 % entre 1985 et 1989 dans l'aire d'étude. L'effet de la réglementation plus restrictive de la récolte de Canard noir au Québec demeure par conséquent difficilement quantifiable.

Qu'en est-il des deux autres facteurs pouvant être responsables de la diminution des effectifs de Canard noir, soit l'hybridation et la compétition avec le Canard colvert ainsi que la perte et la dégradation des habitats ? D'abord, la population nicheuse de Canard colvert dans l'aire d'étude est peu abondante et ne peut donc exercer un effet important sur les populations régionales de Canard noir. De plus, il est peu probable que la compétition exclusive que se livrent les deux espèces pour les meilleurs habitats, hypothèse pouvant expliquer la diminution des populations de Canard noir de l'Ontario (Merendino *et al.* 1993), ait eu lieu ici. En effet, les populations de Canard noir et de Canard colvert de l'aire d'étude ont toutes deux augmenté significativement. La hausse relative annuelle très importante des populations de Canard colvert demande toutefois une surveillance particulière, puisque les effets négatifs sur la population de Canard noir pourraient survenir à des niveaux de densités de Canard colvert plus élevés. Notons que 4 couples mixtes (Canard colvert mâle et Canard noir femelle) ont été observés lors des inventaires à l'ouest du réservoir Gouin, soit 2 en 1988 et 2 en 1989. En ce qui concerne les habitats, il est peu probable qu'une amélioration notable des habitats pro-

pices ait pu engendrer une hausse importante des populations de Canard noir dans un laps de temps si court (4 années).

3.0 Tendance des effectifs nicheurs 1990-1995

3.1 Aire d'étude

En 1990, le Plan conjoint sur le Canard noir a initié un suivi en hélicoptère des couples nicheurs de Canard noir sur l'ensemble de l'aire principale de reproduction de l'espèce (Ontario, Québec, Maritimes et Maine). Cette aire n'inclut que le territoire où les densités de Canard noir sont estimées à 10 couples et plus par 100 km^2. Ainsi, au Québec, les inventaires de 1990 à 1995 sont réalisés sur l'ensemble du Québec méridional au sud du 51°30' de latitude Nord, en excluant la plaine agricole du Saint-Laurent et celle du lac Saint-Jean, le sud des Appalaches, ainsi que les rives du Saint-Laurent. L'aire d'étude en territoire québécois, d'une superficie d'environ 530 000 km^2, couvre la majeure partie de l'écozone du Bouclier boréal et la partie septentrionale de l'écozone Maritime de l'Atlantique (figure 2). Sept écorégions de l'écozone du Bouclier boréal (Plaines de l'Abitibi, Basses terres du lac Témiscamingue, Sud des Laurentides, Plateau de la rivière Rupert, Centre des Laurentides, Île d'Anticosti et Plateau de la Mécatina) et une écorégion de l'écozone Maritime de l'Atlantique (Appalaches) sont représentées.

L'altitude moyenne de la portion de l'aire d'étude située au nord du Saint-Laurent varie de 300 à 600 m, ce qui donne un aspect montagneux au paysage (Groupe de travail sur la stratification écologique 1995). Le nord-ouest de l'aire présente un relief variant de plat à onduleux, alors que l'altitude moyenne augmente légèrement à l'est du lac Saint-Jean. À l'est de Québec, l'altitude de la bordure méridionale, qui est entrecoupée de plusieurs cours d'eau, est plus élevée près du Saint-Laurent. Plusieurs massifs présentent des sommets dépassant les 1 000 m d'altitude. Au sud du Saint-Laurent, dans l'écorégion des Appalaches, le relief varie de bosselé (altitude moyenne de 400 à 600 m) à montagneux (altitude oscillant entre 400 et 1 200 m).

Trois grandes zones de végétation sont représentées dans l'aire d'étude : 1) la forêt coniférienne (ou boréale), au nord du 48° de latitude Nord ; 2) la forêt mixte, entre le 47° et le 48° de latitude Nord ; 3) la forêt feuillue, au sud du 47° de latitude Nord. La

pessière noire à mousses, à l'ouest du 71° de longitude Ouest, ainsi que la pessière noire à sapin et mousses, à l'est du 71° de longitude Ouest, constituent les principaux domaines de végétation de la forêt coniférienne (Thibault 1985). Ce dernier domaine est entrecoupé de sapinière à Épinette noire, que l'on trouve aussi dans les secteurs suivants : 1) au nord de Québec ; 2) entre le lac Saint-Jean et le réservoir Gouin ; 3) au centre de la péninsule gaspésienne. La sapinière à Bouleau blanc est le domaine suivant en importance de recouvrement. On la trouve au sud de la pessière et en périphérie de la sapinière à Épinette noire de la Gaspésie. La forêt mixte est principalement constituée de bétulaie jaune à sapin dans l'ouest, alors que dans l'est, au sud du Saint-Laurent, elle est constituée de sapinière à Bouleau jaune. Enfin, la forêt feuillue de l'aire d'étude est surtout composée d'érablière à Bouleau jaune.

3.2 Méthodes

3.2.1 Plan d'échantillonnage

L'unité d'échantillonnage est un quadrat de 10 km × 10 km inventorié une fois annuellement. Au début du suivi, en 1990, 83 quadrats ont été sélectionnés selon un plan systématique. Chacun des quadrats est localisé dans le coin sud-ouest ou au centre d'un carré UTM de 100 km × 100 km composant l'aire d'étude, ce qui représente un effort d'échantillonnage d'environ 2 %. En 1993, le nombre de quadrats passe à 43 (quadrats du coin sud-ouest seulement), ce qui correspond alors à un effort d'échantillonnage d'environ 1 % (figure 2). En 1995, 8 autres quadrats sont retirés du programme (sélection aléatoire), ce qui porte le nombre total de quadrats inventoriés à 35. L'analyse des tendances de la période 1990-1995 est faite à partir des 43 quadrats inventoriés de 1990 à 1994, 8 quadrats étant manquants pour l'année 1995.

3.2.2 Méthodologie d'inventaire

L'hélicoptère utilisé est un Bell 206 - Long Ranger avec des fenêtres arrières de type « bulle », mais sans flotteurs. La méthodologie concernant la prise de données et le nombre d'observateurs est la même que celle utilisée lors de l'inventaire de la période 1985-1989 (voir 2.2.2). L'inventaire est réalisé avec l'aide de 3 équipes de 1990 à 1992, de 2 équipes en 1993 et en 1994 et, finalement, d'une seule équipe en 1995. L'inventaire débute au plus tôt une heure après le lever du soleil pour se terminer au

plus tard une heure avant son coucher. La fenêtre optimale de 9:00 à 16:00 (H.A.E) est recherchée pour éviter la lumière aveuglante du soleil près de l'horizon.

Le plan de vol à l'intérieur des quadrats diffère quelque peu de celui utilisé lors du suivi de 1985-1989. L'inventaire de 1990 à 1995 est conduit de façon à couvrir en une seule visite annuelle tous les habitats susceptibles d'abriter le huart ou la sauvagine. Les survols sont faits selon les règles suivantes (proviennent du document du Plan conjoint sur le Canard noir intitulé « Procédures opérationnelles révisées de l'inventaire en hélicoptère des populations nicheuses de sauvagine de l'Est du Canada et du Nord-est des États-Unis ») :

- le tracé de vol est choisi pour permettre un survol de tous les habitats propices, en optimisant les conditions de visibilité pour les observateurs et en minimisant les changements brusques de direction ; pour ce faire, il est souhaitable de planifier à l'avance de longs tracés sur toute la longueur et la hauteur du quadrat, au lieu de couvrir au fur et à mesure le quadrat selon les milieux propices qui se présentent ;

- le long de rives rectilignes et ne présentant pas de couvert végétal important, telles les rives que l'on trouve sur les grands lacs, l'hélicoptère ne s'éloigne pas à plus de 100 m de celles-ci, l'altitude de vol ne dépasse pas 50 m au-dessus du niveau du sol et la vitesse est au plus de 100 km/h, en respectant les normes de sécurité de vol de l'appareil utilisé ;

- le long de rives présentant un couvert végétal bien développé, l'hélicoptère demeure à 50 m ou moins de la rive, la vitesse de vol est réduite à 30 km/h ou moins et l'altitude est abaissée, tout en demeurant dans les normes de sécurité approuvées ;

- au-dessus de petits plans d'eau, tels que les étangs à castor, ainsi que dans les secteurs à forte densité de végétation émergente, l'hélicoptère passe directement au-dessus des habitats à très basse vitesse (< 30 km/h) ;

- tous les ruisseaux du quadrat sont survolés jusqu'à ce que l'eau ne soit plus visible ;

- pour conserver un effort d'échantillonnage comparable d'une équipe d'observateurs à l'autre, tout en minimisant le coût des inventaires, il faut éviter de tourner en rond et de survoler à répétition les habitats, à l'exception des cas suivants : 1) plusieurs oiseaux d'espèces différentes sont aperçus dans un habitat et ne peuvent être énumérés de façon fiable au premier passage ; 2) une mention possible de Canard noir est notée au premier passage, mais ne peut être confirmée sans un deuxième survol ; 3) une mauvaise couverture (vitesse, altitude, habitat non couvert, etc.) est rapportée par un observateur lors du survol ;

- une recherche active n'est effectuée que pour les huarts et la sauvagine, les autres espèces n'étant inventoriées qu'au hasard de l'inventaire ;

- le temps de vol ne doit pas être utilisé pour tenter d'identifier à tout prix des oiseaux plongeant constamment ; ces mentions doivent être inscrites sous « canards plongeurs non identifiés ».

Toutes les observations recueillies sont compilées dans des banques informatiques géoréférencées dont la précision de localisation est de 1 ha.

3.2.3 Période d'inventaire

L'inventaire a pour objectif principal de décrire la tendance des populations nicheuses de Canard noir. Il doit donc être fait au début de la période de nidification. Celle-ci commence juste après le départ des migrateurs, qui est suivi par l'arrivée, puis la dispersion de la sauvagine locale vers les territoires de nidification. L'inventaire doit également être complété avant le départ des mâles appariés. Le moment optimum pour effectuer l'inventaire est lorsque le rapport du nombre de mâles appariés sur le nombre de mâles sans femelles (mâles seuls ou en groupes) est d'environ 1. Au Québec méridional, cette période s'étend vraisemblablement du début du mois de mai au début du mois de juin, selon l'état plus ou moins hâtif du printemps. Toutefois, en pratique, il est difficile de prévoir cette période optimale avant le début des inventaires. De plus, compte tenu des variations locales des conditions de fonte et de l'initiation de la nidification, il demeure difficile de planifier un inventaire où l'adéquation entre la date du survol et la phénologie de nidification sera optimale pour chacun des quadrats. À l'instar des inventaires de la période 1985-1989, les données du dégel du lac Saint-Jean

peuvent aussi nous donner des indications sur les conditions printanières. De façon générale, l'inventaire est amorcé au sud-ouest du Québec, se poursuit dans l'ouest, en Abitibi, puis au lac Saint-Jean, au Bas-Saint-Laurent et en Gaspésie. Par la suite, l'inventaire reprend à l'extrême est de l'aire d'étude, sur la Côte-Nord, puis se termine dans la région centrale, où l'altitude des quadrats est la plus élevée, i.e. dans la région de Manic-Cinq et de Charlevoix.

3.2.4 Notion de couple nicheur

L'analyse des tendances est faite à partir des mentions indicatrices de couples nicheurs seulement. Les mêmes critères que ceux utilisés de 1985 à 1989 (cf. 2.2.4) ont servi à définir un couple nicheur pour le suivi de la période 1990-1995.

3.2.5 Analyse des tendances

La tendance du nombre de couples de 1990 à 1995 est étudiée à l'aide d'un modèle de régression linéaire du logarithme des densités annuelles moyennes en fonction de l'année. La pente du modèle de régression est estimée par la méthode des moindres carrés (la distribution normale a été présupposée dans ce cas-ci plutôt que la distribution de Poisson, puisque les densités annuelles moyennes ne sont pas des entiers). La variance de la pente est estimée par la méthode du « jackknife » en retirant tour à tour, pour estimer la pente, chacun des 43 quadrats retenus pour l'analyse. La hausse (baisse) annuelle relative moyenne est estimée par $\hat{\Delta} = e^{\hat{\delta}} - 1$, $\hat{\delta}$ étant la pente estimée. La régression sur le logarithme des densités annuelles moyennes a été préférée ici à une modélisation quadrat par quadrat, puisque la plupart des quadrats (35 / 43) sont inventoriés à chacune des années et que, pour le Canard colvert notamment, bon nombre de quadrats ne comptent aucun couple observé à certaines années, rendant l'estimation difficile.

Une analyse de la tendance de la durée moyenne des survols de 1990 à 1995 a été faite de manière à déterminer s'il y avait lieu de considérer l'effet de ce facteur dans la modélisation de la tendance des densités de couples nicheurs. Pour ce faire, un modèle semblable à celui décrivant la tendance des effectifs est utilisé.

Une analyse spatiale de la tendance des effectifs a été faite pour le Canard noir et le Canard colvert de manière à déterminer s'il y a homogénéité de la tendance dans l'aire d'étude. Pour chaque quadrat, la hausse (baisse) annuelle relative moyenne est estimée à l'aide du modèle linéaire généralisé décrivant la relation entre le logarithme du nombre de couples et l'année d'inventaire (on suppose une distribution de Poisson). Pour les quadrats où moins de 2 couples de Canard colvert ont été observés en 6 ans, la hausse relative est fixée à 0. Des classes de changement relatif sont alors établies et les résultats sont reportés sur un fond de carte du Québec méridional en utilisant les coordonnées des centres des 43 quadrats inventoriés (figures 3 et 5). Pour faciliter la visualisation des tendances locales, un quadrat dont le nombre de couples nicheurs a subi une hausse est représenté par un cercle noir et celui où est survenue une baisse, par un cercle blanc. Un quadrat où le nombre de couples est demeuré stable est symbolisé par un cercle blanc avec un losange noir au centre. Enfin, un quadrat où l'espèce n'a été observée à aucune des années d'inventaire est représenté par la lettre « X ». De plus, l'aire du cercle illustre l'ampleur de la hausse ou de la baisse. Par exemple, si une baisse de 10 % est survenue dans l'ensemble de la population et qu'elle s'est fait sentir de façon homogène dans l'aire d'étude, la baisse relative estimée devrait être semblable d'un quadrat à l'autre et ainsi, visuellement, les symboles seront uniformisés sur la figure.

Nous avons aussi illustré la répartition des couples selon les densités moyennes observées (6 ans ; figures 4 et 6). Sur ce deuxième type de figure, un carré symbolise un quadrat ; plus le nombre moyen de couples par quadrat est élevé, plus l'aire du carré est grande et plus sa coloration est foncée. L'examen visuel de la figure permet de distinguer les secteurs où l'espèce est plus abondante. Combinée au premier type de figure, la carte des densités facilite l'interprétation des hausses (baisses) relatives. Par exemple, on saura si un secteur ayant subi un changement relatif important correspond à un secteur où l'espèce est abondante ou non.

3.3 Résultats

3.3.1 Conditions d'inventaire

On constate au tableau 5 que les inventaires se sont déroulés sur une période d'environ trois semaines et qu'ils ont débuté de plus en plus tard au fil des ans. On remarque aussi les variations annuelles notables des dates du dégel du lac Saint-Jean ; 1990 et 1991 ont été les deux années présentant le dégel le plus hâtif, alors que 1994 a subi le dégel le plus tardif. Depuis 1916, seulement 5 années sont marquées par un dégel du lac Saint-Jean plus tardif que le 20 mai 1994, l'observation la plus récente étant le 21 mai 1974 et les dates les plus tardives enregistrées étant le 24 mai 1931 et le 24 mai 1947 (J. Painchaud don. inéd.). Des variations importantes de température ont été enregistrées lors des inventaires, allant de –4 °C à 30 °C. Ces variations, ainsi que les températures moyennes, sont toutefois comparables d'une année à l'autre.

Les durées annuelles moyennes des survols par quadrat fluctuent quelque peu de 1990 à 1995, allant de 82 minutes (SE = 3,4) en 1992 à 97 minutes (SE = 3,8) en 1994. On dénote une hausse significative de la durée (t_{42} = 2,72 ; P = 0,009) de l'ordre de 2,0 % en moyenne par année ou 10,5 % de 1990 à 1995. Il ne s'agit cependant pas d'une hausse graduelle de la durée, comme c'était le cas de 1985 à 1989. En effet, on observe d'abord une baisse de la durée moyenne entre 1990 et 1992, puis une hausse jusqu'en 1994, finalement suivie d'une baisse en 1995. La hausse relative annuelle moyenne estimée est par ailleurs 4 fois moins importante que celle observée lors des inventaires de 1985 à 1989. D'autre part, puisque les mêmes quadrats sont inventoriés d'une année à l'autre, on ne peut associer cette légère hausse de la durée à une hausse des superficies d'habitats propices à la nidification au cours des ans. La modélisation de la tendance des densités de couples nicheurs a par conséquent été faite sans tenir compte de la durée des survols.

Le rapport du nombre de mâles appariés sur le nombre de mâles seuls ou en groupes varie sensiblement d'année en année avec un minimum de 0,78 en 1993 et un maximum de 2,84 en 1990. Il semble que les inventaires des 3 premières années aient été faits, en moyenne, un peu tôt par rapport à la phénologie de nidification du Canard noir. Pour leur part, les inventaires de 1993 à 1995 ont apparemment été réalisés dans la période optimale recherchée puisque le rapport obtenu avoisine 1.

3.3.2 Densité de couples nicheurs

Les densités annuelles moyennes de couples nicheurs de Canard noir et de Canard colvert sont présentées au tableau 6. Les inventaires révèlent, à l'instar du suivi 1985-1989, que le Canard noir est l'espèce la plus abondante du Québec méridional, regroupant environ 22 % de tous les couples de l'ensemble des espèces de sauvagine et de huarts observés. Les densités moyennes de couples nicheurs de Canard noir par 100 km^2 sont passées de 14,33 (SE = 1,26) en 1990 à 8,63 (SE = 0,73) en 1995, alors que celles du Canard colvert sont passées de 2,05 (SE = 0,55) en 1990 à 1,46 (SE = 0,75) en 1995. Comme ces chiffres l'indiquent, le Canard colvert est beaucoup moins abondant que le Canard noir dans l'aire d'étude, bien que certains quadrats présentent des densités relativement élevées ; en particulier, 35 couples de Canard colvert ont été observés en 1994 dans un quadrat situé au nord-est de Rouyn-Noranda. C'est dans ce même quadrat que la densité maximale de 41 couples de Canard noir a été observée en 1990. À l'exception de quelques quadrats peu utilisés par ces deux espèces (densités annuelles ≤ 5 couples de Canard noir ou de Canard colvert), ce quadrat est le seul où ont été observées, lors de certaines années, des densités de Canard colvert supérieures à celles de Canard noir.

3.3.3 Tendance des effectifs nicheurs

Le tableau 7 présente les résultats de l'analyse de la tendance du nombre de couples nicheurs de Canard noir et de Canard colvert. On y trouve le seuil observé pour le test de tendance linéaire du logarithme du nombre de couples observés et, le cas échéant, l'estimation de la baisse annuelle relative moyenne. Le nombre de couples nicheurs de Canard noir a subi une baisse significative (P = 0,0001) de l'ordre de 11,2 % annuellement ou 45 % en 5 ans entre 1990 et 1995. Pendant cette même période, aucune tendance linéaire significative (P = 0,75), à la hausse ou à la baisse, n'a été observée dans le nombre de couples de Canard colvert.

La figure 3 permet de constater que la baisse significative du Canard noir est étendue à la grande majorité des quadrats du Québec méridional. En fait, seulement 7 des 43 quadrats inventoriés affichent une faible hausse relative ; ces quadrats sont localisés dans le centre et le centre-est de l'aire d'étude. On constate aussi que la baisse relative est assez homogène sur l'ensemble du territoire. La figure 4 nous indique que la

répartition du Canard noir n'est pas uniforme. Dans l'ensemble, les densités moyennes (6 années) sont plus élevées dans le sud-ouest du Québec. Ceci fait en sorte qu'en termes absolus, la baisse du nombre de couples de Canard noir est particulièrement marquée dans le sud-ouest du Québec (Outaouais et Abitibi-Témiscamingue).

La figure 5 nous dévoile que, malgré l'absence de hausse ou de baisse perceptible chez le Canard colvert sur l'ensemble du Québec méridional, certains quadrats présentent une hausse ou une baisse relative notable. Cependant, aucun patron régional n'est apparent. L'examen de la figure 6 nous révèle que la répartition de cette espèce est hétérogène en milieu boréal ; le Canard colvert est présent dans tous les quadrats du sud-ouest de l'aire d'étude mais est absent de la moitié des quadrats du centre et de l'est. Il est relativement abondant dans l'extrême ouest du Québec, en Abitibi-Térniscamingue.

3.4 Discussion

L'analyse des résultats de l'inventaire aérien de la période 1990-1995 révèle que celui-ci permet la cueillette d'informations précises sur la tendance des effectifs nicheurs de Canard noir au Québec méridional (tendance à la baisse ; $P = 0{,}0001$). Le fait de couvrir systématiquement l'ensemble du Québec méridional en inventoriant les mêmes quadrats d'année en année facilite non seulement notre capacité à détecter des changements statistiquement significatifs du nombre de couples, mais permet aussi de limiter l'effet des sources de variation autrement associées aux changements des habitats survolés d'une année à l'autre. De plus, ce plan systématique permet d'assurer une distribution uniforme des quadrats inventoriés dans l'aire d'étude et ainsi de mieux documenter la répartition de l'espèce sur le territoire (Bordage et Grenier 1995, Bordage et Reed 1995).

Comment expliquer la baisse significative des populations nicheuses de Canard noir au Québec méridional de 1990 à 1995 ? Pendant cette période, certains ajustements ont été apportés à la réglementation (date d'ouverture fixe de la saison de chasse et report d'une semaine de la date d'ouverture dans les districts à forte pression de chasse), mais la limite journalière de prise est demeurée inchangée depuis 1984. Les statistiques sur la récolte montrent pourtant une baisse importante du nombre de

Canards noirs tués par la chasse sportive au Québec de 1990 à 1995, passant de 105 277 à 52 847 (Dupuis *et al.* 1995, H. Lévesque [don. inéd. du Relevé national des prises, SCF]). En moyenne, 80 760 Canards noirs ont été abattus annuellement par la chasse sportive de 1990 à 1995, comparativement à 114 933 au cours de la période 1984-1989. La vente de permis a, pour sa part, baissé de 54 700 en 1990 à 38 896 en 1995, pour une moyenne annuelle de 48 382 permis ; rappelons que de 1984 à 1989, la moyenne annuelle de permis émis était de 58 792. L'effet de la nouvelle réglementation visant à favoriser le rétablissement des populations de Canard noir n'est donc pas évident ; la diminution observée de la récolte pouvant être conséquente à la baisse des effectifs nicheurs.

À l'instar des inventaires antérieurs dans la région de Chibougamau, les données de 1990 à 1995 montrent qu'il est très improbable que les populations de Canard colvert dans les écozones du Bouclier boréal et Maritime de l'Atlantique puissent être impliquées significativement dans la baisse importante des populations de Canard noir. En effet, les densités observées de couples nicheurs de Canard colvert sont très inférieures à celles du Canard noir. De plus, des baisses significatives du nombre de couples de Canard noir ont été notées dans plusieurs quadrats où le Canard colvert est absent. Notons que 23 hybrides entre ces deux espèces ont été identifiés durant les 6 années d'inventaire. Dix-huit de ces hybrides étaient de type Canard noir. Vingt-huit couples mixtes ont aussi été identifiés, dont 24 étaient constitués d'un mâle Canard colvert et d'une femelle Canard noir et 4 étaient composés d'un mâle Canard noir et d'une femelle Canard colvert. Enfin, 3 couples (inclus dans les 23 hybrides mentionnés précédemment) impliquant des mâles hybrides et une femelle Canard noir ont été observés : 2 mâles hybrides de type Canard noir et 1 de type Canard colvert. Presque toutes ces mentions ont été recueillies dans l'ouest de l'aire d'étude, en particulier dans 2 quadrats où le Canard colvert est abondant et dont la densité se rapproche de celle du Canard noir (cf. fig. 4 et 6). Le Canard colvert pourrait donc avoir contribué localement à la baisse observée du nombre de couples de Canard noir dans certains quadrats (via l'hybridation et peut-être la compétition pour s'accaparer les habitats les plus productifs), mais il ne peut être retenu comme facteur majeur du déclin des populations de Canard noir rencontré dans l'ensemble du territoire.

L'inventaire des mêmes quadrats à chaque année a facilité la détection des changements majeurs d'habitats de nidification survenus et qui auraient pu causer la baisse des effectifs nicheurs de Canard noir. Des études utilisant la télédétection pour caractériser les habitats sur de vastes superficies font état de perturbations importantes en milieu boréal, notamment la création de vastes réservoirs, la coupe forestière et les feux de forêt (Grenier *et al.* 1994). Toutefois, des baisses significatives de Canard noir ont été notées dans plusieurs quadrats où aucune modification des habitats, perturbés ou non, n'a pu être détectée par les observateurs au fil des ans. Cette observation laisse croire qu'il est peu probable que des modifications majeures d'habitats de nidification puissent expliquer la baisse de population observée. Des pertes d'habitats peuvent tout de même avoir contribué localement à certaines baisses. Certaines modifications du milieu ont aussi pu échapper aux observateurs lors des inventaires ; on peut penser par exemple à des changements de la qualité de l'eau. Le Canard noir a d'ailleurs été identifié comme une espèce pouvant être sensible à l'acidification des lacs (DesGranges et Darveau 1985). Il est toutefois peu probable qu'une baisse si importante des populations de Canard noir sur l'ensemble du Québec méridional ait pu se produire sous l'effet de changements de la qualité de l'eau en l'espace de quelques années.

4.0 Tendance des effectifs nicheurs 1985-1995

4.1 Aire d'étude

Un certain nombre de quadrats inventoriés dans la période 1990-1995 sont situés à l'intérieur de l'aire d'étude de la période 1985-1989. L'aire d'étude 1985-1989 sera donc retenue pour examiner l'évolution des effectifs de 1985 à 1995.

4.2 Méthodes

4.2.1 Échantillon retenu

Tous les quadrats inventoriés dans l'aire d'étude de 1985 à 1989 (figures 1 et 2) ont été utilisés pour l'analyse des tendances, à l'exception d'un quadrat inventorié de 1990 à 1992 et qui est localisé à l'est du réservoir Gouin, dans la portion de l'aire d'étude exclue des inventaires de 1985 à 1989. Ainsi, 19 quadrats par année ont été

inventoriés de 1990 à 1992, 10 l'ont été en 1993 et en 1994 (quadrats identifiés à la figure 2), et 8 en 1995.

4.2.2 Analyse des tendances

La comparaison des densités observées entre les 2 périodes d'inventaire s'avère difficile, les survols ayant été beaucoup plus longs de 1990 à 1995. Sachant que la durée des survols a vraisemblablement eu un effet non négligeable sur les densités observées de Canard noir de 1985 à 1989, on peut également s'attendre à un effet important de la hausse de la durée des survols observée entre les 2 périodes. La durée annuelle moyenne du survol d'un quadrat a en effet doublé dans cette aire d'étude, passant de 42,86 minutes pour la période 1985-1989 à 84,77 minutes pour la période 1990-1995.

Pour le Canard noir et le Canard colvert, nous avons estimé les densités annuelles moyennes de couples que l'on aurait dû observer de 1985 à 1989 si la durée moyenne des survols avait été de 84,77 minutes à chaque année. Cette estimation est basée sur le modèle ayant servi à décrire les tendances de 1985 à 1989. Rappelons que selon ce modèle, un survol c fois plus long entraîne une observation de c^{β_1} fois plus de couples (β_1 étant le paramètre associé au logarithme de la durée dans le modèle). Par exemple, sachant que la durée moyenne d'un survol a été de 38,07 minutes en 1985, que 4,68 couples de Canard noir ont été observés en moyenne par quadrat cette année-là et que le paramètre β_1 a été estimé à 1,123, on estime que l'on aurait dû observer $4{,}68 \times (84{,}77 / 38{,}07)^{1{,}123} = 11{,}50$ couples de Canard noir en 1985 pour un survol de durée comparable à la seconde période. De même, on peut estimer les densités annuelles moyennes de couples que l'on aurait dû observer de 1985 à 1989 si la durée moyenne des survols avait été constante d'une année à l'autre, soit de 42,86 minutes. Par exemple, on aurait pu s'attendre à observer $4{,}68 \times (42{,}86 / 38{,}07)^{1{,}123} = 5{,}35$ couples de Canard noir en 1985 dans ces conditions et 7,52 couples en 1989. La hausse du nombre de couples de Canard noir entre 1985 et 1989 aurait par conséquent dû être moins importante que celle observée lors des inventaires (soit de l'ordre de 2,17 couples ou 41 % au lieu de 4,25 couples ou 91 %).

4.3 Résultats

4.3.1 Densité de couples nicheurs

Les densités annuelles moyennes de couples de Canard noir observés par 100 km^2 dans l'aire commune varient de 17,13 (SE = 2,15) en 1990 à 8,63 (SE = 1,52) en 1995 (tableau 8), ce qui correspond à des écarts plus importants que ceux enregistrés dans l'ensemble de l'aire d'étude 1990-1995 (14,33 à 8,63 ; tableau 6). On rappellera que les densités observées avaient augmenté de 4,68 en 1985 à 8,93 en 1989 (tableau 3). Dans l'aire d'étude commune, le Canard noir représente 26 % du nombre de couples de l'ensemble des espèces de sauvagine et de huarts observés de 1990 à 1995, ce qui est légèrement supérieur à la proportion observée dans l'ensemble de l'aire d'étude 1990-1995, soit 22 %. La proportion observée de 1990 à 1995 dans l'aire d'étude commune est toutefois comparable à celle enregistrée de 1985 à 1989, soit 25 %.

Pour leur part, les densités annuelles moyennes de couples de Canard colvert observés par quadrat varient de 1,25 (SE = 0,73) en 1990 à 0,38 (SE = 0,26) en 1995 dans l'aire d'étude commune (tableau 8). Les densités moyennes observées avaient varié de 0,26 en 1985 à 0,69 en 1989 (tableau 3), alors qu'elles ont diminué de 2,05 en 1990 à 1,46 en 1995 dans l'ensemble de l'aire d'étude 1990-1995 (tableau 6). Les mentions de Canard colvert constituent 1,7 % de toutes les mentions de huarts et de sauvagine notées de 1985 à 1989. Pour la période 1990 à 1995, cette proportion était de 1,7 % dans l'aire commune et de 2,9 % dans l'aire d'étude 1990-1995.

4.3.2 Tendance des effectifs nicheurs

Pour chacune des espèces concernées, les densités annuelles moyennes de couples observés de 1985 à 1995 ont été portées en graphique (figures 7 et 8), de même que les estimations des densités annuelles auxquelles on aurait pu s'attendre de 1985 à 1989 pour des survols de 84,77 minutes par quadrat, d'une part, et des survols de 42,86 minutes, d'autre part. Notons que les estimations faites pour une durée moyenne des survols de 42,86 minutes risquent d'être plus réalistes que celles faites pour une durée de 84,77 minutes, puisque les données de durée ayant servi à estimer le paramètre β_1 sont en moyenne de 42,86 minutes. Il se pourrait qu'à partir d'un certain

seuil, une hausse de la durée n'ait plus d'effet sur les densités observées, mais on ignore à quel niveau se situe ce seuil.

Quoiqu'il en soit, pour le Canard noir, les densités observées de 1985 à 1989 sont visiblement plus faibles que celles observées de 1990 à 1995, ces dernières étant plutôt de l'ordre de grandeur des estimations correspondant à une durée moyenne de 84,77 minutes (figure 7).

Chez le Canard colvert, le paramètre β_1 n'est pas significativement différent de 0 ($\hat{\beta}_1$ = 0,30 ; SE = 0,35 ; P = 0,40) ; par conséquent, les densités ajustées en fonction de la durée moyenne d'inventaire sont très semblables aux densités observées. Notons qu'à l'exception de l'année 1990, les densités moyennes observées dans la période 1990-1995 sont sensiblement du même ordre de grandeur que celles de 1985-1989.

4.4 Discussion

Le plan méthodologique d'inventaire a peu changé en général entre les périodes 1985-1989 et 1990-1995 et plusieurs observateurs ont participé à la cueillette de données lors des deux périodes. On croit cependant que quelques différences méthodologiques ont pu influencer la qualité des observations. Parmi les changements apportés, on notera qu'un modèle d'hélicoptère différent a été utilisé (cf. 2.2 et 3.2), soit un « Jet Ranger » en 1985-1989, comparativement à un « Long Ranger » en 1990-1995. Ce changement a été rendu nécessaire pour tenir compte du poids supplémentaire occasionné par le fait qu'à partir de 1990, les équipes d'inventaire devaient se déplacer fréquemment avec leurs bagages afin de couvrir un territoire beaucoup plus vaste. Ce changement ne devrait toutefois pas avoir influencé la cueillette de données. D'autre part, les flotteurs n'ont plus été utilisés à partir de 1990. Bien qu'à l'origine ils avaient été utilisés pour augmenter la sécurité, il s'est avéré par la suite que l'utilisation de patins, au lieu de flotteurs, permettait de diminuer le poids et la friction de l'air, ce qui rendait l'appareil plus manœuvrable, donc plus sécuritaire. De plus, les patins permettent une meilleure visibilité aux observateurs, ce qui a pu influencer quelque peu la prise de données ; ce changement ne peut toutefois pas expliquer l'écart important observé entre les densités moyennes de Canard noir de 1989 et 1990. On croit plutôt que la réduction considérable de la vitesse de vol entre les 2 périodes, visant à compenser la

réduction du nombre de survols de 3 à 1, est vraisemblablement le principal facteur ayant pu influencer le taux de visibilité.

Quoiqu'il en soit, les données recueillies dans l'aire commune de 1985 à 1995 révèlent que, malgré les différences méthodologiques survenues, il apparaît possible de faire un lien cohérent entre les deux périodes de données. La plus grande différence entre les deux périodes réside dans la durée d'inventaire et il semble qu'une augmentation de cette durée se traduise par un effort d'inventaire accru, qu'il faut considérer dans l'examen des tendances de certaines espèces, notamment du Canard noir. Un ajustement des densités observées nous a permis de constater que le nombre de couples de Canard noir, après avoir augmenté significativement de 1985 à 1989, a par la suite diminué pour se retrouver en 1995 à un niveau inférieur à celui observé au début du programme de suivi en 1985. Il faut toutefois tenir compte du fait que ces résultats s'appliquent à l'intérieur de l'aire commune et qu'ils reposent sur une modélisation des données.

5.0 Discussion générale

Nous avons vu que le nombre de couples nicheurs de Canard noir a d'abord augmenté significativement dans l'aire d'étude de la période 1985-1989, pour ensuite diminuer significativement de 1990 à 1995 dans l'ensemble du Québec méridional. Ailleurs au Canada, les inventaires en hélicoptère du PCCN pour la période 1990-1995 révèlent que les populations étaient stables en Ontario, au Nouveau-Brunswick et en Nouvelle-Écosse (« route regression analysis », $P > 0{,}30$; Black Duck Joint Venture Technical Committee 1996). Seule Terre-Neuve montrait une baisse significative ($P = 0{,}0004$) comparable à celle enregistrée au Québec. Ces résultats font en sorte que les effectifs nicheurs de Canard noir ont diminué significativement ($P = 0{,}0001$) entre 1990 et 1995, sur l'ensemble de l'aire couverte par les inventaires en hélicoptère du PCCN. Les inventaires effectués à la mi-hiver dans les voies migratoires de l'Atlantique et du Mississippi indiquent, quant à eux, une stabilisation des populations à environ 300 000 individus depuis le début des années 80 (Serie 1993, Serie 1995, Black Duck Joint Venture Technical Committee 1996). Rappelons que ce chiffre est inférieur de 85 000 individus à l'objectif fixé par le Plan nord-américain de gestion de la sauvagine d'ici l'an 2001 (Anonyme 1986, 1994).

Nous avons aussi pu constater que l'identification des facteurs responsables des changements de densités observés n'est pas chose facile. Le suivi n'a toutefois pas été implanté dans le but d'identifier les causes de ces changements, mais principalement pour étudier l'effet de la nouvelle réglementation de chasse qui est entrée en vigueur en 1983 aux États-Unis et en 1984 au Canada. Qu'en est-il au Québec? Avant la nouvelle réglementation, soit de 1979 à 1983, 111 752 Canards noirs étaient abattus annuellement, en moyenne, par la chasse sportive (Dupuis *et al.* 1995). Ce nombre a augmenté à 114 933 pour la période 1984-1989 pour finalement redescendre à 80 760 de 1990 à 1995 ; un minimum record de 52 847 Canards noirs a été enregistré dans les estimations de la récolte de 1995 (Dupuis *et al.* 1995, H. Lévesque don. inéd.). Ainsi, les niveaux de récolte ont augmenté dans les premières années suivant les nouvelles restrictions, pour finalement diminuer sensiblement dans les années 90, ce qui n'a pas empêché les populations nicheuses de diminuer significativement depuis 1990. En fait, il semble que la récolte ait suivi les tendances des effectifs nicheurs observées et qu'une réduction substantielle de la récolte n'est apparue que dans les dernières années, années pour lesquelles le nombre de couples de Canard noir était à son plus bas niveau. Bref, l'effet des restrictions sur la récolte est loin d'avoir produit les résultats escomptés sur la population de Canard noir, puisque 11 ans plus tard, celle-ci est demeurée plus ou moins au même niveau. Toutefois, il semble que les restrictions de 1983 et 1984 imposées à la récolte sportive de Canard noir aient tout de même permis de freiner la diminution des effectifs continentaux observée depuis plusieurs années sur les sites d'hivernage.

Deux autres facteurs adverses avaient été identifiés par le PCCN comme pouvant avoir contribué à la baisse des effectifs de Canard noir : l'hybridation (ou la compétition) avec le Canard colvert et la perte (ou la modification) d'habitats. Pour ce qui est de l'influence du Canard colvert, nous n'avons observé que très peu d'hybrides et de couples mixtes lors des inventaires ; de plus, les hybrides observés étaient généralement de type Canard noir. Le Canard colvert, par compétition, pourrait aussi exclure le Canard noir des habitats de reproduction les plus productifs (Merendino *et al.* 1993). Cela pourrait expliquer le fait qu'en Ontario par exemple, et vraisemblablement dans la vallée du Saint-Laurent, le déclin des effectifs de Canard noir est concomitant à une hausse équivalente des effectifs de Canard colvert (Ankney *et al.* 1987). Mais, comme

nous l'avons préalablement vu, il est très improbable que ces mécanismes puissent expliquer le déclin observé au Québec dans les populations de Canard noir des écozones du Bouclier boréal et Maritime de l'Atlantique. D'une part, les densités observées de Canard colvert sont très faibles. D'autre part, le nombre de couples de ces deux espèces a augmenté de 1985 à 1989, puis les effectifs de Canard noir diminuaient significativement de 1990 à 1995 alors qu'aucune tendance significative n'était observée chez le Canard colvert. Enfin, des baisses importantes du nombre de couples de Canard noir ont été observées dans plusieurs quadrats où le Canard colvert était absent ou en nombre négligeable.

En ce qui a trait aux pertes ou aux modifications des habitats de nidification, on note que des baisses importantes de Canard noir ont été observées dans la majorité des quadrats inventoriés de 1990 à 1995, alors qu'aucune modification majeure des habitats n'a été perçue par les observateurs dans ces mêmes quadrats. Il est donc très improbable que la perte d'habitats de nidification ait pu influencer significativement les effectifs nicheurs de Canard noir du Québec méridional.

Néanmoins, il est possible que des modifications d'habitats ainsi que la présence du Canard colvert aient pu contribuer localement au déclin des effectifs de Canard noir. Il demeure donc important de suivre l'évolution de ces paramètres en parallèle avec le suivi des couples nicheurs de Canard noir. D'autre part, il est possible que ces facteurs, ou d'autres facteurs adverses, aient pu agir sur les populations nicheuses de Canard noir plus tard en saison, lors de l'élevage des canetons ou de la mue par exemple. Les populations inventoriées au Québec en période de nidification peuvent aussi être influencées par des facteurs négatifs agissant sur les sites de rassemblement en hiver. L'impact de ces facteurs semble toutefois ne pas être particulièrement important, compte tenu de la stabilité des effectifs en hiver. Bref, à la lumière des résultats obtenus jusqu'à présent, il semble que la récolte par la chasse sportive demeure l'élément le plus préoccupant dans la problématique du Canard noir au Québec.

6.0 Conclusion

Ces deux premières séries d'inventaires couvrant le cœur de l'aire de nidification du Canard noir au Québec ont permis de recueillir des données instructives sur les ten-

dances à court et à moyen termes des effectifs, ainsi que sur la répartition de l'espèce en période de reproduction. Au suivi des populations hivernantes des voies migratoires de l'Atlantique et du Mississippi, le suivi des couples nicheurs du Plan conjoint sur le Canard noir ajoute un élément substantiel d'information sur le statut de l'espèce. Notamment, le suivi de la nidification s'avère plus précis que l'inventaire hivernal, ce qui permet une analyse des tendances sur une plus courte période. Par conséquent, le suivi en hélicoptère des couples nicheurs de Canard noir devient un précieux outil d'aide à la décision concernant les mesures à prendre pour assurer la conservation de l'espèce.

Remerciements

De 1985 à 1989, le suivi a été réalisé en collaboration avec le ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec (MEF ; auparavant le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, MLCP). A. Bourget, C.-A. Drolet, A. Reed, J.-P.L. Savard (SCF-Québec), ainsi que le Comité technique du Plan conjoint sur le Canard noir, notamment K. Ross (SCF-Ontario) et M. Bateman (SCF-Maritimes), ont fourni de judicieux conseils lors de la planification des suivis. C. LePage (Fondation Les oiseleurs du Québec, FOQ) a participé à l'élaboration de plusieurs éléments du rapport, notamment certains tableaux et la majorité des figures. Les cartes ont été réalisées par M. Melançon (SCF-Québec). L. Breton (FOQ) a compilé les statistiques sur la récolte sportive. P. Chagnon et G. Falardeau (SCF-Québec) ont élaboré des programmes informatiques utilisés au début du suivi 1985-1989. La Fondation Les oiseleurs du Québec, via Mario Labonté et Hélène Bernier, a grandement facilité la planification, la réalisation et la compilation des résultats de cette étude. A. Bourget (SCF-Québec), K. Dickson (SCF-Hull), C. LePage (FOQ) et M. Lepage (MEF) ont judicieusement commenté une version préliminaire de ce rapport. Nous tenons aussi à remercier tous les observateurs du SCF-Québec, du MEF et de la FOQ qui ont participé aux inventaires : Y. Aubry, G. Avoine, S. Barrette, A. Bouchard, A. Bourget, S. Brodeur, P. Brousseau, M. Caron, M. Castilloux, A. Cossette, M. Cournoyer, G. Couture, R. Deschênes, P. Dupuis, J.-L. Fortin, P. Fragnier, D. Gendron, A. Gouge, M. Jean, A. Lachance, J. Landry, M. Leclerc, J. Lemire, M. Lepage, G. Lupien, S. Marchand, R. McNicoll, S. Orichefsky, R. Ouellet, J. Poirier, S. Proteau, A. Raymond, S. Rhéaume, S. Rivard, C. Savoie, S. St-Onge,

D. Tremblay et S. Turgeon. Enfin, un merci spécial à tous les pilotes expérimentés, qui ont permis l'obtention de données de qualité tout en assurant la sécurité des observateurs. Cette étude a été rendue possible grâce à la contribution financière du Plan conjoint sur le Canard noir, une composante du Plan nord-américain de gestion de la sauvagine.

Ouvrages cités

Agresti, A. 1996. An introduction to categorical data analysis. John Wiley & Sons Inc., New York.

Ankney, C.D., D.G. Dennis et R.C. Bailey. 1987. Increasing Mallards, decreasing American Black Ducks : coincidence or cause and effect ? J. Wildl. Manage. 51 : 523-529.

Anonyme. 1986. Plan nord-américain de gestion de la sauvagine. Environ. Canada, Serv. can. de la faune et U.S. Dept. of the Interior, Fish and Wildl. Serv.

Anonyme. 1994. Mise à jour du Plan nord-américain de gestion de la sauvagine 1994 : un engagement à la mesure des nouveaux défis. Environ. Canada, Serv. can. de la faune, Secretaria de Desarrollo Social du Mexique et U.S. Dept. of the Interior, Fish and Wildl. Serv.

Bellrose, F.C. 1976. Ducks, geese and swans of North America. 2e éd. Stackpole Books, Harrisburg, Pennsylvania.

Black Duck Joint Venture Technical Committee. 1996. Black Duck Joint Venture 1995 annual progress report. Can. Wildl. Serv., Sackville, NB, Canada and U.S. Fish and Wildl. Serv., Laurel, MD, USA.

Bordage, D. et M. Grenier. 1995. Les cartes d'abondance de la sauvagine et du Huart à collier dans le Québec méridional, p. 87 dans Gauthier, J. et Y. Aubry (sous la direction de). Les Oiseaux nicheurs du Québec : Atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional. Association québécoise des groupes d'ornithologues, Société québécoise de protection des oiseaux, Service canadien de la faune, Environnement Canada, région du Québec, Montréal, xviii+1295 p.

Bordage, D. et A. Reed. 1995. Canard noir, p. 274-277 dans Gauthier, J. et Y. Aubry (sous la direction de). Les Oiseaux nicheurs du Québec : Atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional. Association québécoise des groupes d'ornithologues, Société québécoise de protection des oiseaux, Service canadien de la faune, Environnement Canada, région du Québec, Montréal, xviii+1295 p.

DesGranges, J.-L. et M. Darveau. 1985. Effect of lake acidity and morphometry on the distribution of aquatic birds in southern Quebec. Holarctic Ecology 8 : 181-190.

Dupuis, P., A. Bourget et H. Lévesque. 1995. Estimation des prises d'oiseaux migrateurs considérés comme gibier par la chasse sportive au Québec pour les années 1973 à 1992, p. 1236-1237 dans Gauthier, J. et Y. Aubry (sous la direction de). Les Oiseaux nicheurs du Québec : Atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional. Association québécoise des groupes d'ornithologues, Société québécoise de protection des oiseaux, Service canadien de la faune, Environnement Canada, région du Québec, Montréal, xviii+1295 p.

Gollop, J.G. et W.H. Marshall. 1954. A guide for aging duck broods in the field. Miss. Flyway Coun. Tech. Sect. Rept. Mimeo.

Grenier, M., D. Bordage et N. Plante. 1994. La télédétection, un complément avantageux aux inventaires pour évaluer la répartition de la sauvagine sur de vastes territoires. J. Can. de télédétection 20(2) : 162-170.

Groupe de travail sur la stratification écologique. 1995. Cadre écologique national pour le Canada. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Direction générale de la recherche, Centre de recherches sur les terres et les ressources biologiques, et Environnement Canada, Direction générale de l'état de l'environnement, Direction de l'analyse des écozones, Ottawa/Hull. Rapport et carte nationale 1:7 500 000.

Harrison, C. 1984. A field guide to the nests, eggs and nestlings of North American birds. 2e éd. Collings Publishers, Don Mills, Ont.

Merendino, M.T., C.D. Ankney et D.G. Dennis. 1993. Increasing Mallards, decreasing American Black Ducks : more evidence for cause and effect. J. Wildl. Manage. 57 : 199-208.

Reed, A. 1978. Canadian waterfowl management plan - Quebec. Unpubl. Report, Can. Wildl. Serv., Sainte-Foy, Québec.

Rogers, J.P. et J.H. Patterson. 1984. The Black Duck population and its management. Trans. N. Amer. Wildl. and Natur. Resour. Conf. 49 : 527-534.

Rusch, D.H., C.D. Ankney, H. Boyd, J.R. Longcore, F. Montalbano III, J.K. Ringelman et V.D. Stotts. 1989. Population ecology and harvest of the American Black Duck: a review. Wildl. Soc. Bull. 17 : 379-406.

SAS Institute Inc. 1996. SAS/STAT Software: changes and enhancements through release 6.11. Cary, NC.

Serie, J. 1993. Waterfowl harvest and population survey data. U.S. Fish and Wildl. Serv., Laurel, MD.

Serie, J. 1995. Results of the 1995 midwinter waterfowl survey in the Atlantic Flyway States. U.S. Fish and Wildl. Serv., Laurel, MD.

Thibault, M. 1985. Les régions écologiques du Québec méridional ; deuxième approximation. Service de la cartographie, ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec. Carte 1:1 250 000.

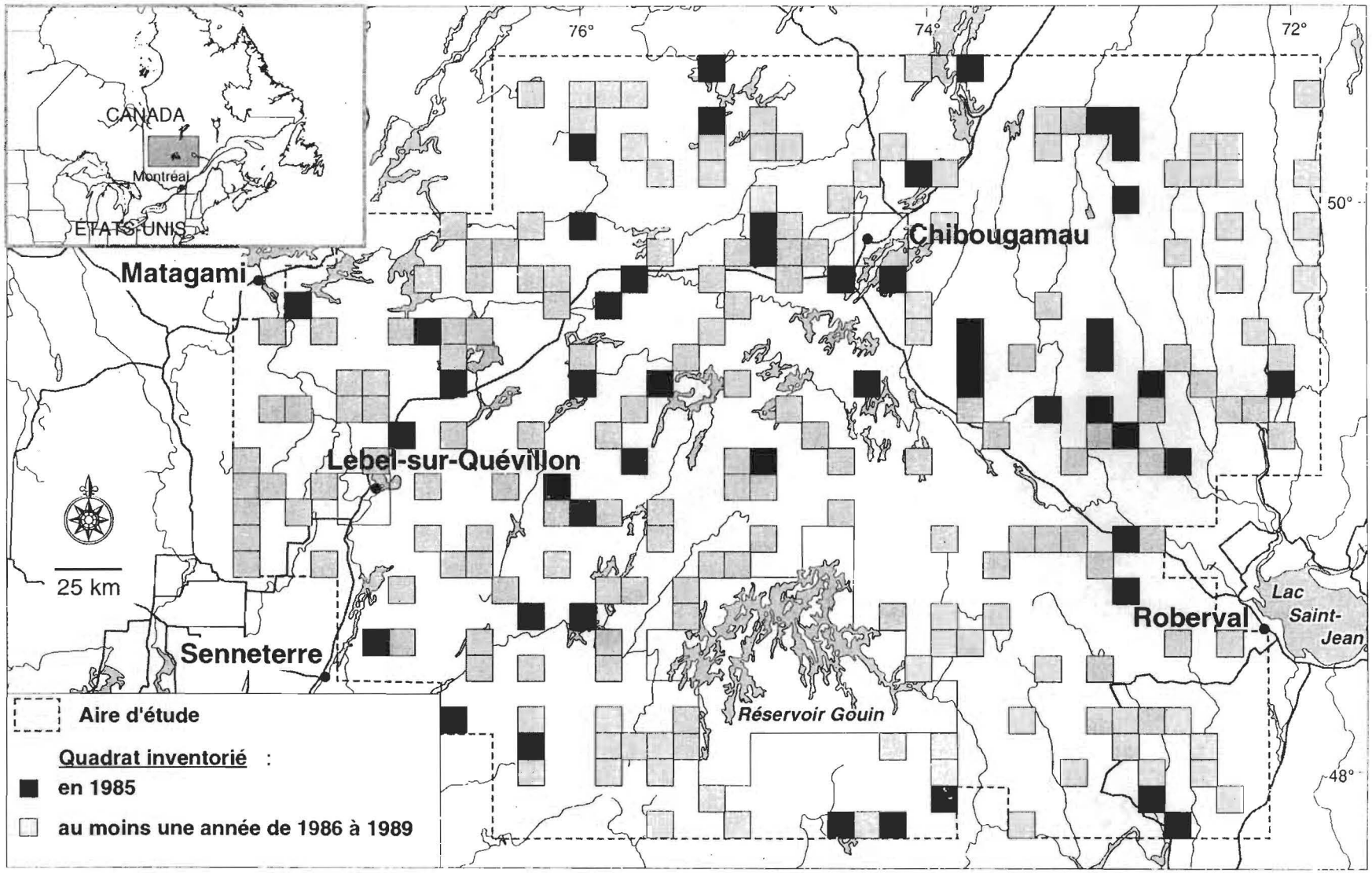

Figure 1. Aire d'étude pour la période 1985-1989

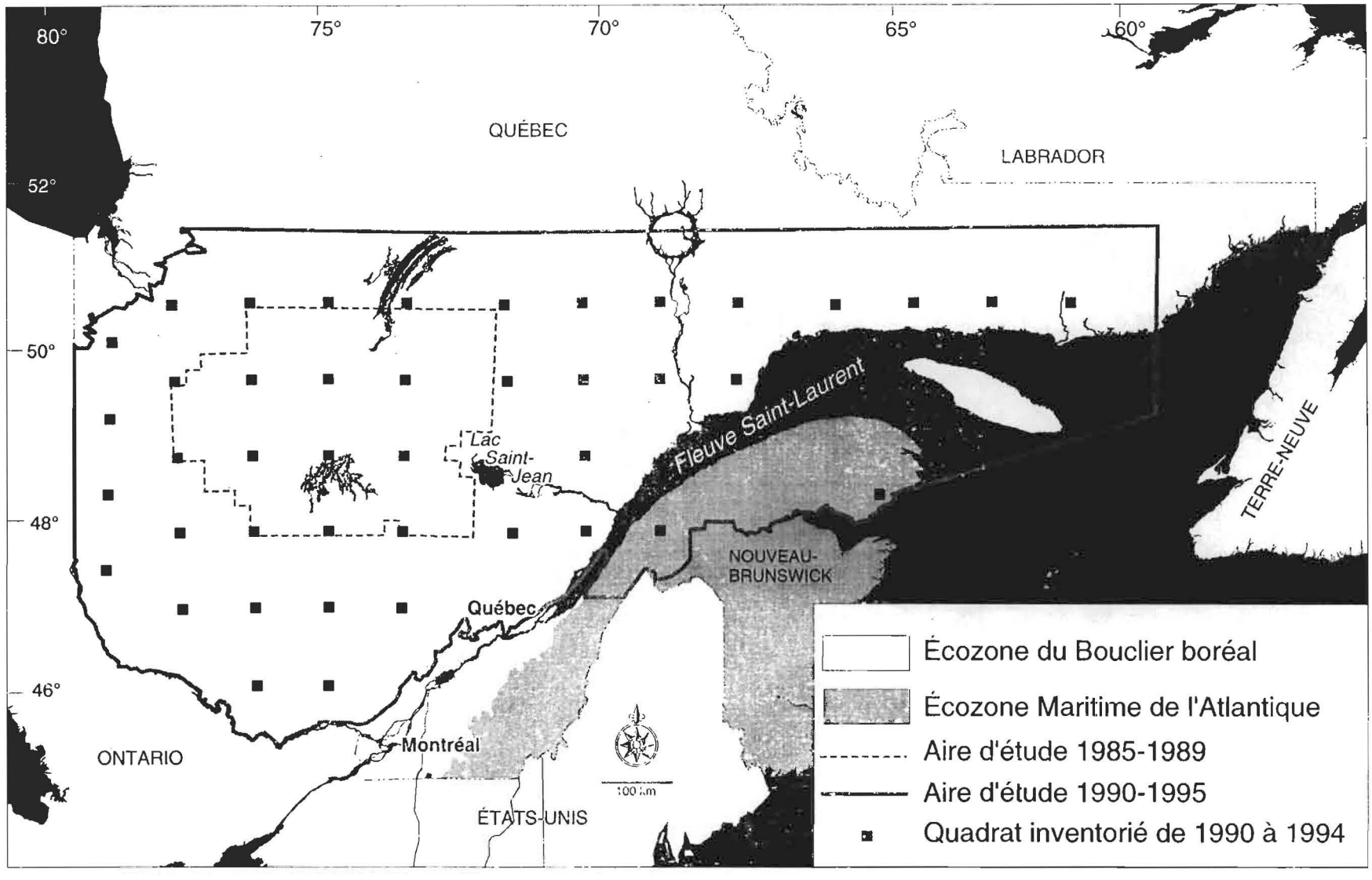

Figure 2. Aire d'étude pour la période 1990-1995

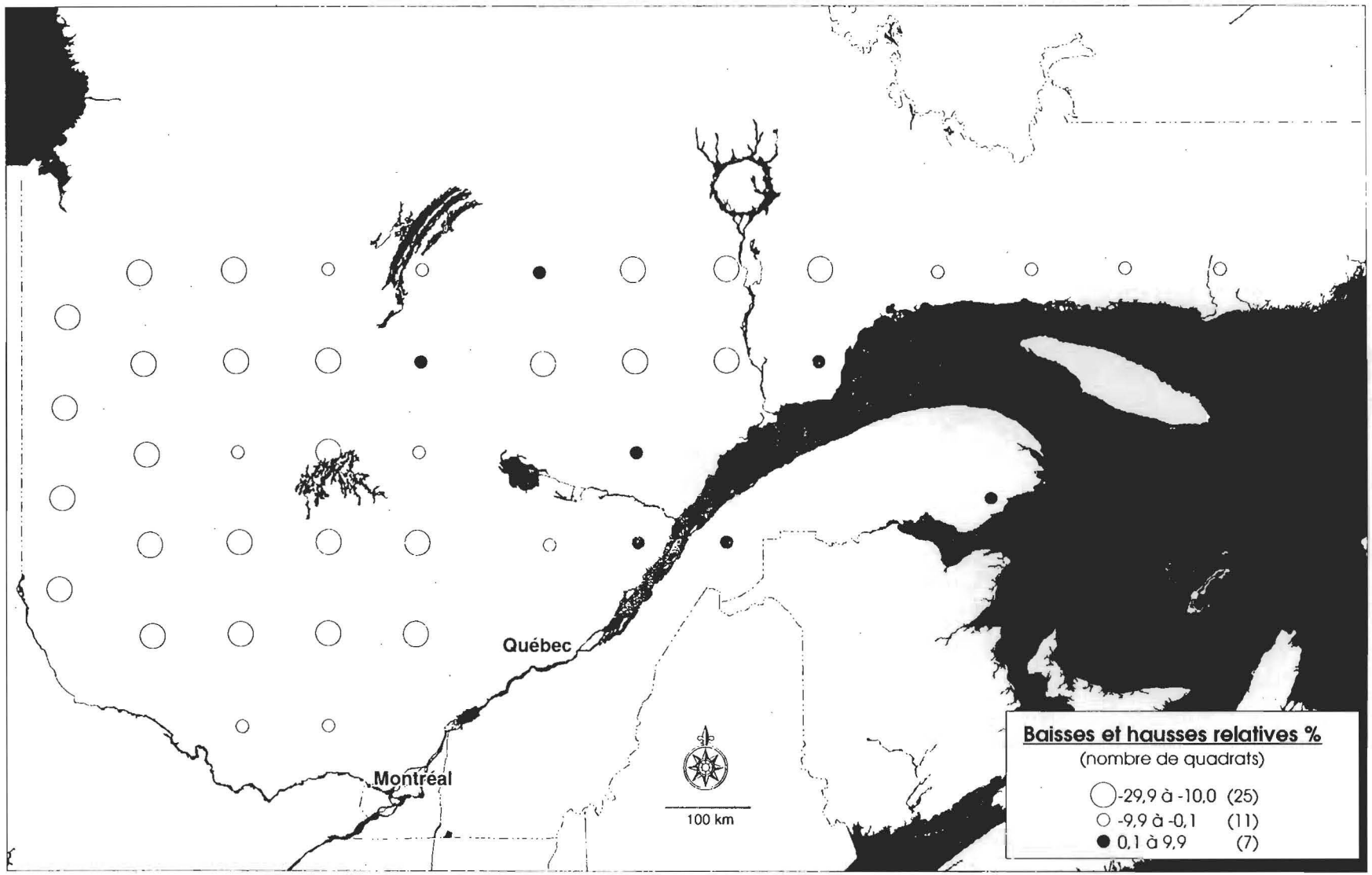

Figure 3. Changement relatif annuel moyen du nombre de couples de Canard noir au Québec méridional (1990-1995)

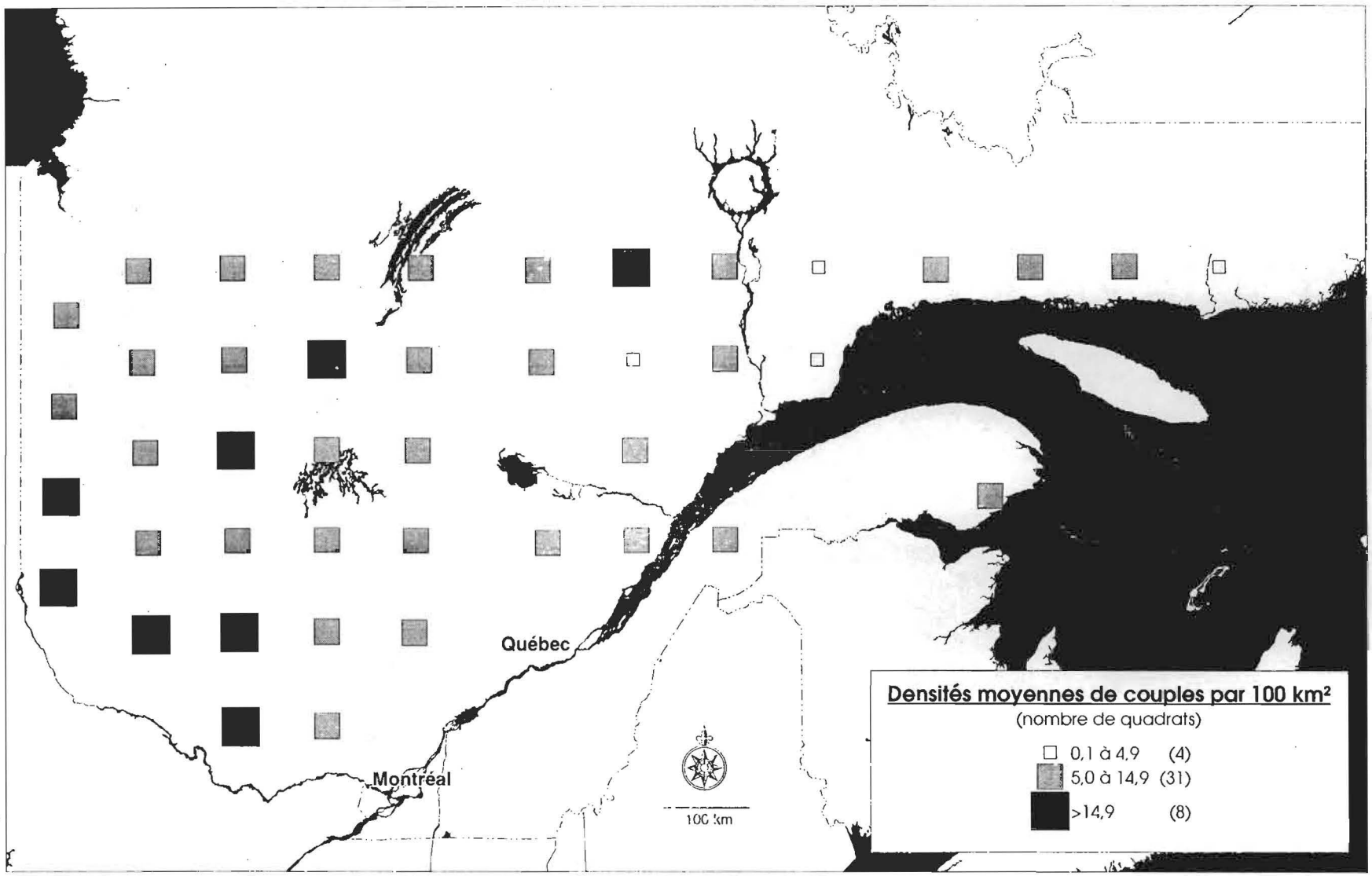

Figure 4. Répartition des couples de Canard noir au Québec méridional (1990-1995)

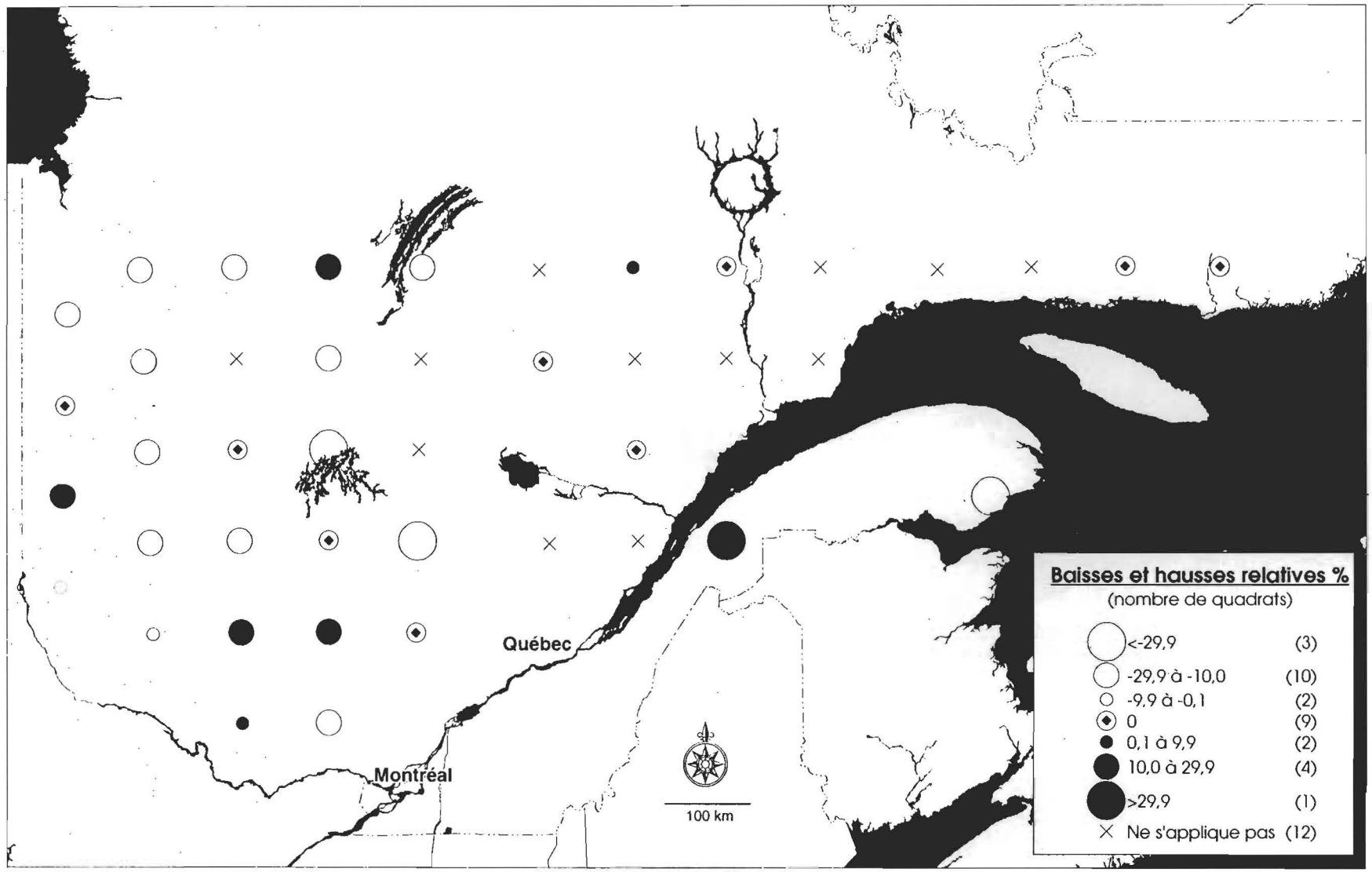

Figure 5. Changement relatif annuel moyen du nombre de couples de Canard colvert au Québec méridional (1990-1995)

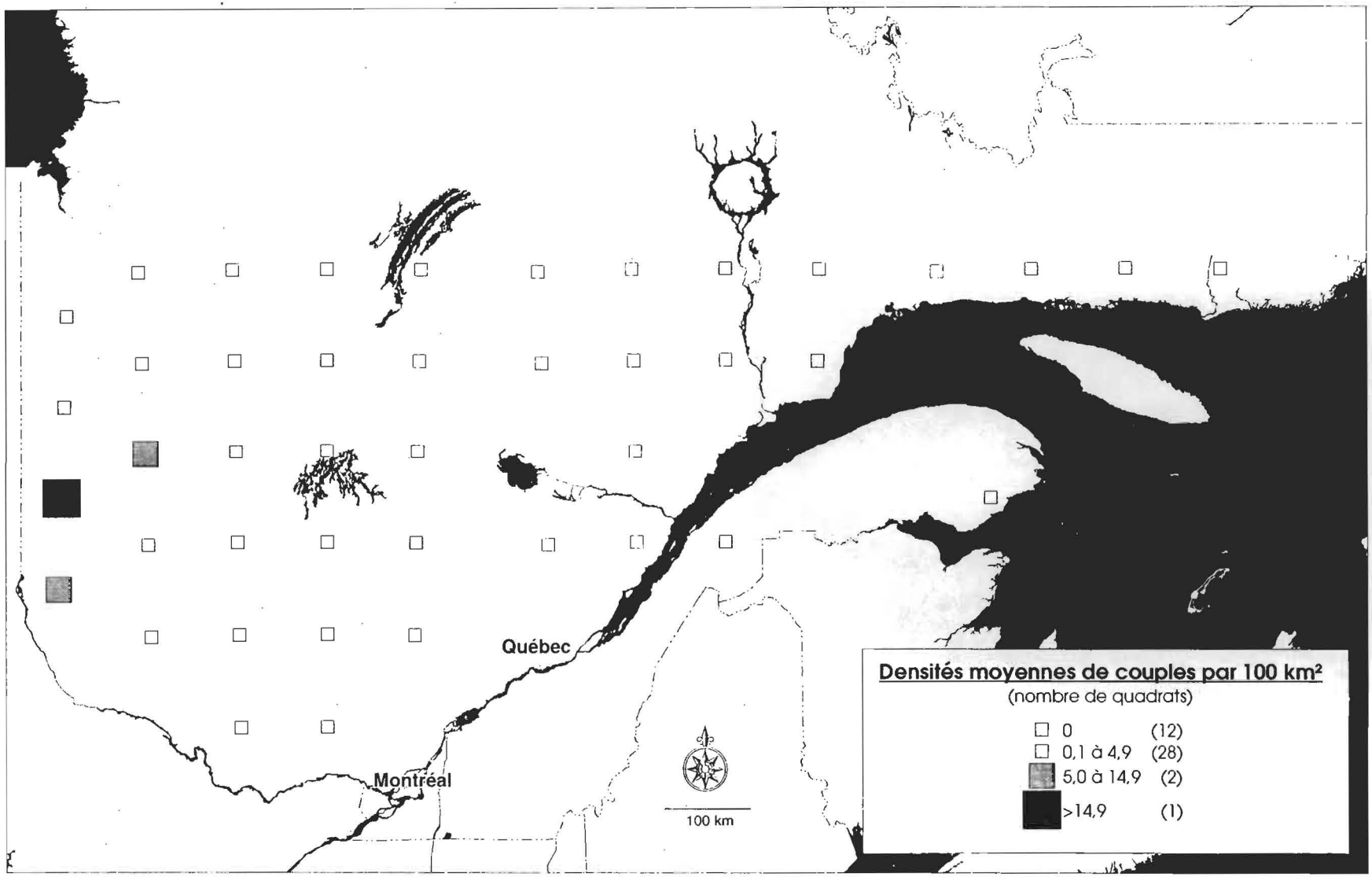

Figure 6. Répartition des couples de Canard colvert au Québec méridional (1990-1995)

Figure 7. Densités annuelles moyennes observées (—) et estimées (- - -) de couples de Canard noir dans l'aire d'étude commune 1985-1995 ; les estimations reposent sur une durée de survol constante de 42,86 min (▲) ou de 84,77 min (■)

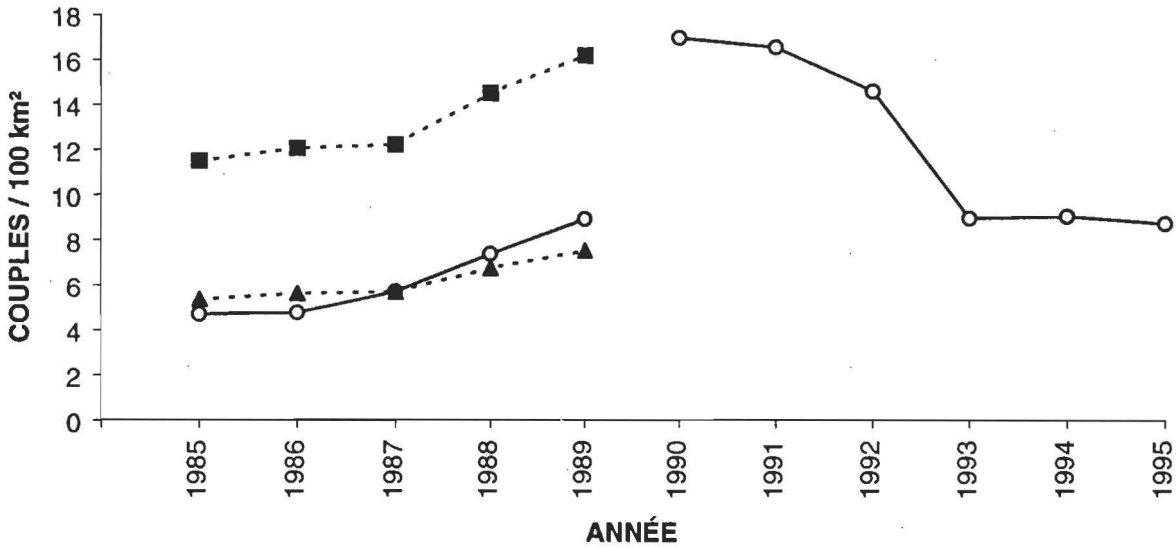

Figure 8. Densités annuelles moyennes observées (—) et estimées (- - -) de couples de Canard colvert dans l'aire d'étude commune 1985-1995 ; les estimations reposent sur une durée de survol constante de 42,86 min (▲) ou de 84,77 min (■)

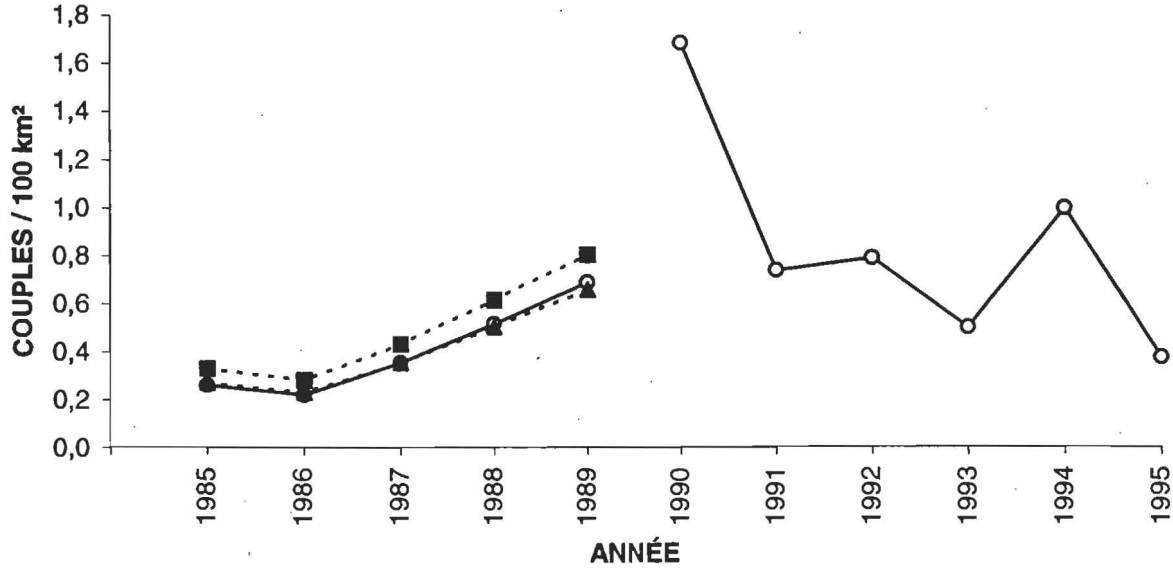

Tableau 1. Conditions d'observation 1985-1989

Année	Période d'inventaire (jj/mm)	Étendue (jours)[1]	Dégel du lac Saint-Jean (jj/mm)	Température (°C)[2]	Durée (min)[3]	Indice de période optimale[4]
1985	11/05-26/05	9 (4-14)	10/05	9 (–2-22)	38 (17-67)	?-0,69
1986	12/05-27/05	9 (6-14)	02/05	15 (–2-27)	37 (15-63)	?-0,37
1987	05/05-20/05	10 (7-14)	21/04	7 (–5-22)	43 (16-71)	?-0,44
1988	10/05-24/05	8 (3-12)	02/05	10 (–10-31)	46 (21-82)	0,66-0,43
1989	09/05-24/05	9 (6-13)	13/05	15 (–6-27)	50 (22-84)	0,90-1,01

Tableau 2. Chronologie de la reproduction évaluée lors de l'inventaire aérien du 6 au 9 juillet 1988

Espèce	n[5]	Estimation de la durée (jours)[6]				Rétrodatation du début de la ponte (jj/mm)	
		P	I	C	Cl	médiane	plus hâtive - plus tardive
Canard noir	85	9	27	33	IIb	30/04	11/04-24/05
Canard colvert	1	9	28	31	IIb	01/05	01/05-01/05

Tableau 3. Densité annuelle moyenne de couples par 100 km^2 (SE) pour la période 1985-1989 dans la région de Chibougamau

Espèce	1985	1986	1987	1988	1989
Canard noir	4,68 (0,34)	4,75 (0,34)	5,69 (0,45)	7,37 (0,60)	8,93 (0,65)
Canard colvert	0,26 (0,08)	0,22 (0,06)	0,35 (0,08)	0,51 (0,10)	0,69 (0,15)

[1] Nombre de jours entre le premier et le troisième survol d'un quadrat : moyenne (minimum-maximum).

[2] Température de l'air enregistrée de l'hélicoptère pendant les inventaires : moyenne (minimum-maximum).

[3] Durée de l'inventaire d'un quadrat : moyenne (minimum-maximum).

[4] Rapport du nombre de mâles appariés (1 mâle+1 femelle) sur le nombre de mâles seuls ou en groupes sans femelle (l'indice de période optimale [rapport] recherché est 1) ; Canard noir - autres canards barboteurs.

[5] Nombre de couvées dont l'estimation de la classe d'âge (Gollop et Marshall 1954) a permis la rétrodatation.

[6] Estimation du nombre de jours pour la ponte (P), l'incubation (I) et la croissance des canetons (C) selon la classe médiane d'âge observée (Cl); d'après des moyennes nord-américaines tirées de Bellrose (1976) et Harrison (1984).

Tableau 4. Tendance des effectifs nicheurs (couples) de 1985 à 1989 dans la région de Chibougamau ; seuil observé pour le test de l'effet de l'année et pour le test de tendance linéaire (hausse annuelle relative moyenne entre parenthèses) ; test sur les effets polynomiaux, un « non » signifie que le changement annuel relatif est constant

	Modèle (1) $\log[E(\text{couples})] = \mu + \alpha_i + \gamma_j$			Modèle (2) $\log[E(\text{couples})] = \beta_0 + \beta_1 \log(\text{durée}) + \alpha_i + \gamma_j$		
Espèce	test de variations annuelles	test de tendance linéaire ($\hat{\Delta}$)	test sur les effets polynom.	test de variations annuelles	test de tendance linéaire ($\hat{\Delta}$)	test sur les effets polynom.
Canard noir	0,0001	0,0001 (+18,5 %)	non	0,0012	0,0001 (+8,7 %)	non
Canard colvert	0,0002	0,0001 (+31,0 %)	non	0,0046	0,0003 (+28,5 %)	non

Tableau 5. Conditions d'observation 1990-1995

Année	Période d'inventaire (jj/mm)	Dégel du lac Saint-Jean (jj/mm)	Température (°C)[1]	Durée (min)[2]	Indice de période optimale[3]
1990	02/05-23/05	09/05	7 (–4-21)	88 (45-192)	2,84
1991	04/05-23/05	07/05	7 (–4-22)	83 (20-147)	1,96
1992	08/05-27/05	15/05	12 (–1-27)	82 (33-134)	2,04
1993	10/05-28/05	10/05	9 (0-30)	87 (32-145)	0,78
1994	10/05-04/06	20/05	10 (–3-24)	97 (40-161)	1,15
1995	11/05-01/06	14/05	8 (1-18)	92 (44-168)	1,13

Tableau 6. Densité annuelle moyenne de couples par 100 km^2 (SE) pour la période 1990-1995 au Québec méridional

Espèce	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Canard noir	14,33 (1,26)	12,63 (1,13)	11,40 (0,98)	7,67 (0,65)	8,40 (0,68)	8,63 (0,73)
Canard colvert	2,05 (0,55)	1,37 (0,50)	1,63 (0,52)	1,16 (0,51)	1,91 (0,84)	1,46 (0,75)

[1] Température de l'air enregistrée de l'hélicoptère pendant les inventaires : moyenne (minimum-maximum).

[2] Durée de l'inventaire d'un quadrat : moyenne (minimum-maximum).

[3] Rapport du nombre de mâles appariés (1 mâle+1 femelle) sur le nombre de mâles seuls ou en groupes sans femelle (l'indice de période optimale [rapport] recherché est 1), pour le Canard noir.

Tableau 7. Tendance des effectifs nicheurs (couples) de 1990 à 1995 au Québec méridional ; seuil observé (baisse annuelle relative moyenne entre parenthèses)

Espèce	test de tendance linéaire ($\hat{\Delta}$)
Canard noir	0,0001 (–11,2 %)
Canard colvert	0,75

Tableau 8. Densité annuelle moyenne de couples par 100 km^2 (SE) pour la période 1990-1995 dans l'aire d'étude commune de la région de Chibougamau

Espèce	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Canard noir	17,13 (2,15)	17,13 (2,27)	14,88 (2,06)	8,50 (1,32)	8,88 (1,65)	8,63 (1,52)
Canard colvert	1,25 (0,73)	0,63 (0,26)	0,63 (0,38)	0,25 (0,16)	0,38 (0,26)	0,38 (0,26)