

RÉSULTATS DES DEUX PREMIÈRES ANNÉES D'UN PLAN QUINQUENNAL
D'INVENTAIRE AÉRIEN POUR LA GESTION DE L'ORIGNAL AU QUÉBEC

M. Crête
et
R. Joly

Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche
Direction de la recherche faunique
9530, rue de la Faune, Charlesbourg
Québec, G1G 5E5

Résumé: Un plan quinquennal visant le suivi de la densité de l'orignal (*Alces alces*) a débuté au Québec en 1980. Environ 120 parcelles de 60 km² chacune ont été couvertes annuellement entre le 46^e et 50^e degré de latitude. Les Zones d'Aménagement et de Conservation (Z.A.C.), couvrant en moyenne 10 000 km², ont servi de base à la stratification de l'aire à l'étude. L'échantillonnage a suivi une allocation optimale des parcelles basée sur l'intensité de la récolte d'orignaux depuis cinq ans. Seuls des avions monomoteurs ont servi à l'exécution des inventaires. La densité de l'orignal a été estimée à l'aide d'un modèle à trois variables explicatives prédisant la densité qu'aurait trouvée une équipe à bord d'un hélicoptère si elle avait fait un décompte total des animaux occupant les parcelles. Ce modèle tient compte du nombre d'orignaux vus d'un avion monomoteur en vol rectiligne, du pourcentage de la parcelle occupé par les réseaux de pistes et de l'abondance des peuplements forestiers ouverts. Les résultats des deux premières années ont révélé des densités moyennes de 0,12 et 0,14 orignal km⁻². Deux problèmes ont surgi lors de la réalisation de ce programme: 1) dans des milieux très ouverts, la droite d'estimation a donné à l'occasion des prédictions négatives; 2) une méthode correcte de calcul des intervalles de confiance n'est pas encore déterminée. Le premier problème a été en grande partie résolu par le calcul d'un nouveau modèle basé sur un plus grand éventail de degré d'ou-

verture des peuplements forestiers; le second problème est encore à l'étude.

Abstract: A five year program for monitoring moose (*Alces alces*) density by aerial census has been initiated in Québec in 1980. Approximately 120 plots covering 60 km² each and distributed between the 46th and the 50th degree of latitude have been surveyed annually. Stratification of the study area was based on Management and Conservation Zones (Z.A.C.) covering on the average 10 000 km². Plots were optimally allocated between Z.A.C. according to the size of the previous five year moose harvests. Aerial surveys have been conducted according to a standardized method using single engine fixed-wing aircraft only. Moose density has been estimated with a multiple regression equation predicting the density which would have been found by a team flown in a helicopter if it had counted all moose within the plots. This model uses the number of moose seen from a fixed-wing aircraft flying in a straight line, the area covered by winter yards, and the degree of closure of forest canopy. The first two years of survey have led to mean estimates of 0,12 and 0,14 moose km⁻². Two problems have arisen since the outset of this program: 1) some estimations have led to negative density when the canopy was much open; 2) a statistically appropriate way of calculating confidence intervals has not been developed yet. The first problem has been mostly solved by calculating a new regression covering a larger range of percentage of open forest stands; the second problem is still unsolved.

Une saine gestion d'une population d'orignaux (*Alces alces*) destinée à la chasse sportive intensive vise deux buts: 1) maintenir la densité au niveau qui permet les récoltes optimales; 2) garder la productivité à son maximum. Des travaux récents (Goudreault 1980);



Crête et al. 1981) ont suggéré qu'une densité de 0,2 orignal km^{-2} permettrait les récoltes annuelles d'originaux les plus grandes dans le sud-ouest du Québec. La pertinence de cette densité cible est d'ailleurs actuellement évaluée par un projet de recherche où l'on vise à produire, après cinq ans, cinq niveaux stables de densité variant de 0,1 à 0,4 orignal km^{-2} dans autant d'aires adjacentes en appliquant cinq niveaux de pression de chasse. Par ailleurs au Québec, la productivité d'une population d'originaux semble liée au rapport des sexes chez les adultes, la productivité diminuant avec une rareté croissante de mâles (Crête et al. 1981). Un niveau acceptable de mâles peut toutefois être maintenu en plaçant les saisons de chasse après le rut (Crête et al. 1981), les mâles étant moins vulnérables à cette période. Comme la densité est un paramètre susceptible de varier plus rapidement que la productivité, nous ne discuterons ici que du suivi de ce premier paramètre.

Il y a actuellement deux méthodes disponibles au Québec pour mesurer la densité de l'original, l'une directe, l'inventaire aérien en hiver (Crête et St-Hilaire 1979), l'autre indirecte, l'effort de chasse (Crête et al. 1981). Bien que la relation entre l'effort de chasse et la densité de l'original soit très claire, seulement deux enquêtes postales fournissant cette mesure pour l'ensemble du Québec étaient disponibles au début du programme, rendant cette approche imprécise pour des prédictions au niveau d'aires plus restreintes comme les zones de chasse. L'inventaire aérien a donc été retenu pour suivre l'évolution numérique de la densité de l'original sur l'ensemble du territoire québécois pendant une période de cinq ans, d'autant plus qu'une méthode économique était proposée par Crête et St-Hilaire (1979).

MÉTHODES

La méthode d'inventaire aérien utilisée permet de prédire la densité d'originaux qui serait trouvée à partir d'un hélicoptère dénombrant tous les originaux en utilisant seulement des observations faites d'un avion monomoteur. La densité prédite est calculée à l'aide d'une équation d'estimation à trois variables explicatives qui sont: 1) le nombre d'originaux vus de l'avion par deux observateurs, 2) le pourcentage de l'aire occupée par les réseaux de pistes d'originaux et 3) le pourcentage de peuplements forestiers ouverts. L'avion vole à une vitesse de 160 km h^{-1} , et à une altitude moyenne de 110 m. L'inventaire a lieu au début de l'hiver lorsque la neige au sol atteint une épaisseur de 25 à 90 cm. Huit à 10 équipes expérimentées participent annuellement au programme d'inventaire: au début de celui-ci, il y eut un stage de formation pour tout le personnel impliqué afin de s'assurer de l'uniformité des méthodes de travail.

L'aire à l'étude se limite à la partie du Québec où l'original est vraiment abondant et où se pratique principalement la chasse sportive, soit entre le 46° et le 50° parallèle (fig. 1). Au sud et au nord de ce secteur, des informations sur la distribution et l'abondance de l'original sont quand même recueillies parallèlement aux inventaires du cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) et du caribou (*Rangifer tarandus*). L'aire à l'étude est annuellement échantillonnée à l'aide de 120 parcelles rectangulaires de 60 km^2 ($6 \times 10 \text{ km}$). Ce nombre de parcelles a été retenu pour s'assurer d'une bonne précision statistique au niveau provincial tout en tenant compte des limites financières de notre Ministère. Au-dessus de chaque parcelle, l'avion parcourt 12 lignes

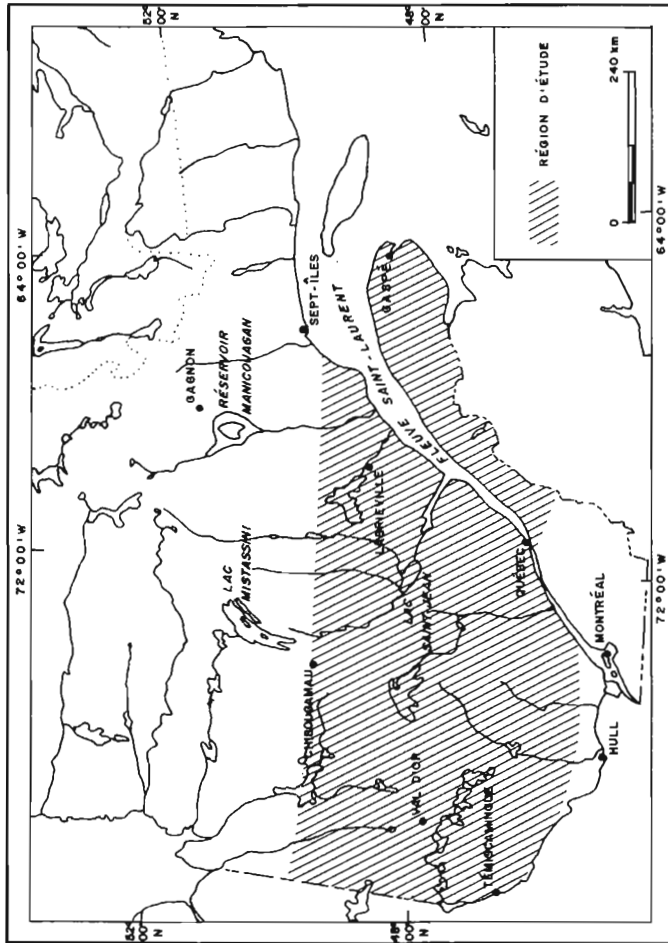


Figure 1. Localisation de l'aire d'étude

parallèles, distantes de 500 m les unes des autres et orientées nord-sud.

L'aire d'étude a été divisée en 41 strates, constituée chacune d'une zone d'Aménagement et de Conservation (Z.A.C.). Les Z.A.C. représentent des unités territoriales pour la gestion faunique et couvrent en moyenne 10 000 km²; elles ne sont toutefois pas encore utilisées et ce sont les zones de chasse traditionnelles qui servent actuellement à la gestion de l'orignal.

L'allocation des parcelles entre les strates a été optimisée (Cochran 1977:78) selon le niveau de récolte des cinq dernières années (fig. 2). Ce critère d'optimisation a été retenu car il reflète assez bien les densités de population. La localisation des parcelles à l'intérieur de chaque strate a été tirée au hasard, sans remise, en se servant des unités de 100 km² (10x10 km) du système transverse de Mercator. Toutefois les unités contenant plus de 25 pour cent de plans d'eau, de milieux agricoles ou urbains furent éliminées car elles ne constituent pas un milieu propice à l'orignal.

Comme la densité de l'orignal est estimée pour chaque parcelle à l'aide d'une droite d'estimation, le calcul de la précision statistique associée à une densité moyenne par parcelle pour l'ensemble du Québec ou d'une Z.A.C. pose le problème du calcul de variance pour le produit de deux valeurs estimées. De fait ce problème n'est pas encore résolu. Nous nous sommes quand même permis d'estimer la variance de la densité moyenne de façon classique pour l'ensemble du Québec et pour trois groupes de zones de chasse, assumant que chaque estimation de densité par parcelle était une mesure exacte de la densité; cet exercice visait à connaître l'ordre de grandeur de la variabilité de la densité moyenne à travers le territoire québécois.

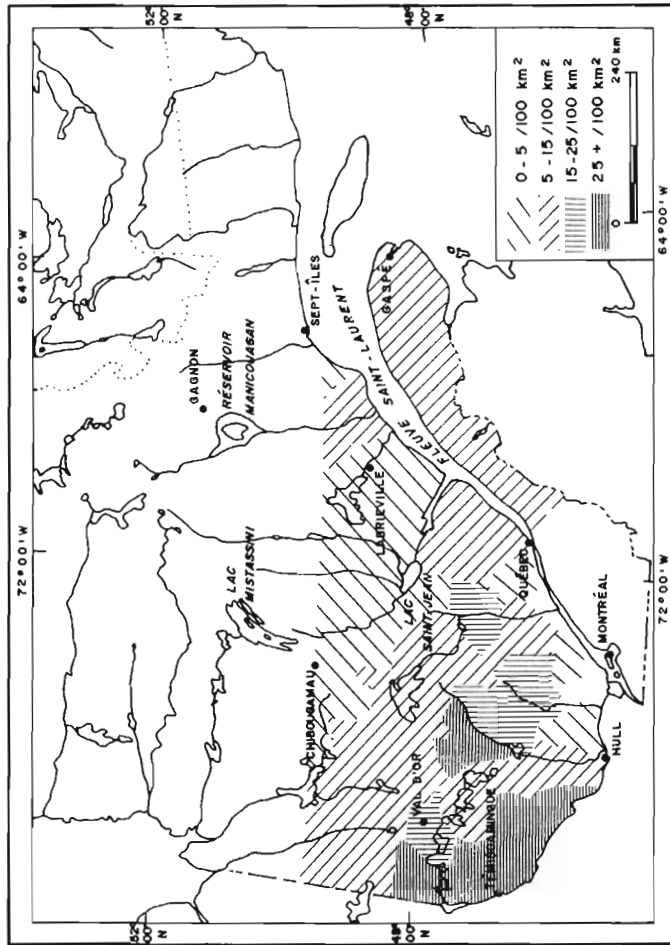


Figure 2. Intensité de la récolte d'originaux dans l'aire d'étude au cours des cinq années précédant le début du plan quinquennal

Pour simplifier la présentation des données, nous avons regroupé les résultats en trois strates (fig. 3): 1) ensemble des zones de chasse où un permis de groupe était en vigueur en 1979; 2) ensemble des zones de chasse sans permis de groupe en 1979 et 3) parcs et réserves de grande taille. Ces trois strates correspondent grossièrement à des niveaux de densité et de récolte différents.

Après la première année du programme, deux problèmes ont surgi: 1) dans certaines régions où le relief était soit très accidenté, soit très plat, il était impossible de respecter l'altitude de vol prescrite de 110 m; 2) là où les peuplements forestiers ouverts étaient très nombreux (principalement au nord de l'aire d'étude où les coupes forestières sont très grandes), le modèle de Crête et St-Hilaire (1979) produisait des estimations de la densité biaisées à la baisse, parfois même des estimations négatives. Nous avons donc repris l'analyse statistique de Crête et St-Hilaire (1979) en ajoutant quatre séries d'observations faites en avion et hélicoptère dans le nord de l'aire d'étude pour recalculer les régressions. Nous avons aussi utilisé l'analyse de régression multiple sur ces mêmes données pour savoir si l'altitude de vol influençait le nombre d'originaux observés de l'avion; dans ce dernier cas, nous avons ajouté l'altitude de vol à la liste des variables indépendantes pour la première étape de l'analyse de régression multiple.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le calcul de nouveaux modèles en ajoutant quatre séries d'observations provenant du nord de l'aire d'étude n'a pas tellement changé les équations de Crête et St-Hilaire (1979) (tableau 1). Le

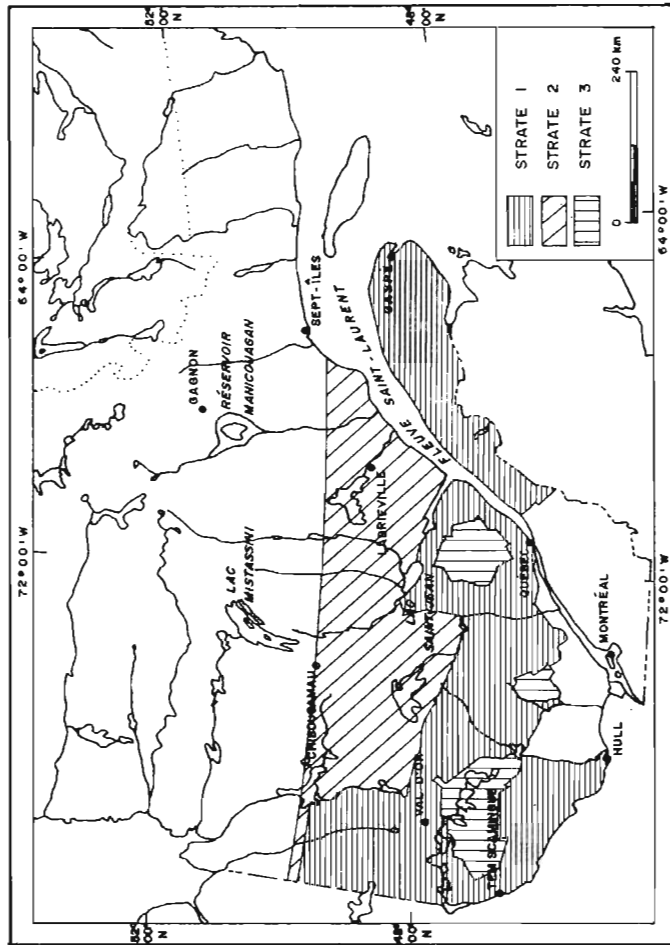


Figure 3. Localisation des trois strates utilisées pour l'analyse des résultats des deux premières années d'inventaire aérien

modèle linéaire simple est presque identique alors que seul le poids des peuplements forestiers ouverts a diminué pour l'équation à trois variables indépendantes. Par ailleurs, le nouveau modèle à trois variables est moins précis: cette baisse de précision était à prévoir car les données de Crête et St-Hilaire (1979) provenaient toutes d'une région restreinte. Or l'addition de données provenant de régions éloignées, recueillies par des équipes différentes, ne pouvaient qu'ajouter de l'hétérogénéité à l'ensemble. Néanmoins ce sont les modèles du tableau 1 qui servent maintenant à l'estimation des densités d'originaux pour le plan quinquennal car elles sont plus générales.

Tableau 1. Régression entre le nombre d'originaux km^{-2} observés par l'équipe de l'hélicoptère (y), le nombre d'originaux observés par 100 km parcourus par l'équipe de l'avion (x_1), le pourcentage de l'aire occupée par les réseaux de pistes d'originaux (x_2) et le pourcentage de peuplements forestiers ouverts (x_3)

Régression	R^2	F (d.1)	S^a_{est}
(1) $y = 0,0589x_1 + 0,0328$	0,77	33,1(1,10)	0,052
(3) $y = 0,0744x_1 - 0,0021x_2^b - 0,0018x_3^b + 0,0824$	0,91	20,1(3,6)	0,040

^a Ecart-type de l'estimation.

^b Inclusion de cette variable statistiquement significative ($p < 0,10$).

Pour les dix séries d'observations disponibles, l'altitude moyenne variait entre 64 et 184 m. Ce facteur s'est toutefois révélé sans importance pour la prédiction de la densité de l'original, peu importe les combinaisons de variables indépendantes. Ces résultats contrastent avec ceux de Caughley (1974) pour l'éléphant (*Loxodonta africana*). La relation entre le nombre d'originaux observés d'un avion

et l'altitude n'est probablement pas linéaire; il y a peut-être un seuil au-dessus duquel le nombre d'orignaux observés décroît rapidement. Toutefois, comme il n'y a pas de différence apparente entre 64 et 184 m, nos équipes d'inventaire voleront à compter de l'hiver 1982 à environ 175 m pour des raisons de sécurité aérienne.

Au cours des deux premières années du programme, les conditions d'enneigement furent mauvaises: en 1980, il y avait très peu de neige au sol alors que c'était l'inverse en 1981. Il est difficile toutefois d'évaluer l'influence de ces conditions sur la visibilité de l'orignal; on pourrait penser que les orignaux étaient moins visibles en 1981, mais les résultats qui suivent ne le montrent pas.

L'inventaire aérien a conduit à des densités estimées de 0,12 et 0,14 orignal km^{-2} pour 1980 et 1981 respectivement (tableau 2). Si notre façon de calculer l'écart-type était acceptable, cette différence serait statistiquement significative ($P < 0,001$). La tendance à la hausse s'est d'ailleurs observée dans les trois strates. Toutefois il est plus prudent de conclure que la situation de l'orignal était stable pour ces deux années, d'autant plus que notre méthode d'inventaire assume un taux de visibilité constant de 100 pour cent lors des inventaires en hélicoptère; ce taux est probablement légèrement plus bas et il pourrait montrer des variations annuelles: nous projetons d'ailleurs un projet de recherche sur ce sujet. Pour l'ensemble des deux années, nous avons produit une carte synthèse de la densité de l'orignal (fig. 4). L'examen de celle-ci révèle que les densités les plus élevées se retrouvent au centre et à l'ouest de l'aire d'étude.

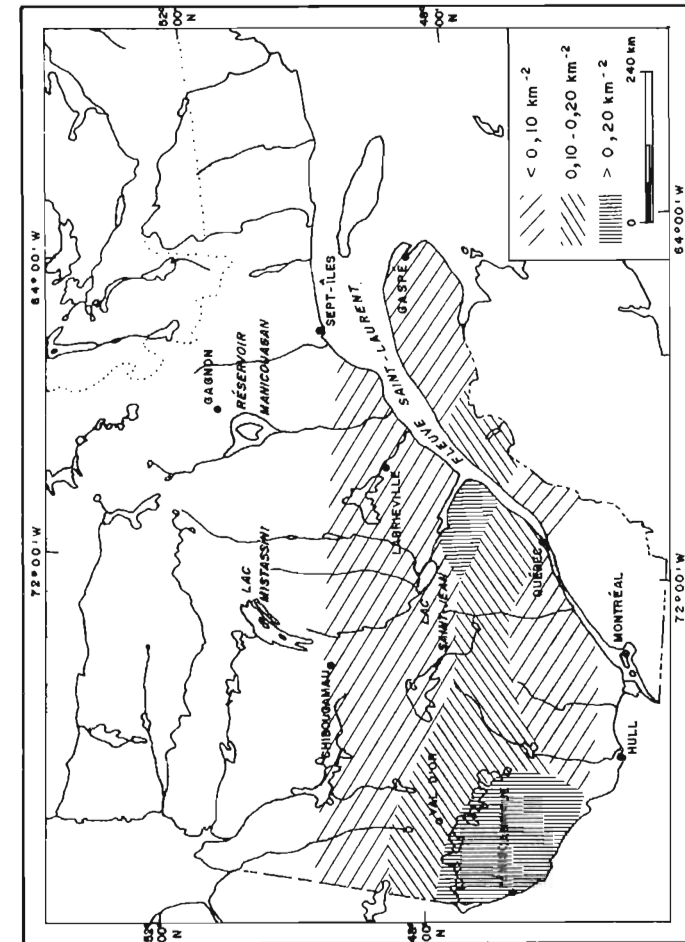


Figure 4. Carte synthèse des résultats obtenus dans l'aire d'étude après deux années d'inventaire

Tableau 2. Densité de l'original estimée au cours des deux premières années du plan quinquennal pour l'ensemble de l'aire à l'étude et pour trois subdivisions de celle-ci.

	Superficie (km ²)	Densité ± écart-type	
		1980 (original km ⁻²)	1981 (original km ⁻²)
Strate 1 ^a	192 000	0,15 ± 0,17 (n = 74)	0,16 ± 0,19 (n = 66)
Strate 2 ^b	108 000	0,06 ± 0,05 (n = 35)	0,07 ± 0,11 (n = 37)
Strate 3 ^c	25 000	0,20 ± 0,25 (n = 9)	0,30 ± 0,47 (n = 4)
Total	325 000	0,12 ± 0,01 ^d	0,14 ± 0,02

a Zones de chasse avec un permis de groupe en 1979

b Zones de chasse sans un permis de groupe en 1979

c Parcs et réserves

d Écart-type calculé pour une allocation optimale des parcelles

Le tableau 2 montre aussi que la densité a varié passablement d'une strate à l'autre, ce qui justifie d'emblée une allocation optimale des parcelles lors de l'inventaire. À l'intérieur de chaque strate, le coefficient de variation était d'environ 100 pour cent, ce qui indique une distribution assez contagieuse des originaux sur le territoire.

Afin de savoir si nos estimations de densité étaient plausibles, nous avons calculé le taux d'exploitation qu'auraient subi les populations d'originaux par la chasse sportive légale (tableau 3). Des taux moyens d'exploitation de 16 et 17 pour cent en 1980 et 1981 pour l'ensemble du Québec semblent réalistes. Toutefois l'inventaire aérien

ne semble pas avoir été sensible à la hausse de plus de 10 pour cent de la récolte totale d'originaux au cours de la deuxième année, hausse qui a porté surtout sur la strate 1. Le tableau 3 révèle aussi un taux d'exploitation plus faible dans la strate 3, constituée presque exclusivement de parcs et de réserves: cette observation est normale et elle est supportée par les résultats de Crête et al. 1981. D'autre part, il ne faut pas accorder trop d'importance à la hausse apparente du taux d'exploitation en 1981 dans la strate 3 car la taille-échantillon était particulièrement faible pour cette deuxième année.

Tableau 3. Taux d'exploitation de l'original calculé pour la saison de chasse précédant l'inventaire aérien de 1980 et de 1981, pour l'ensemble de l'aire d'étude et pour trois subdivisions de celle-ci.

	1980	1981
Strate 1 ^a	17	17
Strate 2 ^b	19	16
Strate 3 ^c	6	11
Total	16	17

a Zones de chasse avec un permis de groupe en 1979

b Zones de chasse sans un permis de groupe en 1979.

c Parcs et réserves.

Le programme amorcé en 1979 pour le suivi de l'original au Québec s'avère donc satisfaisant malgré les quelques problèmes rencontrés. Même si du point de vue méthodologique on peut contester la précision des densités estimées pour diverses raisons, le plan quinquennal semble en voie d'atteindre son but, soit de prévenir toute erreur majeure dans la gestion d'une espèce faunique fortement

exploitée, l'original.

REMERCIEMENTS

La réalisation du programme décrit ici n'est possible que grâce à la participation enthousiaste du personnel régional du Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche. La direction de l'aménagement et de l'exploitation de la faune du même Ministère a tout mis en oeuvre pour faire démarrer et coordonner le plan quinquennal. Nous adressons un merci tout particulier aux pilotes qui ont mené nos équipes à bon port, à Pierre Laliberté qui a compilé les données et à Marie-Claire Delage pour la dactylographie du manuscrit.

RÉFÉRENCES

- CAUGHLEY, G. 1974. Bias in aerial survey. *J. Wildl. Manage.* 38(4): 921-933.
- COCHRAN, W.G. 1977. *Sampling techniques* (3e édition). John Wiley and Sons, New York. 428 pp.
- CRÉTE, M. et D. ST. HILAIRE. 1979. L'hélicoptère et l'avion pour dénombrer les orignaux dans le sud-ouest du Québec. *Naturaliste can.* 106(5-6): 487-495.
- CRÉTE, M. R.J. TAYLOR et P.A. JORDAN. 1981. Optimization of moose harvest in southwestern Québec. *J. Wildl. Manage.* 45(3): 598-612.
- GAUDREAU, F. 1980. L'influence d'un parc de conservation et d'une réserve sur la récolte des orignaux dans les territoires adjacents intensément chassés dans le centre-sud du Québec. *Proc. N. Am. Moose Conf. Workshop* 16: 527-549.