

Démographie des troupeaux de
Caribous migrants-toundriques
(*Rangifer tarandus*)
au Nord-du-Québec et au Labrador

DIRECTION DE L'AMÉNAGEMENT DE LA FAUNE DU NORD-DU-QUÉBEC et
DIRECTION DE LA RECHERCHE SUR LA FAUNE

par
Serge Couturier¹
Donald Jean²
Robert Otto³
et
Stéphane Rivard²

¹ Direction de la recherche sur la faune

² Direction de l'aménagement de la faune du Nord-du-Québec

³ Gouvernement de Terre-Neuve et Labrador

Référence à citer :

COUTURIER, S., D. JEAN, R. OTTO et S. RIVARD. 2004. Démographie des troupeaux de caribous migrants-toundriques (*Rangifer tarandus*) au Nord-du-Québec et au Labrador. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction de l'aménagement de la faune du Nord-du-Québec et Direction de la recherche sur la faune. Québec. 71 p.

Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Québec, 2004

ISBN : 2-550-43285-1

AVANT-PROPOS

La gestion de la faune nécessite souvent la connaissance de la taille des effectifs des populations animales. En apparence parfois simple, cette prémisse importante peut devenir difficile ou impossible à rencontrer pour certaines populations fauniques. Pour le caribou migrateur-toundrique, dont les populations atteignent souvent plusieurs centaines de milliers d'individus couvrant des centaines de milliers de kilomètres carrés, l'estimation des effectifs peut sembler impossible. Devant cette tâche colossale de compter l'innombrable, un biologiste avouait il y a plus de 60 ans : « It is to be hoped that there will never be so few caribou that it will be possible to count them. » (Clarke 1940, p. 101).

Gardant à l'esprit une juste humilité inspirée par les pionniers de l'étude du caribou migrateur-toundrique, le présent rapport fournit les principaux résultats de deux inventaires de population conduits simultanément en juillet 2001 et réalisés conjointement par le gouvernement du Québec et celui de Terre-Neuve et Labrador. Ces deux inventaires de caribous constituent probablement l'un des plus grands efforts logistiques du genre au monde par le nombre de caribous à estimer, par la difficulté d'accès et la vaste étendue du territoire concerné, soit près de 1 000 000 km².

LISTE DES ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS

MRNFP = Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs – Faune
Québec

TRAF = Troupeau de la Rivière-aux-Feuilles

TRG = Troupeau de la Rivière-George

RÉSUMÉ

Les données historiques suggèrent que les troupeaux de caribous migrants-toundriques au Nord-du-Québec et au Labrador ont enregistré au moins trois cycles de rareté et de surabondance au cours des deux derniers siècles. Les époques prolongées de rareté du caribou ont été suivies par des périodes de surabondance plus brèves. Le présent rapport fait le point sur la démographie récente du caribou migrant-toundrique et décrit les résultats des inventaires effectués en juillet 2001 sur le troupeau de la Rivière-George (TRG) et le troupeau de la Rivière-aux-Feuilles (TRAF). Il discute, pour les deux troupeaux, des tendances démographiques suggérées par les données de productivité, de survie et de condition physique, et présente également une révision des inventaires antérieurs du TRAF réalisés entre 1975 et 1991.

Deux inventaires photographiques des groupes post mise-bas ont été réalisés en 2001 pour estimer la taille des populations de caribous. Ces grands rassemblements, formés sous l'effet du harcèlement par les insectes durant les journées chaudes et calmes, sont observés en juillet de la plupart des années. Pour analyser les données issues de cette technique d'inventaire, deux méthodes statistiques sont disponibles afin d'estimer la taille d'un troupeau. La méthode de Lincoln-Petersen utilisée par Russell *et al.* (1996) et celle par modélisation proposée par Rivest *et al.* (1998) sont comparées. Cette comparaison entre les résultats des deux méthodes suggère qu'elles sont relativement équivalentes lorsque l'on exclut les petits groupes. Par contre, la méthode de Rivest *et al.* (1998) est moins subjective. Il est donc recommandé de retenir les estimations du modèle de Rivest *et al.* (1998) pour les deux troupeaux en juillet 2001, soit $296\,000 \pm 26,3\%$ adultes et $931\,000 \pm 45,9\%$ adultes pour le TRG et le TRAF respectivement. Cependant, dans le cas du TRAF, la révision des estimations des inventaires antérieurs et l'analyse des données de la productivité, de la survie et de la condition physique ne suggèrent pas que ce troupeau aurait atteint un tel niveau record. Ce résultat élevé serait plutôt une surestimation causée par le sous-échantillonnage en juillet 2001, à la suite de problèmes logistiques et météorologiques. Dans un esprit de gestion prudente, il est donc recommandé de choisir la limite inférieure de l'intervalle de confiance de l'estimation du TRAF, soit 504 000 adultes. Comme base de gestion, on propose de retenir l'extrapolation à la population d'octobre qui atteint $385\,000 \pm 28,0\%$ pour le TRG et 628 000 caribous pour le TRAF (incluant les faons). Les effectifs du TRAF auraient augmenté suivant un

taux fini d'accroissement de 1,10 (ou 10 % par an) entre 1975 et 1991, mais aussi entre 1975 et 2001. Ce taux est également comparable à celui de 1,12 enregistré pour le TRG entre 1976 et 1988 durant la phase de croissance qui lui avait aussi permis de dépasser le seuil record de 600 000 individus.

ABSTRACT

Historical records suggest that the migratory tundra caribou herds of Northern Québec and Labrador have undergone at least three cycles of scarcity and overabundance in the last 200 years. Prolonged periods of scarcity were followed by shorter periods of overabundance. This report discusses the recent demography of migratory tundra caribou herds and presents the results of photo-censuses of the Rivière-George (RGH) and Rivière-aux-Feuilles (RAFH) herds conducted in July 2001. The demographic trends for both herds, based on productivity, survival and physical condition, are discussed and previous censuses of the RAFH conducted between 1975 and 1991 are reviewed.

Two photographic surveys of post-calving aggregations were conducted in 2001 in order to estimate the size of caribou populations. Aggregations can be observed in July of most years, when caribou form large groups to avoid insect harassment during calm, hot days. Two statistical methods can be used to estimate herd size from post-calving survey data: this report compares the Lincoln-Petersen method used by Russell *et al.* (1996) and the model method proposed by Rivest *et al.* (1998). A comparison of results suggests that the two methods are relatively equivalent when smaller groups are excluded. However, since Rivest *et al.*'s method is less subjective, we recommend using the herd estimates obtained with their model in July 2001, namely, 296 000 \pm 26,3 % adults in the RGH and 931 000 \pm 45,9 % adults in the RAFH, although a review of previous census estimates and analysis of productivity, survival and physical condition data do not suggest that the RAFH herd reached such a record level. Rather, the high number is more likely an overestimate caused by inadequate herd sampling in July 2001 owing to logistical and weather problems. In a spirit of cautious management, we therefore recommend using the lower limit of the confidence interval for the RAFH estimate (504 000 adults in July). We suggest using the extrapolated population in October, or 385 000 \pm 28,0 % for the RGH and 628 000 caribou for the RAFH (including calves), as a basis for management. The growth in the RAFH is based on a finite rate of increase of 1,10 (10 % annually) between 1975 and 1991, but also between 1975 and 2001. This is comparable to the rate of 1,12 reported for the RGH between 1976 and 1988, the period of dramatic growth when the population exceeded the record level of 600 000 animals.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	iii
LISTE DES ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS	iv
RÉSUMÉ	v
ABSTRACT	vii
TABLE DES MATIÈRES	viii
LISTE DES TABLEAUX	x
LISTE DES FIGURES	xi
1. Introduction	1
2. Matériel et méthodes	4
2.1 Inventaires post mise-bas du TRG et du TRAF en juillet 2001	5
2.1.1 Mise en place de colliers radio-émetteurs	5
2.1.2 Repérages télémétriques	6
2.1.3 Repérages des groupes et prise des photographies	8
2.1.4 Préparation des images et décompte des caribous sur les photographies	9
2.1.5 Modélisation de la technique post mise-bas et analyse statistique	9
2.2 Condition physique, recrutement et démographie	10
3. Résultats	11
3.1 Inventaires post mise-bas en juillet 2001	11
3.1.1 Fil des évènements des deux inventaires sur le terrain	11
3.1.2 Colliers actifs au moment de l'inventaire	11
3.1.3 Prise de photographies et décompte des caribous	16
3.1.4 Comparaison entre les observateurs lors du décompte des photographies	16
3.1.5 Taille des troupeaux en 2001	20
3.2 Révision des inventaires antérieurs du TRAF, 1975 à 1991	24
3.3 Condition physique, recrutement et démographie	26
4. Discussion	33
4.1 Inventaires post mise-bas du TRG et du TRAF en juillet 2001	33
4.1.1 Choix de la méthode d'inventaire utilisée	33
4.1.2 Température, insectes et qualité de l'inventaire post mise-bas	35
4.1.3 Décompte des caribous sur les photographies	38
4.1.4 Prémisses méthodologiques	39
4.1.5 Précision relative et biais possible dans le calcul des estimations de population	40

4.1.6 Taille des troupeaux en 2001	43
4.2 Condition physique, recrutement et démographie	44
5. Conclusion	47
REMERCIEMENTS	49
LISTE DES RÉFÉRENCES	50
ANNEXE 1. Inventaire du troupeau de la Rivière-aux-Feuilles en juin 1991 : Révision de l'estimation des effectifs.....	56
ANNEXE 2. Fil des évènements des travaux d'inventaires du caribou à l'été 2001.....	70

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Mise en place récente de colliers VHF en préparation des inventaires de caribous de juillet 2001	6
Tableau 2.	Assignment au troupeau des colliers actifs durant les inventaires de caribous de juillet 2001	15
Tableau 3.	Distribution des colliers actifs durant l'inventaire de juillet 2001	15
Tableau 4.	Résultats bruts de l'inventaire 2001 du troupeau de la Rivière-George (27 groupes).....	18
Tableau 5.	Résultats bruts de l'inventaire 2001 du troupeau de la Rivière-aux-Feuilles (17 groupes)	19
Tableau 6.	Résultats des inventaires de caribous de 1993 et 2001 : nombre d'adultes en juillet et intervalle de confiance (IC), et nombre de colliers et de groupes photographiés	21
Tableau 7.	Révision des résultats d'inventaires du caribou du TRAF réalisés entre 1975 et 1991	27
Tableau 8.	Survie annuelle des femelles du TRG.....	29
Tableau 9.	Intervalles de confiance des inventaires photographiques de l'aire de mise-bas en juin réalisés dans les Territoires du Nord-Ouest, au Nunavut et au Québec-Labrador.....	42
Tableau 10.	Estimation de la taille des troupeaux de caribous en octobre 2001	43

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Patrons saisonniers des déplacements du caribou migrateur-toundrique au Québec-Labrador, 1999-2001	7
Figure 2.	Ligne de vol des repérages télémétriques réalisés en juin et juillet 2001 au Québec-Labrador	12
Figure 3.	Localisation des colliers repérés durant la radio-télémétrie en juin et juillet 2001	13
Figure 4.	Localisation des groupes de caribous photographiés en juillet 2001	17
Figure 5.	Localisation des aires de mise-bas du TRAF, entre 1975 et 2003	30
Figure 6.	Masse de la carcasse de femelles en lactation des deux troupeaux de caribous migrants-toundriques (moyenne \pm erreur-type).....	31
Figure 7.	Productivité (faons/100 femelles) à l'automne chez les deux troupeaux de caribous migrants-toundriques depuis 1973	32

1. Introduction

Les données historiques suggèrent que les troupeaux de caribous migrants-toundriques au Nord-du-Québec et au Labrador ont enregistré au moins trois cycles de rareté et de surabondance au cours des deux derniers siècles (Low 1896; Elton 1942). Les époques prolongées de rareté du caribou ont été suivies par des périodes de surabondance plus brèves. Avant la fin du XIX^e siècle, le caribou pouvait être observé partout et en grand nombre dans le Nord-du-Québec et les autochtones, de la baie d'Ungava à la baie d'Hudson, le chassaient avec succès pour se nourrir. Or, entre 1890 et 1910 se produisit quelque chose qui causa la disparition du caribou (Low 1896; Elton 1942; Rousseau 1951, Audet 1979). Quoique l'on puisse éliminer d'ores et déjà la chasse par l'Homme comme cause possible, personne ne sait vraiment ce qui a déclenché le dernier déclin mais plusieurs groupes autochtones ont payé chèrement ce manque de nourriture. Il est possible que la surabondance des bêtes ait entraîné une pression élevée sur l'habitat, ce qui aurait causé la quasi disparition du caribou (Messier *et al.*, 1988). Il est aussi possible que des facteurs climatiques soient en cause tel que suggéré par Crête et Payette (1990). Les populations de caribous sont demeurées extrêmement basses durant la première moitié du XX^e siècle et certains ont même proposé la capture et l'élevage d'un petit nombre d'individus de façon à assurer la survie de l'espèce (Rousseau 1951). Dans les années 1970, les densités de caribous au Nord-du-Québec ont recommencé à augmenter, encore une fois pour des raisons qui restent à clarifier. De quelques milliers en 1958, le troupeau de la Rivière-George (TRG) a rapidement augmenté, atteignant près de 800 000 caribous en 1993, selon le recensement effectué conjointement par les autorités fauniques du Québec et de Terre-Neuve et Labrador (Couturier *et al.* 1996; Russell *et al.* 1996, Rivest *et al.* 1998). Ces données scientifiques ont été confirmées par les aînés inuits dont l'enfance ne connaissait du caribou que les histoires de chasse de leurs grands-parents. Au cours des siècles, la vie des Naskapis, des Inuits, des Cris et des Innus a été associée de près au caribou du TRG. Ce troupeau de caribous migrants-toundriques a vraisemblablement atteint le plus haut niveau jamais enregistré pour une population de caribous dans le monde entier. Au début des années 1990, ce troupeau occupait annuellement un territoire de plus de 700 000 km², soit près de la moitié du Québec. Maintenant, l'aire de répartition du TRG a diminué d'environ 45 %.

En plus du TRG, les biologistes du Québec ont identifié un autre important troupeau de caribous migrateurs-toundriques. Ce fut Le Hénaff qui fit les premières observations scientifiques en juin 1975 sur le troupeau qu'il appela le troupeau de la Rivière-aux-Feuilles (TRAF) à cause de la localisation de son terrain de mise-bas de l'époque, situé de part et d'autres de cette rivière (Le Hénaff 1976). Depuis ce temps, le TRAF a poursuivi son expansion territoriale et son terrain de mise-bas s'est rapidement déplacé vers le nord, à la recherche, croit-on, d'un habitat plus propice. Le Hénaff (1983) estimait que 33 000 femelles étaient présentes sur le terrain de mise-bas du TRAF en juin 1983. Ce troupeau pour lequel on connaît encore peu de choses avait été évalué à 106 000 bêtes au total en 1986 (Crête *et al.* 1987) tandis que l'on dénombrait 260 000 individus au cours du recensement de 1991 (Couturier 1994). Le TRAF occupe la partie occidentale du Nunavik, entre le Détroit d'Hudson, au nord, et le complexe hydroélectrique La Grande, au sud. Quoique son aire annuelle chevauche partiellement celle du TRG (MRNFP, suivi satellitaire, données non publiées), les deux troupeaux ont des aires de mise-bas différentes et sont donc considérés comme étant deux populations distinctes.

En parallèle avec les inventaires, il importe aussi de mieux connaître l'animal proprement dit, en caractérisant la condition physique du caribou pour les troupeaux étudiés. Ces deux paramètres, condition physique et démographie, sont intimement reliés et des problèmes ont déjà été notés dans le passé pour le TRG (Couturier *et al.* 1988a; Couturier *et al.* 1990). À la suite des premières observations de Couturier *et al.* (1988a, 1988b, 1989 et 1990), de Huot (1989), de Huot et Goudreault (1985), et de Vandal et Huot (1989) les biologistes ont reconnu que la condition physique des caribous du TRG était déficiente et que certaines observations suggéraient même des problèmes durant la saison estivale. Les données fragmentaires recueillies durant les années 1960 (Bergerud, 1967) et 1970 (Drolet et Dauphiné, 1976), et les données plus complètes des années 1980 (Parker 1980 et 1981; Couturier *et al.* 1988a, 1988b, 1989 et 1990; Huot, 1989; Crête et Huot, 1993) ont montré que la condition physique des caribous s'était détériorée tant au niveau de la stature squelettique, que des réserves adipeuses ou des réserves protéiniques. Il a été également suggéré par Crête et Huot, (1993) et par Crête *et al.* (1993a et b) que la nutrition estivale déficiente provoquait des retards dans la croissance des faons. Ces observations suggèrent que les troupeaux de caribous migrateurs-toundriques seraient limités par la surexploitation de l'habitat, surtout l'habitat estival tel que suggéré par

Couturier *et al.* (1988a), et que la prédation ne jouerait pas un rôle significatif. Cette hypothèse demande toutefois encore à être validée.

Des travaux scientifiques importants ont été réalisés récemment dans la gestion du caribou au Québec et au Labrador et ceci survient justement à un moment crucial de l'évolution des troupeaux. Des indices suggèrent que le nombre de caribous migrants-toundriques aurait diminué dans certaines régions. Connaissant bien leur ressource, les utilisateurs autochtones et sportifs ont exprimé certaines inquiétudes depuis quelques années. Afin de mieux appuyer leurs décisions de gestion, les gouvernements du Québec et de Terre-Neuve et Labrador ont étudié divers aspects de cette espèce importante au plan culturel et économique. Il fallait tout d'abord faire le point sur la taille des effectifs. Un inventaire des deux grands troupeaux migrants a été réalisé en juillet 2001 et le présent rapport décrit les résultats obtenus. Compte tenu que de nouvelles informations étaient maintenant disponibles, une section présente également une révision des résultats des inventaires antérieurs du TRAF, en particulier celui de juin 1991 qui est présenté en détail à l'annexe 1. Finalement, quelques résultats de l'étude de la condition physique réalisée entre 2001 et 2003 sont présentés afin de situer l'état de santé des bêtes en mettant en relation démographie et écologie des troupeaux.

2. Matériel et méthodes

L'aire d'étude a été décrite par Couturier *et al.* (1990, 1996) et Russell *et al.* (1996). La technique d'inventaire post mise-bas a été décrite en détail dans Russell *et al.* (1996) tandis que la méthode d'analyse des résultats a été passée en revue par Rivest *et al.* (1998) qui ont proposé une nouvelle approche statistique. Essentiellement, la technique post mise-bas consiste à munir de colliers radio-émetteurs un grand nombre de caribous, de leur permettre de se mélanger dans le troupeau, et ensuite de localiser et photographier le plus grand nombre possible de groupes durant la période de rassemblement post mise-bas qui survient en juillet sous l'effet du harcèlement par les insectes. Pour ces raisons, la préparation d'un inventaire de caribous migrants doit s'échelonner sur près de deux ans.

Une fois la période d'activité des insectes commencée, il faut suivre de près les groupes de caribous et prendre des photographies lorsque les conditions de rassemblement sont adéquates. On reconnaît que les conditions sont idéales pour l'inventaire photographique lorsque les groupes :

- sont denses (plusieurs centaines de caribous par km²);
- possèdent des limites bien définies dans l'espace;
- sont immobiles dans des habitats ouverts offrant une certaine protection contre les insectes : sommets plus élevés et venteux, plaques de neige résiduelles, surfaces de sable ou autres surfaces plus sèches, etc.

Certains groupes sont parfois photographiés dans des conditions sub-optimales car il n'est pas toujours possible de prévoir les conditions météorologiques et celles-ci risquent de se détériorer. Lorsque des groupes sont rencontrés, il est préférable de prendre la photographie quitte à ce que les mêmes groupes soient photographiés plus d'une fois car on ne sait jamais si cela sera la seule occasion à se présenter. L'aire couverte par les troupeaux est immense et se situe dans des régions isolées et difficiles d'accès. L'opportunité est donc de rigueur dans la méthode post mise-bas.

Le nombre total de colliers déclarés actifs, le nombre de colliers présents dans les groupes photographiés, et le nombre de caribous dénombrés dans les groupes

photographiés constituent les trois paramètres qui permettent l'estimation des effectifs de la population sous étude.

Les prochaines sections présentent les étapes de réalisation de l'inventaire photographique du TRG et du TRAF en juillet 2001.

2.1 Inventaires post mise-bas du TRG et du TRAF en juillet 2001

2.1.1 Mise en place de colliers radio-émetteurs

La technique d'inventaire photographique des groupes post mise-bas en juillet s'appuie sur la radio-téléométrie pour connaître la localisation des caribous grâce à des émetteurs radios. Pour de grands troupeaux de caribous migrateurs, comme ceux présents au Québec-Labrador, des dizaines de colliers radio-émetteurs sont nécessaires afin de localiser la majorité des groupes. Ces colliers doivent être mis en place suffisamment de temps avant l'inventaire afin de permettre un mélange adéquat des caribous marqués dans l'ensemble de l'aire de répartition des troupeaux.

Deux technologies s'offrent principalement aux biologistes qui désirent suivre les migrations du caribou migrateur-toundrique. Disponibles depuis le milieu des années 1970, les colliers radio-émetteurs utilisant la bande VHF (*Very High Frequency*) constituent un moyen efficace pour suivre les déplacements des caribous. Ces colliers doivent cependant être repérés en aéronefs par la suite avec les aléas que cela comporte : coûts élevés de nolisement des aéronefs, contraintes météorologiques, précision généralement modeste, etc. Le suivi de colliers à repérage satellitaire du système Argos représente l'autre technologie la plus connue pour suivre les migrations des caribous. Le système franco-américain Argos est disponible depuis la fin des années 1980 et comporte plusieurs avantages sur la technologie VHF, dont principalement la possibilité de connaître fréquemment la localisation des bêtes sans se déplacer à nouveau sur le terrain.

Le tableau 1 présente un aperçu du déploiement des colliers VHF survenu en préparation des inventaires de juillet 2001. Lors de chaque expédition de capture, les nouveaux colliers ont été distribués le plus largement possible dans l'ensemble de l'aire couverte par les troupeaux en s'appuyant sur les données reçues en temps réel des colliers à repérage par satellite Argos et en se basant sur nos connaissances des patrons saisonniers des

migrations tels qu'illustrés à la figure 1. Entre juin 2000 et juin 2001, lors de huit sorties de terrain, 111 et 97 caribous ont été munis de colliers radio-émetteurs VHF pour le TRG et le TRAF respectivement (tableau 1). Ces colliers s'ajoutaient à ceux posés depuis juin 1997 et qui fonctionnaient encore en juillet 2001.

Tableau 1. Mise en place récente de colliers VHF en préparation des inventaires de caribous de juillet 2001

Sexe/Age	Juin 2000 (Qc)	Sept. 2000 (Qc)	Nov. 2000 (Qc)	Mars 2001 (Qc)	5-8 Mars 2001 (Lab)	21-23 Mars 2001 (Lab)	Juin 2001 (Qc)	Total
• Troupeau de la Rivière-George ^a								
Mâle adulte	1	13	6	5	5			30
Femelle adulte	14	27	8		7	4	1	61
Faon mâle		4	3		1	1		9
Faon femelle		7	2	1	1			11
Total	15	51	19	6	14	5	1	111
• Troupeau de la Rivière-aux-Feuilles ^a								
Mâle adulte	3		7	19				29
Femelle adulte	14		14	13			10	51
Faon mâle			5	2				7
Faon femelle			7	3				10
Total	17		33	37			10	97

^a Le troupeau d'appartenance est basé sur le lieu de la capture. Voir le tableau 2.

2.1.2 Repérages télémétriques

L'aéronef utilisé pour les repérages télémétriques était un avion bimoteur de type *Piper Navajo* volant à une vitesse de 280 km/h et à haute altitude (3300 m). L'appareil était muni de deux antennes directionnelles positionnées latéralement. Une couverture totale de l'aire de répartition des troupeaux a été réalisée au moyen de lignes de vol équidistantes de 50 km environ.

Quatre observateurs prenaient place à bord de l'avion, chacun étant équipé d'un récepteur VHF à balayage. Les observateurs devaient noter les fréquences entendues, la force des signaux (fort, moyen ou faible), le type de signal (simple, double ou triple), le nombre de

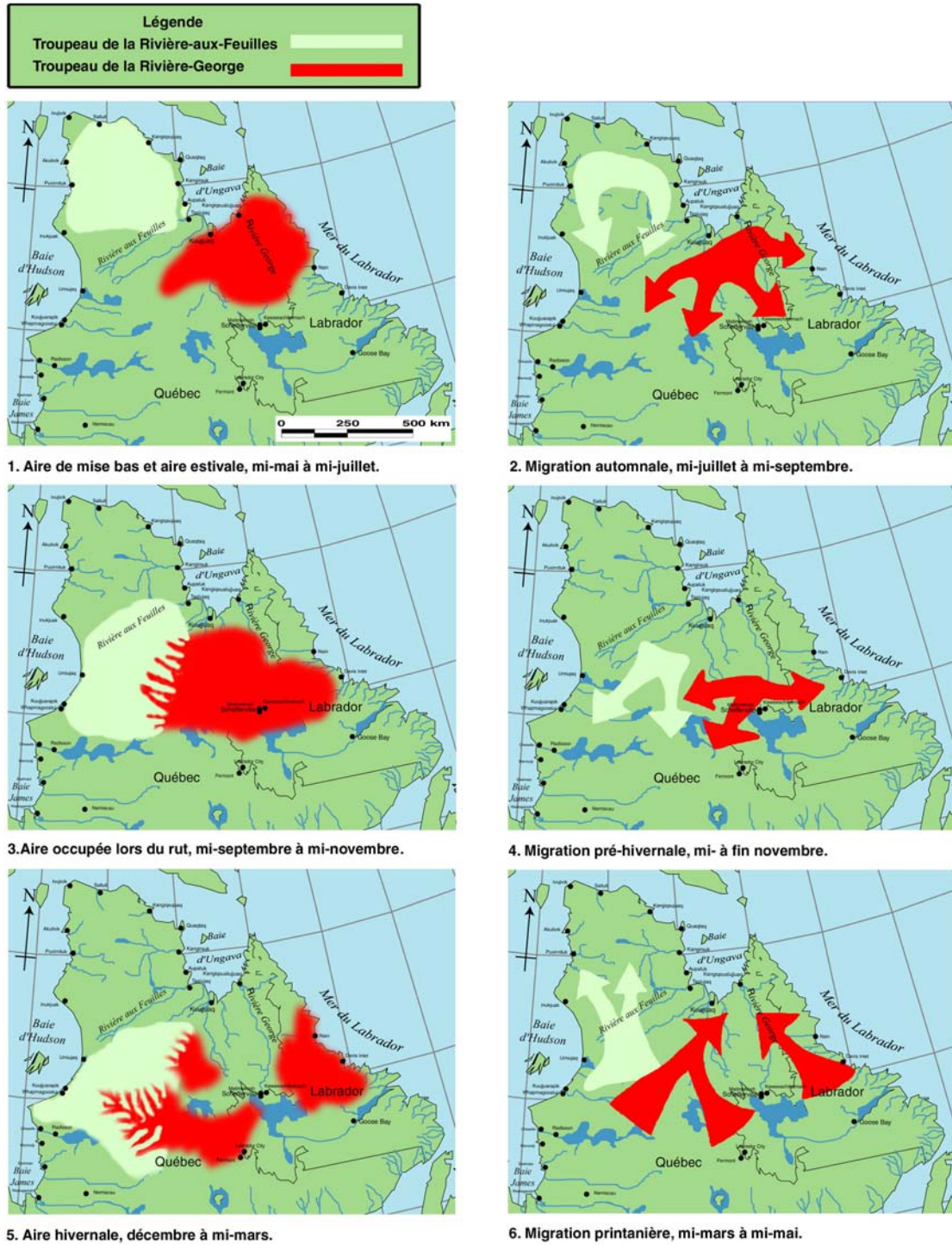


Figure 1. Patrons saisonniers des déplacements du caribou migrateur-toundrique au Québec-Labrador, 1999-2001

battements par minute et la direction (bâbord ou tribord) ainsi que la localisation (avec un GPS) de l'appareil lors de l'écoute.

Une équipe en hélicoptère a également recueilli des informations télémétriques durant les survols extensifs du territoire en juillet 2001.

2.1.3 Repérages des groupes et prise des photographies

Du 9 au 31 juillet 2001, une seconde équipe composée de trois ou quatre observateurs a pris place à bord d'un hélicoptère. Leur tâche principale était de trouver et de photographier les groupes de caribous dont le niveau d'agrégation était jugé adéquat. Le travail a commencé sur le TRG à cause des températures qui sont plus chaudes dans ce secteur par rapport à ce qui est observé dans l'aire du TRAF. La phénologie de l'été est souvent de deux à trois semaines plus tardive sur l'aire estivale du TRAF.

Pour localiser les groupes, l'équipe en hélicoptère se servait de la radio-télémétrie. L'hélicoptère était équipé de trois antennes directionnelles montées l'une sur le fuselage à l'avant, et les deux autres latéralement sur les patins de l'appareil. Chaque observateur disposait d'un récepteur VHF à balayage, programmé avec toutes les fréquences possiblement en activité. La localisation des colliers s'effectuait à une altitude d'environ 800 à 1 000 m au-dessus du sol, un compromis qui permet une bonne couverture pour la réception radio et offre la possibilité de voir les groupes de caribous au sol.

Les photographies en oblique de l'ensemble des caribous en agrégation étaient prises à l'aide de deux appareils photo 35 mm Nikon, l'un avec un film couleur à diapositive *Fuji*^{MD} professionnel 64 ASA pour les photos en pleine lumière, l'autre avec du film couleur *Fuji*^{MD} professionnel 400 ASA pour les photos de fin de journée. Les deux appareils étaient munis d'une lentille de 50 mm réglée à l'infini et la durée d'exposition variait entre 1/250 et 1/1000 de seconde en mode automatique avec priorité à la vitesse. Les photos étaient prises à une altitude variant entre 250 et 300 mètres du sol.

Plus souvent qu'autrement, les groupes de caribous étaient trop grands ou trop étendus pour les photographier d'un seul cliché. Lorsque le groupe s'étirait, plusieurs photos étaient prises de façon linéaire, selon l'axe de vol de l'appareil. Un chevauchement était maintenu entre deux photos successives de sorte que les caribous présents à la droite d'une image se retrouvaient aussi à la gauche de l'image suivante. Un groupe pouvait être pris en

photo plus d'une fois, parfois à quelques jours d'intervalle. À l'étape du décompte, la meilleure séance de photos (densité de l'agrégation, nombre maximal de colliers, qualité optique des photos) était conservée.

2.1.4 Préparation des images et décompte des caribous sur les photographies

Le traitement des images ainsi que les décomptes ont tous été faits à l'aide de l'informatique. Les diapositives ont d'abord été numérisées à l'aide d'un appareil Nikon^{MD} (modèle Super Coolscan 4000ED) d'une résolution de 4000 points par pouce. Lorsque nécessaire, nous avons ajusté le contraste et les couleurs des photos sur un logiciel de traitement d'image (Photoshop^{MD}) afin d'optimiser la qualité de l'image. Afin de ne pas compter deux fois les mêmes caribous présents sur deux photos successives, la zone de chevauchement entre les photos était identifiée en se basant sur des repères topographiques et sur les caribous individuellement reconnaissables. La zone de chevauchement était délimitée directement sur le fichier numérique qui était ensuite remis aux personnes responsables du décompte des caribous sur les photos.

L'étape du décompte des caribous a nécessité l'utilisation de logiciels capables de générer des objets et de les comptabiliser dans une table. Les systèmes d'informations géographiques ArcView^{MD} et MapInfo^{MD} ont été utilisés. En créant un objet pour chaque caribou adulte (un an et plus) présent sur les photos, on a obtenu un décompte pour chaque groupe de caribou. L'opération a été répétée pour les faons même si on estime généralement que le décompte des faons est sous-estimé en raison de leur faible taille corporelle (Russell *et al.* 1996).

2.1.5 Modélisation de la technique post mise-bas et analyse statistique

L'analyse des données de la technique d'inventaire post mise-bas a fait l'objet d'une révision par Rivest *et al.* (1998). Ils ont proposé trois modèles différents pour estimer la probabilité de détection des groupes en tenant compte du problème des groupes qui sont manqués. Le modèle d'Homogénéité assume que les groupes ont une probabilité d'être détectés qui est égale ou homogène d'un groupe à l'autre. Dans cette hypothèse, des groupes sont manqués en raison de leur localisation et non de la taille des groupes ou du nombre de colliers présents dans le groupe. Selon le modèle d'Indépendance, la probabilité de détection des groupes augmente avec le nombre de colliers radio-émetteurs dans un groupe dont chaque collier possède une probabilité de détection indépendante.

Le troisième modèle, celui du Seuil limite, assume que la probabilité de détection devient égale à 1 si le nombre de colliers présents dans un groupe atteint ou dépasse un certain seuil (p. ex. 2, 4 ou 6 colliers). Ce scénario assume que les groupes avec un plus grand nombre de colliers devraient tous être trouvés. Dans la méthode proposée par Rivest *et al.* (1998), on cherche à maximiser la vraisemblance afin d'identifier lequel des trois modèles de détection des groupes décrit le mieux les données.

La majorité des analyses statistiques a été réalisée avec le logiciel SPSS^{MD}. Sauf mention contraire dans le texte, le seuil de signification retenu pour les comparaisons statistiques est de $\alpha=0,05$. Les estimations sont souvent présentées avec leur intervalle de confiance exprimé en pourcentage au seuil de $\alpha=0,10$. Les erreurs-types et les écarts-types sont également présentés pour certaines variables. Lors du calcul des intervalles de confiance, le nombre de degrés de liberté a été utilisé pour estimer la valeur de t. Pour le calcul des estimations de population, le nombre de degrés de liberté était égal au nombre de groupes moins 1.

2.2 Condition physique, recrutement et démographie

Une étude a été entreprise en 2001 afin de décrire la condition physique des caribous des deux troupeaux (Couturier *et al.*, en prép.). Dans un volet de cette étude, qui concernait surtout la condition estivale des femelles adultes, un groupe de femelles en lactation a été récolté dans chacun des troupeaux en juillet et août 2001 et 2002. Les mesures usuelles pour décrire l'état des réserves corporelles et la stature des caribous ont été appliquées (Huot et Goudreault 1985; Huot 1988 et 1989).

À chaque automne depuis 1973 (sauf en 1999) durant la période du rut, les biologistes du Québec et du Labrador réalisent une classification au sol de plusieurs centaines de caribous afin de dresser la structure d'âge et de sexe du TRG. Des classifications de population du même type sont réalisées depuis 1994 (sauf 1999) sur le TRAF. Une classification de population avait aussi été réalisée en 1986 sur le TRAF (Crête *et al.* 1987). À l'aide de ces données, il est possible de calculer notamment le ratio « faons par 100 femelles adultes » ($\geq 1,5$ an) qui sert à estimer la productivité. Ce ratio constitue cependant une sous-estimation du recrutement réel (nombre de jeunes qui s'ajoutent au segment adulte) car le taux de mortalité des faons demeure plus élevé que celui des adultes, probablement jusqu'à l'âge de 12 à 16 mois.

3. Résultats

3.1 Inventaires post mise-bas en juillet 2001

3.1.1 Fil des évènements des deux inventaires sur le terrain

Deux équipes sur le terrain ont réalisé le travail nécessaire à l'inventaire, l'une en avion bimoteur, l'autre en hélicoptère. Grâce à la téléphonie satellitaire, les deux équipes ont pu demeurer en contact à chaque jour.

L'équipe en avion a surtout réalisé des repérages télémétriques en haute altitude (2500-3000 m). En raison de l'éloignement des agrégations, il ne fut pas possible de façon générale de réaliser beaucoup de repérages visuels à basse altitude avec l'avion. En effet, lors de l'inventaire post mise-bas précédent de juillet 1993 (Couturier *et al.* 1996; Russell *et al.* 1996), les groupes de caribous étaient situés beaucoup plus près d'un aéroport (Kuujuaq) et l'avion avait alors été mis davantage à contribution. De plus, la disponibilité très limitée de carburant pour moteurs à pistons nuit considérablement à l'utilisation de petits avions dans la portion septentrionale de la Péninsule de l'Ungava qui est utilisée par le TRAF.

L'inventaire a été complété entre le 4 et le 31 juillet. Les fenêtres de température propices aux agrégations de caribous provoquées par les insectes ont été très brèves. De mauvaises conditions météorologiques ont souvent empêché le vol des aéronefs et des problèmes techniques majeurs (changement d'hélicoptère en plein cœur de la période propice pour le TRG, panne de moteur sur l'hélicoptère pendant l'inventaire du TRAF) sont venus entraver le déroulement des inventaires (annexe 2).

3.1.2 Colliers actifs au moment de l'inventaire

Du 4 au 14 juin, ainsi que du 3 au 23 juillet 2001, deux repérages télémétriques en avion ont été réalisés afin de localiser le plus grand nombre possible de colliers émetteurs sur la majeure partie du territoire fréquenté annuellement par les deux troupeaux, soit une superficie de 700 000 km² (figure 2 et figure 3).

Toutes les données télémétriques ont été fusionnées afin de préciser le statut de chacun des colliers et dresser une liste de ceux actifs au moment de l'inventaire photographique,

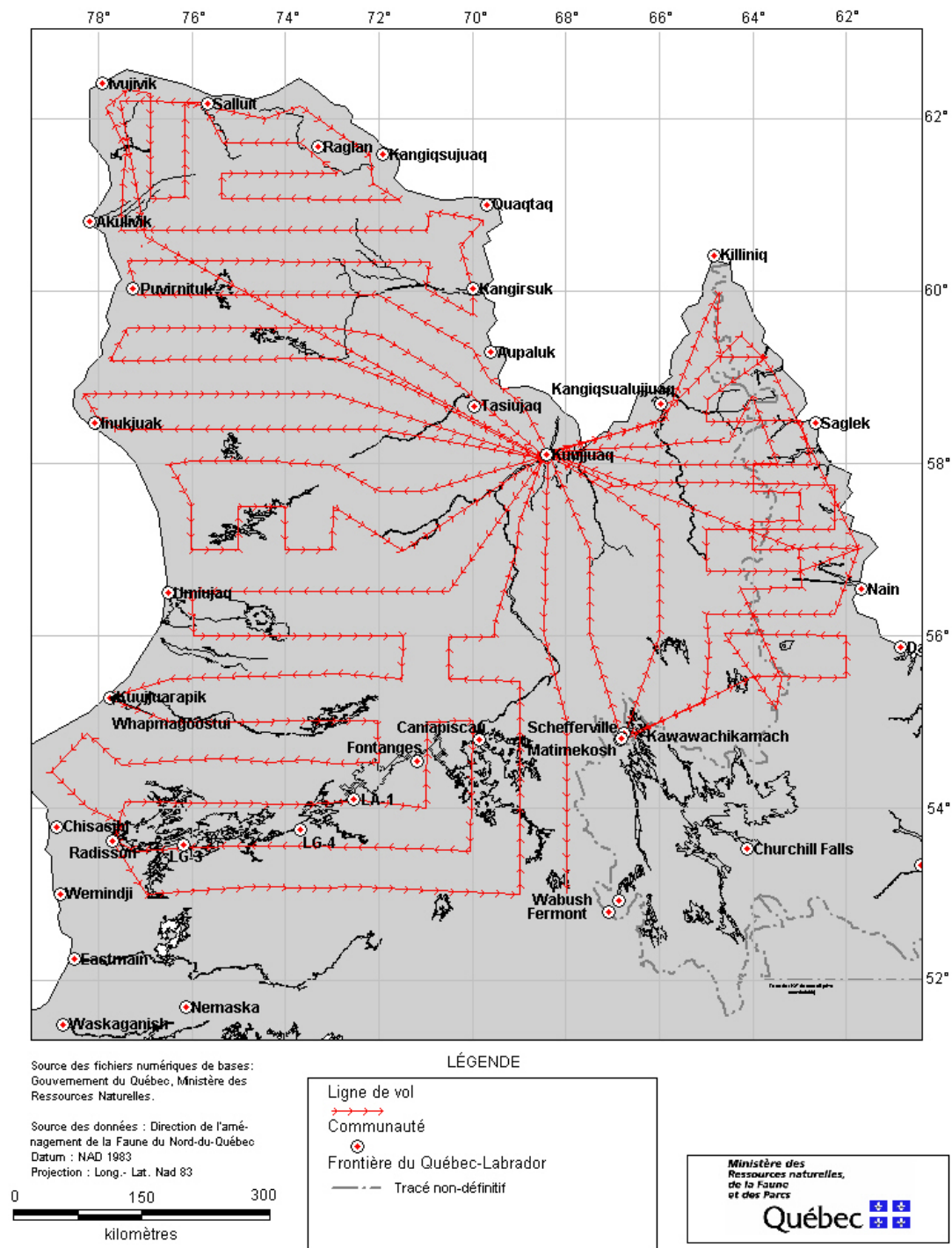


Figure 2. Ligne de vol des repérages télémétriques réalisés en juin et juillet 2001 au Québec-Labrador

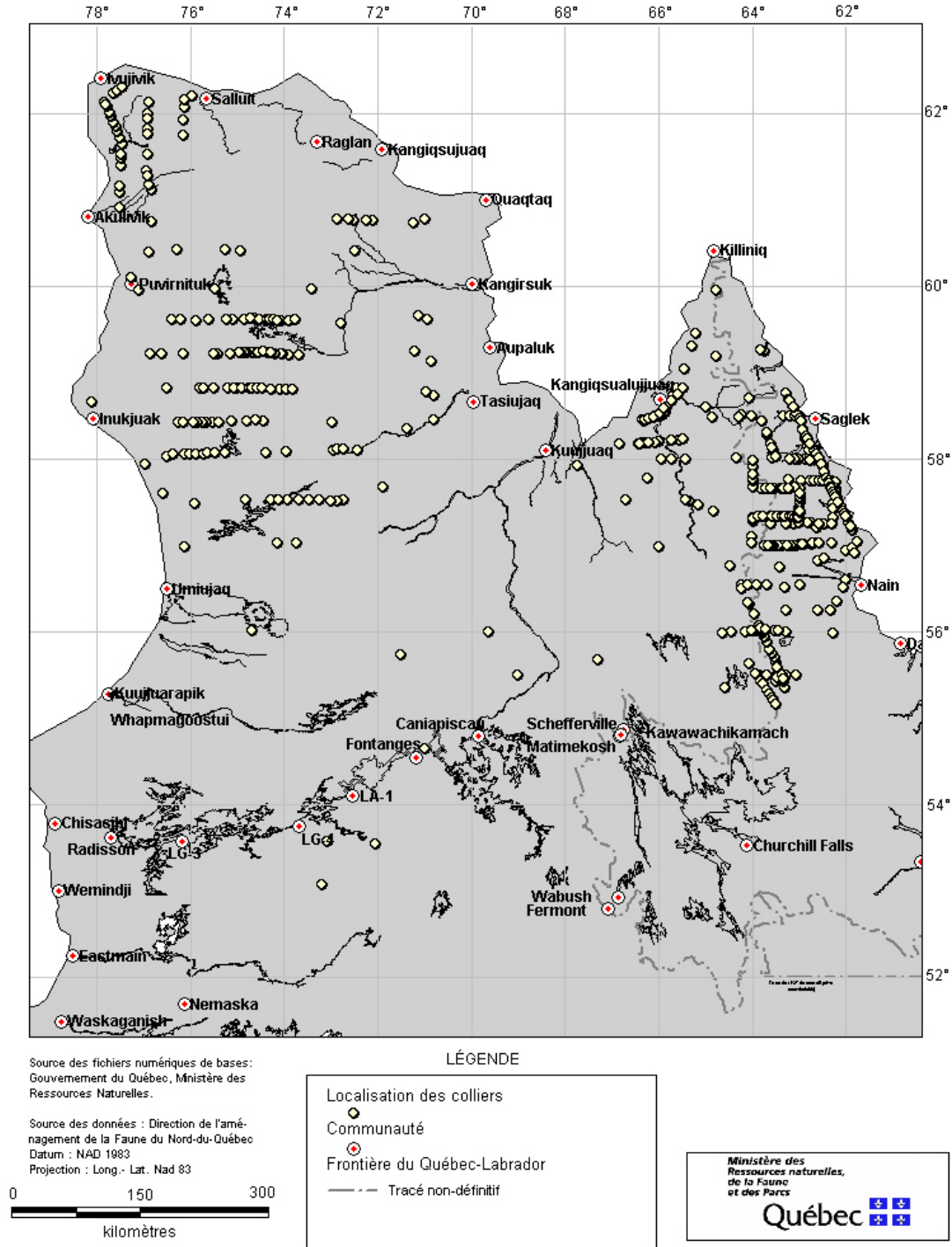


Figure 3. Localisation des colliers repérés durant la radio-téléométrie en juin et juillet 2001

un élément clé dans le calcul de la taille des troupeaux selon la méthode qui a été retenue. Étant donné l'ampleur considérable des vols effectués en juin et en juillet 2001, tant en avion qu'en hélicoptère, il fut décidé de ne retenir que les données de ces deux repérages afin de dresser la liste des colliers actifs. Un total de 229 colliers (Argos et VHF) pour le TRG et le TRAF ont donc été déclarés actifs au moment des inventaires entre le 9 et le 31 juillet 2001. Ce nombre comprend 19 et 15 colliers Argos respectivement pour le TRG et le TRAF. La majorité des colliers actifs provenaient des 208 colliers VHF déployés entre juin 2000 et juin 2001 (tableau 1). Cependant, mis à part les colliers Argos qui sont déployés de façon continue depuis 1991, certains des colliers VHF actifs avaient été mis en place en juin 1997 (n=2 colliers), en octobre 1997 (n=11) et en juin 1999 (n=2 colliers). Un groupe de six très vieux colliers déployés entre octobre 1993 et juin 1996 et entendus à une seule reprise entre mars 2001 et octobre 2001 ont été éliminés de l'analyse à cause de leur statut incertain. Étant donné l'effort de recherche télémétrique investi en juillet, seulement un des colliers repérés en juin n'a pas été entendu en juillet, ce qui confirme que presque tous les colliers actifs ont été entendus par l'une ou l'autre des équipes durant la prise des photographies.

Dans les inventaires précédents (p. ex. Crête *et al.* 1989, 1991; Couturier *et al.* 1996), l'assignation des colliers à chacun des troupeaux était celle déterminée au moment de la capture. Or, il est rapidement apparu que cette méthode ne pouvait convenir pour l'analyse des deux inventaires de juillet 2001. On a observé que plusieurs colliers avaient changé de troupeau en juillet 2001. Si l'assignation au troupeau avait été basée sur l'identité à la capture, le nombre de 229 colliers actifs auraient été répartis entre 129 et 100 respectivement pour le TRG et le TRAF (tableau 2). Il s'est avéré plus adéquat de répartir le nombre de colliers actifs selon le secteur fréquenté en juillet 2001, ce qui a donné une répartition de 109 et 120 respectivement pour les deux grands troupeaux. Ce sont 22 colliers du TRG qui ont émigré vers le secteur post mise-bas du TRAF tandis que seulement deux colliers du TRAF émigraient vers le TRG.

Selon l'assignation au troupeau basée sur le secteur fréquenté en juillet 2001, le tableau 3 présente la distribution des 229 colliers actifs selon leur type (Argos, VHF), le sexe du caribou et selon qu'ils aient été présents ou non dans des groupes photographiés durant l'inventaire. Sur les 109 colliers actifs pour le TRG, 30 colliers (28 %) se retrouvaient sur des mâles. Pour le TRAF, 43 colliers (36 %) des 120 colliers étaient portés par des mâles. La répartition des colliers entre les sexes était similaire à l'abondance relative des mâles

dans les deux troupes. Selon les données des classifications de population réalisées à chaque année au moment du rut (Gouv. du Québec et de Terre-Neuve et Labrador, données non publiées), il apparaît que la proportion de mâles chez les adultes (≥ 1 an) était en moyenne de 33 % et 39 % respectivement pour le TRG et le TRAF entre 1994 et 2001.

Tableau 2. Assignation au troupeau des colliers actifs durant les inventaires de caribous de juillet 2001

Colliers actifs en 2001	TRG	TRAF	Total
• Assignation au troupeau basée sur le lieu de capture	129	100	229
• Assignation au troupeau basée sur l'aire utilisée en juillet 2001	109 ^a	120 ^a	229

^a Émigration/Immigration: 22 colliers du TRG ont émigré vers le secteur post mise-bas du TRAF. Deux colliers du TRAF se sont déplacés vers le secteur post mise-bas du TRG.

Tableau 3. Distribution des colliers actifs durant l'inventaire de juillet 2001

Troupeau ^a	Type de collier	Mâle	Femelle	Total
• TRG : colliers photographiés	• Argos	1	10	11
	• VHF	10	35	45
	Sous-total	11	45	56
• TRG : colliers non photographiés	• Argos	2	6	8
	• VHF	17	28	45
	Sous-total	19	34	53
TOTAL TRG		30	79	109
• TRAF : colliers photographiés	• Argos		1	1
	• VHF	6	16	22
	Sous-total	6	17	23
• TRAF : colliers non photographiés	• Argos	4	10	14
	• VHF	33	50	83
	Sous-total	37	60	97
TOTAL TRAF		43	77	120

^a L'assignation au troupeau est basée sur le secteur utilisé en juillet 2001.

3.1.3 Prise de photographies et décompte des caribous

La figure 4 présente la localisation des groupes de caribous qui ont été photographiés durant l'inventaire. Au total, ce sont 56 colliers actifs différents qui étaient présents dans les groupes de caribous photographiés dans l'aire couverte par le TRG entre le 9 et le 20 juillet 2001. Dans l'aire estivale du TRAF, ce fut 23 colliers actifs qui étaient présents dans les groupes photographiés entre le 23 et le 30 juillet 2001.

Seuls les groupes qui contenaient au moins un caribou porteur de collier émetteur ont été considérés pour les fins de l'estimation de la taille des troupeaux. Les autres groupes rencontrés par hasard étaient tout de même photographiés afin d'évaluer potentiellement la population minimale. Ces résultats ne sont pas présentés.

Environ 900 diapositives 35 mm couleur ont été prises lors de la photographie de 41 et 30 groupes respectivement pour le TRG et le TRAF (figure 4). Certains des groupes avec colliers ont été photographiés à deux reprises et l'on doit alors choisir les sessions qui représentent les meilleures conditions de photographie et de regroupement. Si on ne considère que les sessions de photographies qui ne se sont pas répétées et qui contiennent au moins un collier actif, ce sont 27 et 17 groupes différents respectivement pour le TRG et le TRAF qui ont été dénombrés et qui ont servi aux calculs des estimations de population. Un total de 108 876 et 78 576 caribous respectivement pour le TRG (tableau 4) et le TRAF (tableau 5) ont été dénombrés sur les photographies de ces groupes.

Le décompte des caribous sur les photographies représente un investissement important en ressources humaines. De la numérisation initiale, jusqu'au décompte des caribous sur les photographies, ce sont 1 450 heures de travail qui y ont été consacrées pour les deux troupeaux.

3.1.4 Comparaison entre les observateurs lors du décompte des photographies

Afin de valider le travail de décompte des caribous sur les photographies, les deux observateurs ont compté en double un échantillon de 139 photographies provenant de 10 groupes du TRG de façon indépendante et sans connaître le résultat de l'autre observateur.

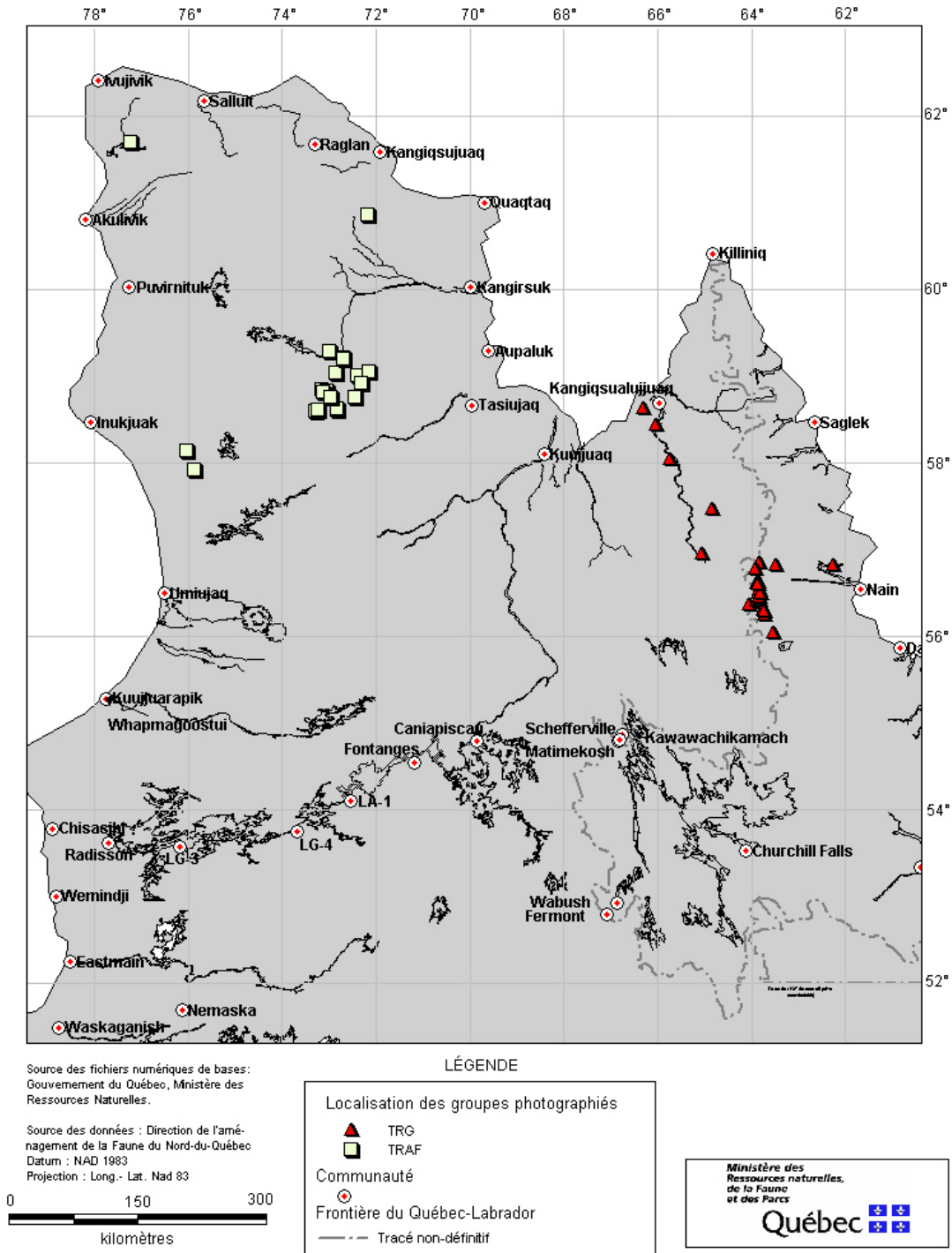


Figure 4. Localisation des groupes de caribous photographiés en juillet 2001

Tableau 4. Résultats bruts de l'inventaire 2001 du troupeau de la Rivière-George (27 groupes)

Session (No)	Date	Nombre de colliers	Taille du groupe
1	9 juillet	2	1 600
2	13 juillet	4	2 698
3	13 juillet	2	775
4	13 juillet	1	218
5	14 juillet	1	337
6	14 juillet	1	2 636
7	14 juillet	2	3 166
8	14 juillet	1	622
10	14 juillet	2	6 629
11	15 juillet	1	992
12	15 juillet	1	1 113
14	15 juillet	1	2 128
15	15 juillet	1	2 399
16	15 juillet	1	2 154
19	15 juillet	2	15 866
20	15 juillet	2	2 533
23	16 juillet	1	1 896
29	16 juillet	7	18 711
30	16 juillet	10	16 285
32	17 juillet	1	2 963
33	17 juillet	4	9 140
34	18 juillet	2	1 238
35	18 juillet	2	6 836
37	18 juillet	1	1 874
39	19 juillet	1	953
40	19 juillet	1	2 137
41	20 juillet	1	977
TOTAL		56	108 876

Tableau 5. Résultats bruts de l'inventaire 2001 du troupeau de la Rivière-aux-Feuilles (17 groupes)

Session (No)	Date	Nombre de colliers	Taille du groupe
1	23 juillet	1	3 326
2	27 juillet	1	500
4	27 juillet	1	2 321
8	27 juillet	1	7 104
10	28 juillet	2	2 310
11	29 juillet	1	3 403
12	29 juillet	1	871
18	29 juillet	1	1 553
20	29 juillet	1	3 360
21	29 juillet	2	17 770
22	29 juillet	2	9 885
23	29 juillet	2	12 514
25	29 juillet	2	5 682
29	30 juillet	1	5 695
30	30 juillet	2	2 172
32	30 juillet	1	98
33	30 juillet	1	12
TOTAL		23	78 576

La différence entre l'observateur 1 et 2 était de 1,9 % et de -3,0 % en moyenne par photographie pour les adultes et les faons respectivement. En moyenne pour les 139 photographies, les observateurs 1 et 2 ont compté par photographie respectivement 288,1 (écart-type= 288,1) et 282,0 (écart-type= 274,4) caribous adultes, ainsi que 88,1 (écart-type= 94,9) et 87,1 (écart-type= 81,9) faons. Un test de t pour échantillons appariés entre les observateurs n'a pas noté de différence significative ($p > 0,05$) ni pour le décompte des adultes ni pour celui des faons. Le coefficient de corrélation de Pearson entre les décomptes des deux observateurs était de 0,991 et de 0,967 ($p=0,001$) respectivement pour les adultes et les faons.

Considérant que les deux observateurs ont compté en partie les mêmes groupes, le total des caribous adultes dénombrés par les observateurs 1 et 2 a été de 40 053 et 128 373 caribous respectivement. Lorsque le même groupe a été dénombré par les deux

observateurs, les données de l'observateur 1 ont été retenues pour les calculs de population du TRG.

Devant le faible écart dans le décompte des caribous sur les photographies du TRG, il fut décidé de ne pas compter en double les sessions de photographies du TRAF. Les deux observateurs se sont donc partagés le travail de décompte. Pour le TRAF, l'observateur 1 a compté quatre groupes totalisant 23 845 caribous tandis que l'observateur 2 dénombrait 13 groupes pour un total de 54 731 caribous.

3.1.5 Taille des troupeaux en 2001

Lors des inventaires post mise-bas de caribous, la taille de la population peut être estimée par la méthode Lincoln-Petersen, aussi appelée la méthode de capture-recapture appliquée à la télémétrie (White et Garrott 1990). Cette méthode a été utilisée pour inventorier le TRG en 1993 et est décrite dans Russell *et al.* (1996). Le nombre de colliers actifs dans le troupeau constitue un paramètre important dans cette méthode et les valeurs de 109 et 120 ont été utilisées respectivement pour nos calculs du TRG et du TRAF en 2001.

Certains auteurs estiment que l'on ne devrait pas utiliser les petits groupes qui sont parfois observés car ceux-ci représentent un niveau insuffisant d'agrégation. Pour solutionner le problème des petits groupes non complètement agrégés, Russell *et al.* (1996) ont décidé de ne retenir pour l'analyse que les groupes de taille supérieure à 4 000 bêtes. Rivest *et al.* (1998) ont soulevé que le seuil arbitraire de sélection des groupes pouvait exercer une influence importante sur l'estimation obtenue. La définition même de ce que constitue un grand groupe pourrait donc influencer les résultats. Ils ont aussi montré que l'estimation de Lincoln-Petersen était négativement biaisée car des groupes, avec ou sans collier, sont manqués lors de l'inventaire.

Afin de simuler les effets de la sélection de la taille minimale des groupes, l'estimation de population selon la méthode Lincoln-Petersen a été calculée avec quatre variantes : aucune taille minimale, 1 000, 2 000 et 4 000 individus. Le tableau 6 présente les résultats obtenus lors de cette simulation pour les résultats des deux inventaires de 2001 mais aussi pour celui du TRG en 1993. Le seuil arbitraire de la taille des groupes retenus pour analyse exerce un effet important sur l'estimation obtenue, surtout lorsque la taille échantillon laisse à désirer et que le nombre de colliers photographiés est faible. Ainsi,

Tableau 6. Résultats des inventaires de caribous de 1993 et 2001 : nombre d'adultes en juillet et intervalle de confiance (IC), et nombre de colliers et de groupes photographiés

Méthodes/Auteurs	TRG 1993 ^a				TRG 2001 ^b				TRAF 2001 ^c			
	\hat{N} ^d	IC (90%)	Colliers	Groupes	\hat{N}	IC (90%)	Colliers	Groupes	\hat{N}	IC (90%)	Colliers	Groupes
1. Post mise-bas: Indice de Lincoln-Petersen												
• Tous les groupes	451 000	8,9%	73	28	210 000	15,5%	56	27	396 000	31,3%	23	17
• Les groupes > 1000	502 000	11,4%	65	20	233 000	18,2%	48	20	466 000	35,5%	19	13
• Les groupes > 2000	525 000	12,8%	61	16	252 000	21,1%	41	15	481 000	36,9%	18	12
• Les groupes > 4000 (Russell <i>et al.</i> 1996)	540 000	13,9%	58	13	289 000	32,3%	27	6	645 000	55,5%	10	6
2. Post mise-bas: Rivest <i>et al.</i> (1998)												
• Modèle utilisé : Homogénéité	587 000	15,5%	73	28	296 000	26,3%	56	27	931 000	45,9%	23	17
3. Aire de mise-bas: Couturier <i>et al.</i> (1996)												
• Inventaire photographique en juin	682 000 ^e	19,5%										

^a Il y avait 92 colliers déclarés actifs lors de cet inventaire.

^b Il y avait 109 colliers déclarés actifs lors de cet inventaire.

^c Il y avait 120 colliers déclarés actifs lors de cet inventaire.

^d Estimation de population.

^e Nombre d'adultes présents en octobre, fusion des résultats du tableau 5 de Couturier *et al.* (1996).

l'estimation de population du TRAF en 2001 passe de 396 000 adultes lorsque l'on considère tous les groupes, à 645 000 lorsque l'on applique le seuil limite de 4 000 individus, une augmentation de 63 % (tableau 6). L'intervalle de confiance subit également une augmentation importante passant de 31,3 % ($p=0,10$) à 55,5 % sous l'effet de la diminution de la taille de l'échantillon de colliers photographiés. Lorsque les tailles échantillons sont plus élevées, l'effet de la sélection du seuil limite sur l'estimation de population et son intervalle de confiance s'estompent considérablement. L'exemple du TRG en 1993 illustre bien ce dernier point car l'estimation n'augmente que de 20 % selon que l'on utilise tous les groupes ou que l'on ne retienne que ceux d'au moins 4 000 individus (tableau 6).

Un test de χ^2 de la distribution au hasard des colliers dans les groupes suggère que cette prémisse est à peine rencontrée et qu'il y a un doute quant au mélange des colliers dans le troupeau. Lorsque l'on fusionne les groupes de 4 000 individus et moins (Valkenburg *et al.* 1985), on obtient une valeur de χ^2 de 13,68 ($p=0,04$, degré de liberté= 6) et de 12,70 ($p=0,05$, d. l. = 6) respectivement pour le TRG et le TRAF. Pour le TRG, le groupe n° 19 apporte à lui seul la majorité de la somme des écarts entre la valeur observée du nombre de colliers (observée= 2 colliers) et la valeur attendue compte tenu de la taille imposante de ce groupe de 15 866 individus (attendue= 8,31 colliers). Lorsque ce groupe est enlevé du calcul du χ^2 , la valeur devient 10,76 (d. l. = 5) et la probabilité passe au-dessus du seuil de signification. Une régression linéaire du nombre de colliers (x) par la taille du groupe (y) montre pour le TRG une valeur de r^2 égale à 0,61 pour 27 groupes. Lorsque le groupe 19 est enlevé de cette régression, la valeur de r^2 passe à 0,79 illustrant encore le caractère exceptionnel de ce groupe. Pour une régression similaire, la valeur de r^2 du TRAF est de 0,35 pour 17 groupes. Il est donc possible que le mélange des colliers dans le troupeau ne soit pas parfait, probablement à cause du délai insuffisant entre le moment de la capture de certains colliers (p. ex. mars 2001 et juin 2001) et la date de l'inventaire.

Afin de tester si la distribution des colliers était aléatoire dans le troupeau, Rivest *et al.* (1998) ont également proposé un test de score basé sur un modèle de régression de Poisson. La valeur de z pour le modèle d'Homogénéité était respectivement de 0,49 et de -1,1 pour le TRG et le TRAF en 2001. L'hypothèse de distribution aléatoire doit être rejetée à $\alpha=0,05$ si la valeur de z dépasse 1,645 ce qui n'est le cas pour le TRG et le TRAF, indiquant que la distribution des colliers était homogène.

Des analyses ont montré que, pour le TRG, le modèle d'Homogénéité semblait s'ajuster mieux aux données et que le log-vraisemblance de 7,16 était supérieur à celui des quatre autres modèles testés, qui était de 6,73, 4,70, 6,79 et de 6,97 respectivement pour les modèles d'Indépendance, du Seuil limite à 2, 4 et 6 colliers (voir Rivest *et al.* 1998 pour la méthode de calcul). La méthode utilisée en 2001 avec plusieurs observateurs présents dans les aéronefs nous laisse croire que la probabilité de détection des groupes ne variait pas selon le nombre de colliers présents dans le groupe, donc que le modèle d'Homogénéité serait plus approprié pour l'analyse des données. En effet, il y avait toujours entre 2 et 4 récepteurs à balayage en opération, de telle sorte qu'on entendait très rapidement, en l'espace de une à deux minutes, toutes les fréquences présentes dans le groupe sous observation.

Lors de la sélection initiale des modèles du TRAF, il est apparu que le modèle à Seuil limite ne pouvait pas s'appliquer car le nombre de colliers photographiés par groupe était trop faible (1 ou 2 seulement). Le log-vraisemblance du modèle d'Indépendance pour le TRAF est légèrement plus grand que celui du modèle d'Homogénéité mais la différence est faible, soit -6,58 et -6,81 respectivement. Afin d'uniformiser l'analyse pour les deux troupeaux, et surtout parce qu'il correspond mieux aux conditions d'observations (plusieurs observateurs) qui ont prévalu durant les inventaires de juillet 2001, l'estimation du modèle d'Homogénéité est retenu pour le TRAF également (tableau 6) même si la valeur du log-vraisemblance est légèrement inférieure.

La comparaison entre les résultats des deux méthodes suggère qu'elles sont relativement équivalentes lorsque l'on exclut les petits groupes. Par contre, la méthode de Rivest *et al.* (1998) est moins subjective. Il est donc recommandé de retenir les estimations du modèle d'Homogénéité de Rivest *et al.* (1998) pour les deux troupeaux en juillet 2001, soit 296 000 \pm 26,3 % adultes et 931 000 \pm 45,9 % adultes pour le TRG et le TRAF respectivement. Cependant, dans le cas du TRAF, la révision des estimations des inventaires antérieurs et l'analyse des données de la productivité, de la survie et de la condition physique ne suggèrent pas que le TRAF aurait atteint un tel niveau record. Ce résultat élevé serait plutôt une surestimation liée aux problèmes de sous-échantillonnage de ce troupeau en juillet 2001. Dans un esprit de gestion prudente, il est recommandé de choisir la limite inférieure de l'intervalle de confiance de l'estimation du TRAF, soit 504 000 adultes.

Depuis les débuts de l'étude du caribou, l'usage au Québec-Labrador consiste à décrire la taille des troupeaux selon le niveau atteint en automne, lors du rut. Il faut donc extrapoler nos résultats de juillet 2001 exprimés en nombre d'adultes pour tenir compte de la mortalité estivale des adultes et de l'inclusion des faons présents en octobre lors de la classification annuelle. Si l'on utilise le taux de survie entre juillet et octobre de 0,99 (erreur-type= 0,02) et une proportion d'adultes de 0,759 (erreur-type= 0,01) selon la classification en octobre 2001, on obtient une estimation de 385 000 \pm 28,0 % pour la taille en automne du TRG, incluant les faons. Le même calcul pour le TRAF mais avec une proportion d'adultes de 0,773 (erreur-type= 0,01) procure une estimation en automne de 1 193 000 \pm 47,4 % caribous, incluant les faons présents au moment de la classification de population. Tel que mentionné précédemment, on recommande pour le TRAF de retenir la limite inférieure de l'intervalle de confiance, soit 628 000 caribous, incluant les faons à l'automne 2001.

3.2 Révision des inventaires antérieurs du TRAF, 1975 à 1991

Les premières observations de Le Hénaff (1976) décrivant une aire de mise-bas de 19 740 km² près de la rivière aux Feuilles ont marqué le début du suivi scientifique de ce troupeau. Il notait alors que 21 019 caribous adultes étaient associés à ce terrain de mise-bas en juin 1975. Depuis ce temps, un certain nombre d'observations ont été recueillies et il serait utile de tracer le bilan des principales connaissances acquises sur cette population importante mais moins bien connue que le TRG.

En juin 1977, un second inventaire sur ce troupeau se soldait par un échec; les responsables ayant été incapables de trouver des concentrations de caribous (Le Hénaff 1983). Le 6 juin 1980, lors d'un vol de vérification, il fut possible d'observer plusieurs groupes de femelles suitées (M. Jean, comm. pers. dans Le Hénaff 1983). En juin 1981, un autre inventaire visuel en avion DC-3 et en hélicoptère permit d'estimer que 10 198 \pm 29,7 % (int. de conf. à $\alpha=0,10$) femelles adultes fréquentaient une aire de mise-bas de 870 km² au sud de la rivière aux Feuilles. Malheureusement, cette estimation est incomplète car les observateurs sur le terrain ont aussi noté qu'ils n'avaient pas inventorié une autre aire de mise-bas située au nord de la rivière aux Feuilles et que ce secteur abritait aussi une grande concentration de femelles adultes accompagnées de leurs faons nouveau-nés. En juin 1983, Le Hénaff (1983) a effectué un inventaire visuel sur deux aires de mise-bas contiguës, au nord de la rivière aux Feuilles (Lac Tassialuk de 3 000 km² et

lac Dune de 3 700 km²). Il estimait que $32\,812 \pm 19,9\%$ femelles adultes se trouvaient en juin 1983 sur les deux aires de mise-bas du TRAF.

Lors de l'utilisation de la technique d'inventaire sur les aires de mise-bas, il fallait utiliser cinq facteurs de corrections afin de pouvoir estimer les effectifs de la population entière en automne, incluant les mâles et les faons :

1. Proportion de femelles sur l'aire de mise-bas.
2. Taux de visibilité durant l'inventaire sur le terrain ou durant l'analyse des photographies.
3. Taux de présence des femelles sur l'aire de mise-bas.
4. Taux de survie estivale.
5. Proportion de femelles dans le troupeau en octobre.

Les inventaires du TRG de juin 1984 (Goudreault *et al.* 1985), juin 1986 (Crête *et al.* 1987) et juin 1988 (Crête *et al.* 1991) ont été réalisés suivant cette méthode. En 1993, Couturier *et al.* (1996) modifièrent légèrement la technique dans le but d'inventorier toute l'aire potentiellement occupée par les femelles et non seulement l'aire de mise bas comme auparavant. Cette modification permit d'éliminer le troisième facteur de correction (Taux de présence des femelles sur l'aire de mise bas). Cette technique modifiée fut également utilisée en 1991 pour le TRAF (voir l'annexe 1).

Or, au début du suivi scientifique du TRAF, les outils et les connaissances nécessaires n'étaient pas toujours disponibles pour estimer tous ces facteurs de correction. Ainsi, en se basant sur un inventaire photographique des aires de mise-bas en juin 1986, Crête *et al.* (1987) ont estimé à $106\,000 \pm 17,8\%$ caribous les effectifs du TRAF à l'automne suivant. Quelques temps plus tard, en analysant à nouveau les mêmes données et devant l'incertitude de certains facteurs de correction, les mêmes auteurs (Crête *et al.* 1991) ont opté de ne pas présenter l'estimation en automne mais plutôt d'exprimer leur résultat en nombre de femelles adultes présentes sur l'aire de mise-bas en juin. Le même problème est survenu en juin 1991 alors que certains facteurs de correction n'étaient pas disponibles à ce moment-là.

Avec les nouvelles connaissances dont on dispose actuellement, il est possible d'utiliser des estimations satisfaisantes de ces facteurs de correction dans le but d'extrapoler les résultats des inventaires de juin pour calculer les estimations en automne. Le tableau 7 présente les résultats de ces nouveaux calculs pour les inventaires du TRAF effectués

entre 1975 et 1991. Toutes ces étapes pour convertir le nombre de caribous en juin, en une estimation du nombre de caribous présents dans le troupeau en octobre, s'accompagnent d'une perte de précision. La nouvelle variance résultant de la multiplication ou de la division d'un facteur de correction a été estimée selon la méthode décrite par Crête *et al.* (1986). Lors du calcul des intervalles de confiance des nouvelles estimations corrigées, le nombre de degrés de liberté utilisé pour la valeur de t était le plus petit entre celui de l'estimation initiale ou celui de son facteur de correction (Gasaway *et al.* 1986; Crête *et al.* 1991).

Lorsqu'un facteur de correction n'était pas disponible pour un inventaire donné, la valeur correspondante pour le TRG en juin 1984 a été utilisée (Goudreault *et al.* 1985). Cet inventaire semble le meilleur de cette époque et on assume que la condition des deux troupeaux était assez similaire. Pour les inventaires visuels, un taux de visibilité de 0,80 a été utilisé tel que suggéré par Le Hénaff (1983) pour tenir compte des animaux manqués. Les valeurs en caractères gras du tableau 7 représentent les valeurs inédites qui sont propres à un inventaire, tandis que les autres valeurs sont estimées à l'aide des facteurs de correction empruntés à l'inventaire du TRG de juin 1984 ou suggérés par d'autres auteurs. Selon ces nouveaux calculs, la taille du TRAF serait donc passée de 56 000 à $276\ 000 \pm 27,5\ %$ caribous entre 1975 et 1991 (tableau 7).

On assume généralement que les aires de mise-bas constituent l'habitat le plus traditionnel d'un troupeau de caribou migrateur-toundrique. Il est donc important de noter que l'aire de mise-bas du TRAF s'est déplacée progressivement vers le nord de 400 à 500 km entre le moment où elle a été identifiée par Le Hénaff (1976) et le milieu des années 1990 (figure 5). Par la suite, l'aire s'est déplacée légèrement vers le nord-est, de telle sorte qu'elle est maintenant située près des plus hautes élévations disponibles de la Péninsule d'Ungava (MRNFP, données non publiées). Cette aire de mise-bas semble plus stable depuis la fin des années 1990, un peu à l'image de celle du TRG qui a peu changé de localisation depuis 20 ans.

3.3 Condition physique, recrutement et démographie

Selon la masse de la carcasse des femelles adultes en lactation, il semble que la condition des caribous du TRAF se serait détériorée comparativement à 1988 (Crête et Huot, 1993), tandis que celle du TRG se serait améliorée de façon notable (figure 6). En fait, entre la période estivale de 1988 et celle de 2001, les femelles du TRAF ont perdu 9,3 kg et les

Tableau 7. Révision des résultats d'inventaires du caribou du TRAF réalisés entre 1975 et 1991

Paramètres de calcul et facteurs de correction	1975^a	1981^b	1983^b	1986^c	1991
• Nb de caribous adultes sur l'aire de mise-bas	21 019^d			50 624	232 614
<i>X 1. Proportion de femelles adultes.</i>	<i>0,86^g</i>			<i>0,93</i>	
= Nb de femelles adultes sur l'aire de mise-bas	18 100	10 198 (sud)^e	32 812	47 100	140 479
<i>÷ 2. Taux de visibilité</i>	<i>0,80^f</i>		<i>0,80^f</i>	<i>0,96</i>	<i>0,97^g</i>
= Nombre de femelles adultes sur l'aire de mise-bas (corrigé)	22 600		41 000	49 000	144 800
<i>÷ 3. Taux de présence des femelles sur l'aire de mise-bas</i>	<i>0,77^g</i>		<i>0,77^g</i>	<i>0,77^g</i>	<i>1,00^h</i>
= Nb total de femelles adultes en juin	29 300		53 300	63 700	144 800
<i>X 4. Taux de survie estivale (juin-octobre)</i>	<i>0,99^g</i>		<i>0,99^g</i>	<i>0,99^g</i>	<i>0,99^g</i>
= Nombre total de femelles adultes en octobre	29 100		52 700	63 100	143 400
<i>÷ 5. Proportion de femelles dans le troupeau en octobre</i>	<i>0,52^g</i>		<i>0,52^g</i>	<i>0,52^g</i>	<i>0,52^g</i>
= Nombre total de caribous en octobre (incluant mâles et faons)	56 000 ⁱ		101 000 ± 43,0%	121 000 ± 46,6%	276 000 ± 27,5%

^a Inventaire visuel : Le Hénaff (1976).

^b Inventaire visuel : Le Hénaff (1983).

^c Inventaire photographique : Crête *et al.* (1991).

^d Les valeurs en caractères gras représentent des données inédites de l'inventaire concerné, tandis que les autres sont des valeurs empruntées à d'autres études (p. ex. TRG 1984).

^e Incomplet car une aire de mise-bas au nord n'a pas été couverte en 1981 (Le Hénaff 1983).

^f Le taux de visibilité de 0,80 a été suggéré par Le Hénaff (1983).

^g Estimation provenant de l'inventaire du TRG en 1984 (Goudreault *et al.* 1985; Crête *et al.* 1991).

^h Ne s'applique pas pour juin 1991 car tout le secteur occupé par les femelles a été inventorié.

ⁱ Les données originales ne présentaient pas d'estimation de la variance.

femelles du TRG ont gagné 8,1 kg. La saison 2002 semble avoir été plus difficile pour les deux troupeaux mais le TRG est demeuré en meilleure condition que le TRAF (figure 6). D'autres indices usuels de la condition physique des femelles en lactation (masse de protéines, pourcentage des réserves adipeuses, taille corporelle, etc.) confirment également cette tendance pour la masse observée entre les deux troupeaux. La masse et la taille corporelle des faons sont d'autres indices de la condition d'un troupeau. Entre 1985 et 2002, ces variables pour les faons ont suivi la même tendance générale que celles de leurs mères, c'est-à-dire que le TRG aurait amélioré sa condition et qu'elle surpasserait généralement celle du TRAF (Couturier *et al.* en prép.).

Afin d'étudier la productivité des deux troupeaux, des classifications de la population sont faites à chaque année (sauf 1999) depuis 1973 pour le TRG et depuis 1994 pour le TRAF. La figure 7 montre l'évolution de cet indicateur démographique pour les deux troupeaux. Il semble que la productivité ait connu quatre phases pour le TRG. De 1973 à 1983, le ratio atteignait en moyenne 51,9 (écart-type= 3,8) durant une période de forte croissance démographique, tandis qu'il chutait à 39,3 (écart-type= 1,1) de 1984 à 1987. De 1988 à 1992, la productivité diminuait encore pour atteindre son plus bas niveau à 29,7 (écart-type= 4,3) en moyenne. Entre 1993 et 2003, le ratio demeurait faible à 32,3 (écart-type= 9,6). Le suivi du recrutement du TRAF est plus récent et la productivité était de 37,5 (écart-type= 8,5) en moyenne de 1994 à 2003 inclusivement, tandis qu'il atteignait 41,4 en octobre 1986 (Crête *et al.* 1987).

Hearn *et al.* (1990) et Crête *et al.* (1996) ont estimé la survie des caribous du TRG à l'aide de la radio-télémetrie et des colliers VHF. Le tableau 8 présente les taux de survie estimés pour le segment femelle de la population. Les données du TRAF sont trop fragmentaires pour réaliser ce genre d'analyse.

Tableau 8. Survie annuelle des femelles du TRG

Année	Adulte ^a (≥ 2 ans)	Juvénile ^a (1 an)
1983		0,95
1984	0,95	0,89
1985	0,92	
1986	0,91	0,66
1987	0,84	
1988	0,87	1,00
1989	0,93	0,84
1990	0,84	
1991	0,81	0,83
1992	0,83	0,88

^a Source : Crête *et al.* (1996)

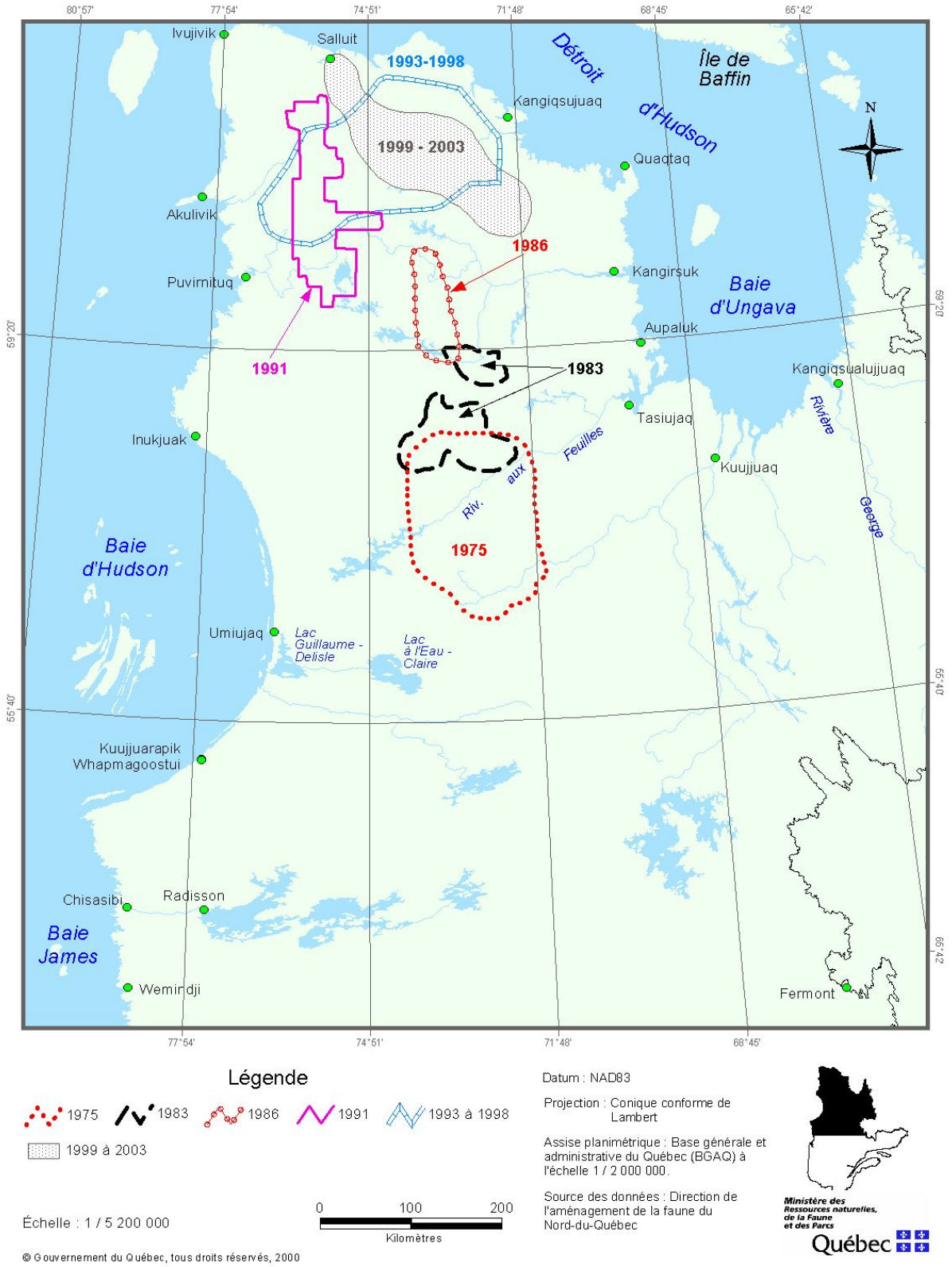


Figure 5. Localisation des aires de mise-bas du TRAF, entre 1975 et 2003

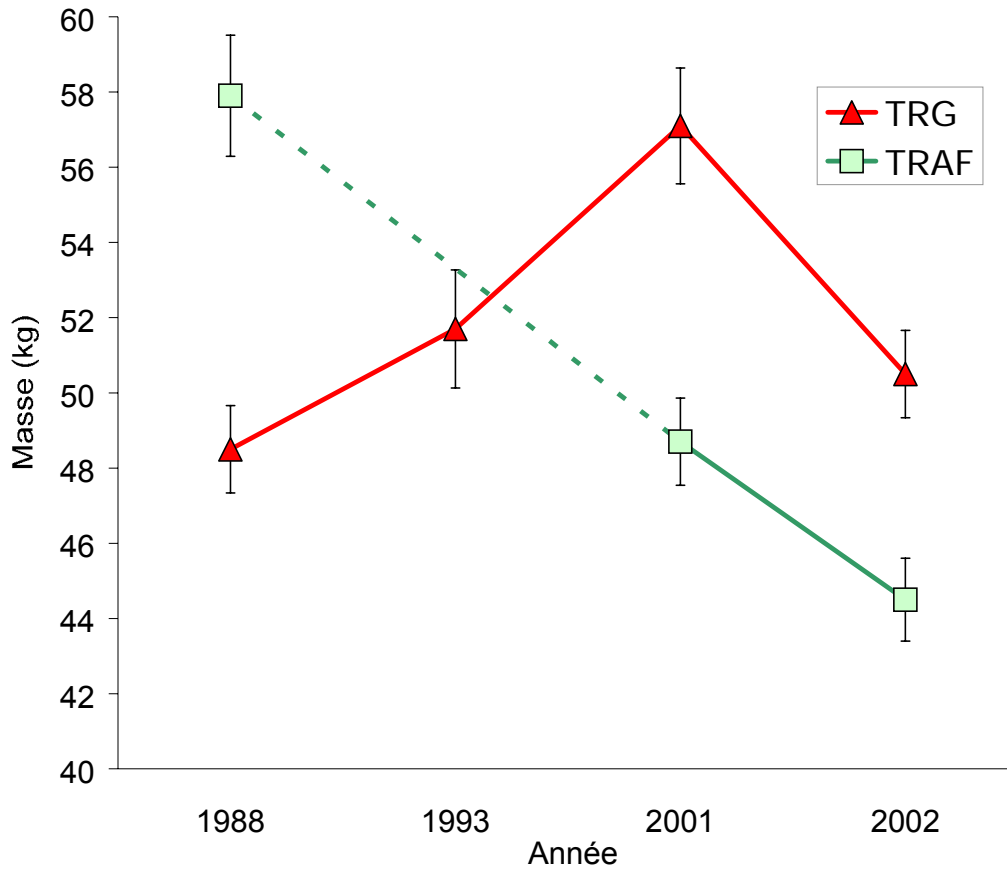


Figure 6. Masse de la carcasse de femelles en lactation des deux troupeaux de caribous migrants-toundriques (moyenne \pm erreur-type)

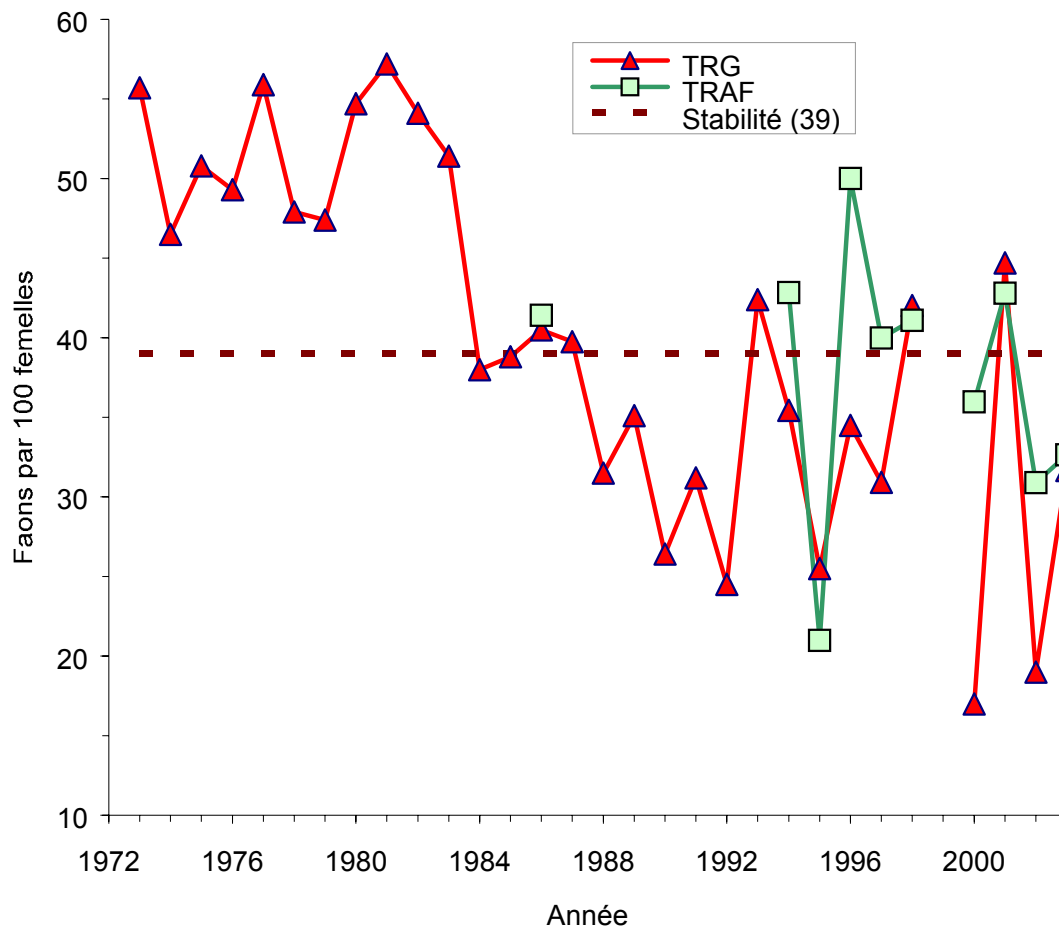


Figure 7. Productivité (faons/100 femelles) à l'automne chez les deux troupeaux de caribous migrateurs-toundriques depuis 1973

4. Discussion

4.1 Inventaires post mise-bas du TRG et du TRAF en juillet 2001

4.1.1 Choix de la méthode d'inventaire utilisée

La technique de photographie oblique qui a été utilisée en 2001 est basée sur le comportement d'agrégation du caribou migrateur-toundrique durant la période post mise-bas en juillet. La technique de photographie verticale des aires de mise-bas en juin est l'autre technique utilisée pour le dénombrement des troupeaux migrants-toundriques de caribous et de rennes. Cette technique consiste à réaliser des photographies verticales (donc à échelle connue) des caribous (surtout des femelles) sur leurs aires de mise-bas en juin et à déduire par la suite les animaux (surtout les mâles) qui ne sont pas présents dans les secteurs photographiés. Cette technique exige que des facteurs de correction soient appliqués pour tenir compte notamment de l'absence des femelles adultes non gravides sur les aires de mise-bas, de l'absence presque complète des mâles adultes, de la survie estivale des femelles adultes, et de l'abondance des faons en automne si l'on veut inclure le segment juvénile dans l'estimation de la population (Crête *et al.* 1991). L'application de chaque facteur de correction entraîne une perte de précision et la possibilité d'introduire des biais (Thomas 1998). En juin 1984, 1986, 1988 et 1993, quatre inventaires photographiques selon la technique des aires de mise-bas ont été réalisés sur le TRG (Crête *et al.* 1991; Couturier *et al.* 1996). Les cinq inventaires du TRAF réalisés entre 1975 et 1991 suivaient généralement ce protocole, sauf que seulement ceux de 1986 et 1991 utilisaient la photographie. La réalisation de la technique des aires de mise-bas peut être perturbée par des migrations inhabituelles des caribous. Certaines années, suite à des migrations tardives, l'aire de mise-bas du TRG est en partie localisée sous la limite des arbres ce qui empêche la photographie. L'un des meilleurs exemples de cette situation a été observé en juin 2004 alors que les caribous n'ont pas rejoint leurs aires de mise-bas traditionnelles à temps pour les naissances (MRNFP, suivi par satellite, données non publiées). Il aurait été impossible en 2004 d'utiliser la technique de juin pour l'inventaire de l'un ou l'autre des grands troupeaux.

En 1996, après une longue réflexion au ministère de l'Environnement et de la Faune (maintenant le MRNFP), il fut décidé de choisir la méthode post mise-bas lors des prochains inventaires de caribous réalisés au Nord-du-Québec. Dans leur rapport,

Courtois *et al.* (1996) précisait les raisons de ce changement de méthode de la technique de juin vers celle de juillet :

...nous recommandons d'utiliser la technique des photographies obliques post mise-bas parce qu'elle risque moins d'être compromise par un changement éventuel du comportement migratoire du troupeau. Cette technique est également moins coûteuse ... et sa validité a été démontrée adéquatement pour le troupeau de la rivière George en 1990 lors d'un inventaire réalisé par la Défense nationale ... et en 1993...

La majorité des autres juridictions circumpolaires utilisent aussi la technique de juillet pour le dénombrement périodique (3-5 ans) de leurs troupeaux. Les biologistes de l'Alaska utilisent la méthode post mise-bas de façon routinière pour chaque troupeau à tous les trois ans. En juillet 2001, ils ont recensé cinq troupeaux avec cette méthode, dont les troupeaux du Mulchatna et du Porcupine, deux troupeaux qui approchent les 200 000 bêtes chacun (P. Valkenburg, comm. pers.¹). Ils utilisent des aéronefs qui appartiennent au gouvernement et ceux-ci demeurent disponibles en attendant que les conditions météorologiques soient propices.

En juillet 2000, lors d'un été extrêmement chaud qui a fourni des conditions d'inventaire très favorables, les rennes de la Péninsule du Taymir dans le nord de la Sibérie ont été recensés à environ 1 million d'individus en utilisant cette technique (Kolpashchikov *et al.* 2003). On ignore cependant si cette région est constituée d'un seul troupeau ou d'un ensemble de troupeaux voisins comme c'est le cas au Québec-Labrador et ailleurs en Amérique du Nord.

Dans une revue critique des méthodes d'inventaires, Thomas (1998) favorise l'utilisation de la technique post mise-bas pour le dénombrement des troupeaux de caribous migrants. Toutefois, il estime que les gestionnaires devraient mettre davantage l'emphase sur le suivi des connaissances de l'écologie de l'animal plutôt que de dépenser des budgets importants sur les inventaires dont les résultats sont souvent imprécis.

¹ Alaska Department of Fish and Game

4.1.2 Température, insectes et qualité de l'inventaire post mise-bas

La méthode d'inventaire post mise-bas consiste à suivre les déplacements des caribous à l'aide de la télémétrie afin de localiser les rassemblements causés par le harcèlement des insectes. Cette méthode est donc dépendante de la température. De façon générale, la période de harcèlement intense par les insectes survient sur une période de deux à quatre semaines entre le début du mois de juillet et la fin du mois d'août. Le harcèlement par les insectes est influencé par la température, le vent, la couverture nuageuse, les précipitations, l'humidité et la pression atmosphérique (Curatolo 1975; Roby 1978; Russell *et al.* 1993; Weladji *et al.* 2003). Cependant, selon Russell *et al.* (1993) et Mörschel (1999), ce sont la température et le vent qui expliquent la majorité des variations observées dans l'activité des insectes qui harcèlent les caribous. Colman (2000) et Weladji *et al.* (2003) ajoutent à ces deux facteurs principaux, la couverture nuageuse et ils avancent que lorsque le ciel est dégagé (<40 % de couverture nuageuse) le harcèlement des insectes est amplifié.

Malgré un été très bref, les régions arctiques et sub-arctiques supportent une biomasse considérable d'insectes. Parmi ceux qui représentent une nuisance pour le caribou du Québec-Labrador, on retrouve trois groupes de diptères hématophages et un groupe de parasites (Toupin 1994). Les moustiques (*Culicidae*), les mouches noires (*Simuliidae*) et les tabanides (*Tabanidae*) et deux espèces d'oestres parasites (*Oestridae*, *Cephenemyia trompe* et *Oedemagena tarandi*) harcèlent le caribou migrateur-toundrique qui a dû adapter des stratégies pour diminuer cet impact négatif sur leur condition physique (bilan énergétique) et leur santé (parasites). On a noté une diminution du temps passé à manger et à se reposer en position couchée, ainsi qu'une augmentation des dépenses énergétiques durant la période des insectes (Russell *et al.* 1993; Toupin 1994). Certaines études sur le renne ont montré que la masse corporelle des faons était diminuée durant les étés où le harcèlement par les insectes était élevé (Helle et Tarvainen 1984; Helle et Kojola 1994; Colman 2000; Weladji *et al.* 2003).

Selon nos observations, les moustiques et les mouches noires deviennent actifs lorsque la température dépasse 8 °C environ. Dans son étude sur l'aire estivale du TRG en 1992 et 1993, Toupin (1994) précise que les moustiques et mouches noires sont absents si la température est inférieure à 6 °C et qu'ils ne sont pas très présents si la température est inférieure à 10 °C. Elle ajoute que l'activité de ces deux groupes d'insectes cesse quand le vent devient supérieur à 18 km/h. Syroechkovskii (1995) estime que les conditions

optimales pour les moustiques se situent entre 7 et 20 °C lors de jours sans vent. Il avance que les moustiques peuvent prélever jusqu'à 2 kg de sang sur un renne en une saison. La période de forte abondance des moustiques (*Culicidae*) semble donc coïncider avec la période des grands rassemblements post mise-bas du caribou (Curatolo 1975). Les *Tabanidae* ne sont actifs que le jour lorsque la température est supérieure à 14 °C (Toupin 1994). L'effet négatif du harcèlement des deux espèces d'oestres parasites est diminué par les stratégies développées par le caribou. Ainsi, la migration post mise-bas aurait évolué afin d'éloigner les caribous des endroits où ils ont laissé tomber sur le sol les larves de ces deux parasites vers la mi-juin (Folstad *et al.* 1991). Les oestres seraient responsables de la dispersion du mois d'août en raison des réactions comportementales extrêmes du caribou qui peut parfois se mettre à courir sur des centaines de mètres (Curatolo 1975). La cohésion des groupes est brisée par ces réactions violentes causées par le harcèlement des oestres. Les oestres seraient donc plus dérangeants en août et ils préféreraient les périodes les plus chaudes de la journée soit entre 17 h 00 et 18 h 00 (Zhigunov 1968). De façon générale, selon notre expérience, on peut avancer que dans la toundra du Québec-Labrador, les insectes ne deviennent vraiment abondants que lorsque la température dépasse les 18 °C et que les vents sont calmes.

Les conditions météorologiques n'ont pas été favorables durant l'inventaire en juillet 2001 ce qui a entraîné une diminution dans le nombre de colliers photographiés. De longues périodes de mauvais temps, avec des influences froides des masses maritimes à proximité des côtes où se trouvaient les caribous, ont diminué le harcèlement par les insectes et nuit aux grands rassemblements de caribous. En fait, les conditions météorologiques ont été fort variables dans l'ensemble de la région couverte et les caribous ont su adapter leur comportement et se réfugier dans les zones où la température était plus fraîche et où les insectes étaient moins abondants. Des différences de près de 10 °C ont été observées d'un endroit à l'autre de l'aire de répartition estivale d'un même troupeau. Le meilleur exemple de cette stratégie anti-insectes a été observé entre le 3 et le 12 juillet 2001 où presque tous les colliers Argos du TRG étaient situés dans un secteur exceptionnellement restreint entre Saglek et Nain sur une bande de quelques dizaines de kilomètres le long de la côte de la Mer du Labrador. Nous n'avions jamais observé auparavant pour le TRG une telle concentration des colliers Argos dans une superficie aussi réduite (données non publiées). Les caribous sont demeurés dans ce secteur tant que la température ne s'est pas réchauffée et que la brume maritime ne s'est pas dissipée. Une fois que la météo eut changé, des groupes immenses de caribous se

sont mis rapidement en route vers le sud à la recherche probablement d'un autre secteur favorable.

Durant les travaux sur le TRG, l'équipe de photographies a été sur place et prête à opérer à partir du 7 juillet 2001. On estime que les conditions optimales pour cet inventaire sont survenues entre le 13 et 17 juillet 2001. Malheureusement, une partie du 16 juillet a été consacrée au déménagement de l'équipe et le 17 au matin, l'hélicoptère a dû quitter pour une inspection mécanique (annexe 2). Durant l'inventaire précédent du TRG, Russell *et al.* (1996) ont pris la majorité des photographies entre le 5 et le 20 juillet 1993, une année dont la phénologie était particulièrement hâtive (Couturier *et al.* 1996). Dès le 5 juillet 1993, ils photographiaient un groupe de 50 000 caribous environ qui était très concentré et surtout composé de mâles adultes. Ils rapportent que le pic des agrégations est survenu entre le 12 et le 16 juillet et que le 23 juillet la majorité des caribous s'étaient dispersés. Ces auteurs estimaient aussi que la saison 1993 était hâtive. Ils rappellent également qu'un inventaire post mise-bas partiel avait été tenté sur le TRG en 1990 et que les meilleures agrégations avaient été observées les 27 et 28 juillet 1990.

Lors des travaux sur le TRAF où la phénologie est plus tardive que dans le secteur du TRG, l'équipe de photographies a été prête à opérer à partir du 22 juillet 2001. Ce début des travaux du TRAF a été retardé car l'équipe a insisté quelques jours de plus que prévu sur l'inventaire du TRG pour tenter d'accroître le nombre de groupes. Après plusieurs jours de température trop fraîche, les conditions sont devenues optimales pour l'inventaire du TRAF entre le 27 et le 29 juillet 2001, cette dernière journée étant peut-être la meilleure observée en 2001. La température atteignait 24 °C en fin d'après-midi et les vents étaient légers (annexe 2). Un total de 16 groupes ont alors été photographiés cette journée-là entre 10 h 32 (groupe 11) et 21 h 00 (groupe 28, tableau 5). Malheureusement, une panne mécanique majeure est survenue à l'hélicoptère le 31 juillet, ce qui a terminé abruptement l'inventaire du TRAF. N'eût été de ce problème technique, il aurait été possible de poursuivre la photographie durant quelques journées supplémentaires. Les derniers représentants de l'équipe de photographie quittaient les lieux de l'inventaire du TRAF le 9 août 2001 alors que l'hélicoptère n'était toujours pas réparé.

Il faudrait, lors des périodes très brèves de température propice, pouvoir effectuer la majorité des photographies, mais cela demanderait plusieurs équipes expérimentées et plusieurs aéronefs. En Alaska, c'est d'ailleurs la méthode qui est retenue pour profiter de

la fenêtre de conditions optimales qui ne durent parfois que deux ou trois jours. De trois à cinq aéronefs appartenant au Service de la faune de l'Alaska demeurent en attente des conditions climatiques idéales et réalisent les photographies dès que cela s'avère possible (P. Valkenburg, comm. pers.²).

4.1.3 Décompte des caribous sur les photographies

L'analyse des diapositives représente une tâche importante et, pour la première fois, nous avons utilisé l'imagerie numérique pour faciliter les décomptes et en améliorer la précision. La numérisation à haute définition a comporté plusieurs avantages dont une meilleure analyse pour les groupes très denses et photographiés à une altitude plus élevée. Les logiciels nous permettent d'accroître le contraste entre les animaux et le sol environnant, et agrandir les images lorsque nécessaire, ce qui a amélioré la discrimination entre les adultes et les faons, source d'erreur possible sur certaines photographies en plus d'accélérer le décompte des bêtes. L'utilisation de photographies numériques stockées sur CD a facilité la manipulation et l'échange des photographies entre les membres de l'équipe de recomptage. Plus d'une copie était en circulation ce qui assurait une plus grande sécurité qu'avec l'utilisation de diapositives 35 mm. La numérisation constitue donc une modification fort positive à la technique usuelle du décompte des caribous sur les photographies.

La comparaison de l'analyse faite par deux observateurs sur les mêmes photographies montre que le décompte est fiable et précis. La même précision et concordance entre les observateurs avait aussi été observée lors du décompte des photographies de l'inventaire post mise-bas en juillet 1993 (Russell *et al.* 1996), et aussi lors des inventaires des aires de mise-bas en juin 1993 (Couturier *et al.* 1996) et en juin 1988 (Crête *et al.* 1991). Ce n'est donc pas l'étape du décompte sur les photographies qui ajoute à l'imprécision de l'estimation de population de l'une ou l'autre des deux méthodes d'inventaire (juin et juillet).

² Alaska Department of Fish and Game

4.1.4 Prémisses méthodologiques

Russell *et al.* (1996) ont décrit quatre prémisses nécessaires à la validation de l'utilisation de la technique d'analyse post mise-bas basée sur la télémétrie. La première prémisse stipule que la population doit être fermée. Comme en 1993, lors de l'inventaire fait par Russell *et al.* (1996), il est raisonnable de penser que cette hypothèse est réaliste à cause de la durée restreinte de l'inventaire. Il ne faut pas confondre ici les cas d'émigration soulevés précédemment car une fois qu'un collier a changé de troupeau suite à des mouvements entre la capture et le lieu de séjour en juillet 2001, ce même collier demeure dans le même troupeau pour la durée de l'inventaire.

La seconde prémisse de Russell *et al.* (1996) avance que tous les groupes bien agrégés doivent contenir au moins un collier radio-émetteur et qu'ils peuvent ainsi être trouvés. Avec le nombre relativement élevé de colliers qui étaient actifs en 2001, il est raisonnable à première vue d'assumer que cette hypothèse est respectée. La probabilité d'avoir un groupe sans collier si le troupeau est composé de groupes de tailles égales peut être calculée comme suit:

$$P = (1 - N_g / N)^n$$

où

n = Nombre de colliers actifs

N_g = Taille des groupes

N = Taille de la population

Pour le TRG, avec 109 colliers actifs et en assumant une taille des groupes de 10 000 et une population de 300 000, on obtient une probabilité faible de 0,02 d'avoir un groupe bien agrégé mais qui n'aurait pas de collier. Cette probabilité monte rapidement à 0,16 et 0,23 si la taille des groupes est fixée à 5 000 et 4 000 respectivement. De négligeable, cette probabilité devient donc significative si la taille des groupes est de 4 000 individus. Or, les conditions d'agrégation du TRG n'étaient pas optimales en juillet 2001 et la taille des groupes était de 4 000 caribous environ (tableau 4). Pour le TRAF, la taille moyenne des groupes était environ de 4 600 individus (tableau 5). Si on assume une taille du TRAF de 500 000 individus, un nombre de colliers actifs de 120 et une taille des groupes de 5 000 caribous, on obtient une probabilité d'avoir un groupe sans collier de 0,30. La probabilité diminue à 0,09 si on suppose que les groupes atteignent 10 000 individus. Il semble donc que cette prémisse ne soit pas complètement rencontrée en 2001 et qu'il est possible que des grands groupes ne contenant pas de colliers aient été manqués. Par contre, la

concentration de la majorité du TRG dans un secteur relativement restreint à la mi-juillet 2001, a fait que nous avons trouvé des groupes lors de recherches visuelles sans l'aide de la télémétrie. En effet, lorsque le TRG s'est mis en mouvement vers le sud, la majorité des groupes ont été forcés de longer le canyon Fraser, infranchissable sur près de 100 kilomètres, ce qui a concentré les groupes et permis d'en trouver simplement lors de recherches visuelles.

La troisième prémisse avancée par Russell *et al.* (1996) concerne la distribution aléatoire des colliers dans le troupeau. Le quasi-rejet de l'hypothèse du hasard par la méthode du Chi² ou son acceptation par la méthode des scores de Rivest *et al.* (1998) laissent planer un doute sur la distribution aléatoire des colliers en juillet 2001.

La quatrième prémisse de Russell *et al.* (1996) exige qu'il n'y ait pas échanges d'individus entre les groupes photographiés qui sont utilisés pour l'estimation de population. Les groupes retenus pour le calcul de l'estimation ne peuvent contenir les mêmes individus qui auraient été comptés en double. Afin d'éliminer ce biais, les groupes n° 4 et 34 du TRG ont vu leurs décomptes d'individus diminuer proportionnellement du nombre de colliers qui avaient déjà été photographiés lors d'une autre séance. Le TRAF n'a pas eu de colliers photographiés à plus d'une reprise et cette correction n'a donc pas été appliquée. On assume que les exigences de cette prémisse sont rencontrées.

4.1.5 Précision relative et biais possible dans le calcul des estimations de population

Dans les années 1980 et au début des années 1990, les connaissances plus limitées des déplacements des troupeaux, surtout du TRAF, ne permettaient pas de porter un jugement sur les échanges et l'émigration entre les troupeaux. Or maintenant, il est non seulement possible mais obligatoire de tenir compte de l'émigration entre les troupeaux dans le calcul de la taille des effectifs. Dans quelques cas, une bête assignée à un troupeau lors de la capture se retrouvait dans l'autre troupeau lors de la photographie, ce qui a profondément modifié le calcul du nombre de colliers actifs et photographiés dans chaque troupeau en 2001 (tableau 2). La détermination du nombre de colliers actifs pour chaque troupeau peut donc biaiser les estimations de population car les processus d'émigration et d'immigration sont encore très mal connus chez les caribous migrants-toundriques.

Bergerud et Luttich (2003) ont avancé l'hypothèse que l'inventaire de juin 1993 du TRG aurait été biaisé à la hausse selon eux à cause de l'émigration de caribous du TRAF. Leur opinion était cependant basée sur un nombre limité de colliers VHF qui auraient émigré du TRAF vers le TRG. Cette opinion avait d'ailleurs été également émise précédemment dans les travaux de Bergerud (1996; 2000). Couturier *et al.* (1996) montrent que sur les sept colliers VHF considérés actifs du TRAF, trois ont été retrouvés près de l'aire de mise-bas du TRG. Non seulement ces nombres de colliers VHF sont-ils faibles, mais en plus il faut admettre qu'à cette époque les connaissances des migrations et des déplacements du caribou étaient limitées. Il est possible que ces colliers considérés comme appartenant au TRAF, étaient plutôt à l'origine des individus du TRG. Néanmoins, les données récentes semblent montrer que des événements d'émigration sont survenus et que ce phénomène risque d'être un élément majeur dans la planification des futurs inventaires des troupeaux de caribous migrants-toundriques.

Le pourcentage de colliers photographiés par rapport au nombre de colliers actifs a été plus faible que prévu en raison surtout des mauvaises conditions météorologiques observées en juillet 2001. Les périodes fraîches ont largement diminué le harcèlement par les insectes sur les caribous avec comme conséquence que les grands rassemblements post mise-bas étaient moins fréquents, de plus petite taille et qu'ils duraient moins longtemps. La proportion de colliers photographiés atteignait 51 % (56/109) et 19 % (23/120) pour le TRG et le TRAF respectivement. Ceci est très inférieur à ce que nous avons obtenu en 1993 alors que 58 colliers avaient été photographiés et avaient servi aux calculs sur un total de 92 déclarés actifs, soit 63 % (Russell *et al.* 1996; Rivest *et al.* 1998). Cependant, nous ne croyons pas que cela invalide les estimations de population en 2001 car même si les échantillons sont plus modestes, il demeure qu'ils semblent représentatifs de l'ensemble de l'aire de répartition de chacun des troupeaux. Selon les observations recueillies sur une période de plus de cinq semaines sur le terrain, la densité des secteurs photographiés ne semble pas différente de celle des secteurs qui ont été visités mais qui n'ont pu être photographiés pour des raisons météorologiques, logistiques ou techniques.

Ces faibles taux de colliers photographiés en 2001 viennent hausser les intervalles de confiance de nos estimations. Selon les diverses méthodes de calcul, la précision des estimations varie de 15,5 % à 32,3 % pour le TRG et ceux du TRAF, de 31,3 % à 55,5 % (tableau 6). À des fins de comparaison, rappelons que l'intervalle de confiance des estimations du nombre total de caribous incluant les faons à l'automne en 1984, 1986,

1988 et 1993, atteignaient respectivement 24,7 %, 38,5 %, 35,5 %, et 18,9 % ($\alpha=0,10$) pour les inventaires du TRG basés sur la technique de la photographie de l'aire de mise-bas (1984 à 1988 : Crête *et al.* 1989; 1993 : Couturier *et al.* 1996). Il était de 15,5 % lors de l'inventaire en juillet 1993 (Russell *et al.* 1996 et tableau 6). Ces résultats se comparent avantageusement avec ceux obtenus dans d'autres juridictions qui gèrent aussi de grands troupeaux de caribous migrateurs. Le tableau 9 présente cette comparaison avec le troupeau du Beverly et celui du Qamanirjuaq dans les Territoires du Nord-Ouest et au Nunavut dont la taille des effectifs a varié respectivement de 87 000 à 277 000, et de 221 000 à 496 000 au cours de la période considérée (Thomas 1998). La précision des inventaires du TRG était généralement supérieure à celle obtenue pendant la même période pour les troupeaux du Beverly et du Qamanirjuaq.

Tableau 9. Intervalles de confiance des inventaires photographiques de l'aire de mise-bas en juin réalisés dans les Territoires du Nord-Ouest, au Nunavut et au Québec-Labrador

Troupeau/année ^a	Intervalle de confiance des inventaires ($\alpha=0,10$)
Beverly	
1982	72,4%
1984	50,3%
1988	61,5%
1993	33,9%
1994	63,5%
Qamanirjuaq	
1983	42,4%
1985	86,0%
1988	54,0%
1994	35,0%
Rivière George	
1984	24,7%
1986	38,5%
1988	35,5%
1993	33,1%

^a Modifié de Thomas (1998).

4.1.6 Taille des troupeaux en 2001

L'estimation du modèle d'Homogénéité semble la meilleure pour décrire la taille du TRG en juillet 2001. Les autres estimations obtenues selon des méthodes alternatives sont presque similaires pour le TRG. Ce troupeau comptait 296 000 adultes \pm 26,3 % en juillet 2001. L'extrapolation pour la population à l'automne incluant les faons est de 385 000 \pm 28,0 % (tableau 10).

Tableau 10. Estimation de la taille des troupeaux de caribous en octobre 2001

	Nb en juillet 2001 (adultes)	Nb en octobre incluant les faons ^a
TRG	296 000 \pm 26,3%	385 000 \pm 28,0%
TRAF		
• Scénario 1 : Estimation moyenne	931 000 \pm 45,9%	1 193 000 \pm 47,4%
• Scénario 2 : Limite inférieure de l'intervalle de confiance	504 000	628 000

^a Ceci assume une survie de 0,99 entre juillet et octobre et une proportion des adultes de 0,759 (0,01) et de 0,773 (0,01) pour le TRG et le TRAF respectivement. Ces dernières valeurs proviennent de la classification faite en octobre 2001.

Pour le TRAF, on note une plus grande divergence entre les résultats des méthodes alternatives d'estimation de la population. Dans une optique de gestion prudente, on recommande de retenir le seuil limite inférieur de l'intervalle de confiance de l'estimation du modèle d'Homogénéité, soit 504 000 adultes en juillet 2001 ou 628 000 l'automne suivant, incluant les faons, comme base pour les fins de gestion du troupeau. Selon ce scénario conservateur pour le TRAF, et en totalisant les deux troupeaux, il y avait à l'automne 2001 un peu plus de 1 million de caribous au Nord-du-Québec et au Labrador.

4.2 Condition physique, recrutement et démographie

La révision des estimations antérieures du TRAF de 1975 à 1991 confirme la croissance démographique rapide et soutenue de ce troupeau. Entre 1975 et 1991, le taux fini d'accroissement λ atteignait 1,10. Si l'on considère la période de 1975 à 2001, le taux demeure inchangé, mais il est de 1,09 pour la période de 1991 à 2001 (628 000, limite inférieure du modèle d'homogénéité, incluant les faons). À des fins de comparaisons, rappelons que le TRG avait atteint un taux presque comparable de 1,12 entre 1976 et 1988 durant la période de croissance des effectifs qui lui avait aussi permis de dépasser le seuil des 600 000 individus. Entre 1988 et 1993, le taux du TRG était de 1,03 au moment où les effectifs plafonnaient. Crête *et al.* (1996), en se basant sur une analyse du recrutement et de la survie, ont obtenu un λ de 0,98 en moyenne pendant la période 1988 à 1992. Compte tenu des intervalles de confiance des estimations de population, il est également possible qu'entre 1988 et 1993, le TRG ait débuté son déclin tel que suggéré par Boudreau *et al.* (2003). Cette étude dendrochronologique, ainsi que celles de Morneau et Payette (1998 et 2000), suggèrent que le TRG aurait rapidement augmenté ses effectifs durant les années 1980, puis aurait plafonné et décliné de façon importante dès le début des années 1990.

Il est important que les résultats d'inventaires des troupeaux soient mis en relation avec l'état de la condition physique des caribous (Couturier, S., et R. Otto, données non publiées). À part celles de Manseau (1996), il existe malheureusement peu de données pour estimer l'évolution de la condition physique des troupeaux au cours des années 1990. Les résultats préliminaires de l'étude sur la condition physique du caribou viennent donc éclairer les tendances démographiques présentées par les inventaires de 2001. Ces résultats semblent suggérer que la condition physique est inversement corrélée à la taille des troupeaux et que lorsque les effectifs sont élevés, la condition se détériore. La condition actuelle du TRAF semble inférieure ou égale à celle qui caractérisait le TRG vers la fin des années 1980 et le début des années 1990, une époque où les biologistes appréhendaient un déclin pour le TRG. Le déclin est survenu, probablement au début des années 1990, et cette diminution des effectifs aurait permis aux caribous de refaire partiellement leurs réserves corporelles. On ignore cependant les mécanismes par lesquels la condition physique se serait améliorée pour le TRG et détériorée pour le TRAF et les analyses se poursuivent à ce sujet. Néanmoins, on peut d'ores et déjà supposer que la régulation par la nourriture énoncée par Messier *et al.* (1988) a poursuivi son effet au

cours des années 1990. Selon cette hypothèse, il faudrait cependant accepter que la qualité de l'habitat estival du TRG se serait améliorée depuis le milieu des années 1980 au moment où Couturier *et al.* (1988a) et Crête et Huot (1993) identifiaient cet habitat comme le facteur limitant le troupeau. Peu de données sont disponibles pour estimer la qualité de l'habitat estival du TRG mais il semble qu'un certain degré de régénération de la végétation puisse être observé (S. Boudreau, comm. pers.³). Il n'existe pas de données récentes pour décrire la qualité de l'habitat du TRAF mais au milieu des années 1980, Crête et Huot (1993) estimaient que l'habitat estival du TRAF était meilleur que celui du TRG.

En se basant sur la radio-téléométrie VHF pendant la période de 1984 à 1992, Crête *et al.* (1996) ont estimé que la survie du segment femelle du TRG était en moyenne de 0,88 (étendue : 0,81- 0,95) et de 0,86 (étendue : 0,66 - 1,0) respectivement pour les adultes et pour les juvéniles (tableau 8). Ils ont également estimé que si la survie des adultes était de 0,85, il fallait que le ratio faons/100 femelles à l'automne atteigne au moins 39 pour que les effectifs demeurent stables. Or, il semble que ce soit seulement lors de cinq automnes sur neuf entre 1994 et 2003 (pas de données en 1999) que le TRAF a dépassé ce niveau estimé d'équilibre démographique (figure 7). Le TRG aurait dépassé ce niveau seulement deux fois pendant la même période ce qui peut suggérer que l'amélioration de la condition physique observée ne soit pas encore suffisante pour permettre un rétablissement complet de la productivité au niveau optimal des années 1970.

La variabilité de la productivité d'une année à l'autre est plus grande pour l'époque récente que pour les années du début du suivi scientifique, comme en témoignent les écart-types pour chacune des périodes comparées. Comme cela a été démontré chez le caribou de l'Alaska par Cameron (1994), cette grande variabilité d'une année à l'autre suggère l'existence d'une pause dans la reproduction des femelles qui n'auraient pas les ressources corporelles suffisantes pour se reproduire avec succès à tous les ans. Les analyses se poursuivront encore pour examiner cette hypothèse.

Quoique décalées dans le temps, les deux troupeaux ont suivi une même trajectoire démographique et de colonisation du territoire qui les a mené tous les deux à un sommet

³ Université Laval

de population similaire au cours de l'histoire récente. On ignore si l'explosion démographique récente des deux troupeaux est comparable à celle du précédent sommet de population observé entre 1880 et 1900 (Low 1896; Elton, 1942; Rousseau, 1951; Audet, 1979). La croissance démographique rapide du TRAF entre 1975 et 2001 ne semble donc pas unique pour le caribou migrateur-toundrique du Québec-Labrador. Cependant, il apparaît que la productivité du TRAF durant les années 1990 ne soit pas suffisante pour expliquer à elle seule cette croissance démographique. En effet, entre 1973 et 1983, durant la phase de croissance démographique, la productivité du TRG était en moyenne de 51,8 (écart-type=3,84) faons par 100 femelles, tandis qu'elle n'était que de 39,1 (écart-type=9,02) entre 1994 et 2001 pour le TRAF durant une phase comparable d'accroissement. Il faut donc que la survie des adultes du TRAF ait été supérieure à celle du TRG, ou alors que l'immigration en provenance du TRG ait contribué à gonfler les effectifs du TRAF puisqu'il semble que la productivité à elle seule ne puisse expliquer la croissance rapide observée. Il est possible aussi que le TRAF soit en train de plafonner comme le suggère la mauvaise condition physique de ce troupeau et que cela se reflète dans sa productivité qui est moyenne depuis quelques années. Des analyses préliminaires suggèrent que la survie du TRAF serait supérieure à celle du TRG si l'on en juge par le suivi des caribous munis de colliers à repérage par satellite Argos (Couturier *et al.* en prép.). Nos observations du suivi radio-téléométrique VHF (tableau 2) et celles du suivi par satellite (Couturier *et al.* en prép.) ont aussi confirmé que des échanges étaient survenus entre les deux troupeaux, principalement du TRG vers le TRAF au cours des années 1990. La croissance démographique du TRAF pourrait donc s'expliquer par une survie des adultes supérieure et une immigration en provenance du TRG, et non par une productivité élevée comme ce fut le cas pour le TRG entre 1973 et 1983. Il s'agit toutefois d'une hypothèse qui devra être démontrée.

5. Conclusion

Les inventaires de 2001 du TRG, mais surtout du TRAF, ont connu des difficultés logistiques et météorologiques impossibles à prévoir. Ces problèmes ont eu des conséquences directes sur la précision des estimations de la taille des deux troupeaux. Les estimations de 2001, surtout celles du TRAF, sont moins précises que celles obtenues en 1993 utilisant pourtant la même méthode (voir Russell *et al.* 1996; Rivest *et al.* 1998). L'inventaire post mise-bas de juillet 1993 avait obtenu la meilleure précision relative de tous les inventaires jamais réalisés au Québec-Labrador. Afin d'améliorer la technique post mise-bas lors des prochains inventaires, il y aurait lieu de procéder à certains changements d'ordre logistique et administratif.

Devant les mouvements d'émigration qui ont été notés entre les troupeaux depuis quelques années, il faudra continuer à faire le décompte des deux grands troupeaux simultanément lors de la même année. Les échanges possibles entre les troupeaux obligent maintenant les gestionnaires à faire les deux inventaires en même temps pour éviter les biais possibles causés par l'émigration des caribous.

On a noté deux problèmes dans les données des inventaires de 2001. Tout d'abord, il existe une certaine probabilité que des grands groupes n'aient pas eu de colliers et qu'ils aient été manqués. Par contre, on croit que les conditions de visibilité étaient bonnes de telle sorte que plusieurs groupes ont été trouvés sans l'aide de la télémétrie. Ensuite, il y a lieu de questionner la dispersion au hasard de certains colliers dans les groupes, surtout les colliers déployés peu de temps avant l'inventaire. Malgré ces inquiétudes, on assume que les données recueillies sont adéquates pour procurer une information fiable sur la taille des deux troupeaux en 2001. Selon les données obtenues, le TRG comptait 296 000 \pm 26,3 % adultes en juillet 2001. Comme base pour la gestion du troupeau, on propose de retenir l'extrapolation à la population en octobre qui atteint 385 000 \pm 28,0 % si l'on inclut les faons (tableau 10). Pour le TRAF, étant donné la faible précision du résultat de l'inventaire et dans un esprit de gestion prudente, il est proposé de retenir la limite inférieure de l'intervalle de confiance de l'estimation en octobre, soit 628 000 caribous. Cette valeur deviendra la base de gestion du TRAF pour les années futures. Ces résultats correspondent à la tendance observée récemment dans la condition physique et la démographie des caribous des deux troupeaux.

En 1991-1993, les deux troupeaux atteignaient approximativement un peu plus de 1 million de têtes. Une décennie plus tard, les deux troupeaux totalisaient encore un peu plus de 1 million mais cette fois, c'est le TRAF qui devient le prétendant au titre de plus grande population de caribous au monde.

REMERCIEMENTS

Les inventaires de caribous ont été réalisés conjointement en 2001 par les gouvernements du Québec et de Terre-Neuve et Labrador. Les colliers à repérage par satellite Argos qui ont servi pour localiser les troupeaux pour ces inventaires sont maintenus en place par les gouvernements du Québec et de Terre-Neuve et Labrador grâce à la collaboration étroite du ministère de la Défense nationale. La société Hydro-Québec a également participé à ce programme de suivi par satellite entre 1991 et 1999 ainsi que la Société Makivik entre 1997 et 1999 et TVA International entre 1998 et 2001. Hydro-Québec a également participé à la pose des colliers VHF en mars 2001.

Les conseils statistiques de Hélène Crépeau et Louis-Paul Rivest (Département de statistique, Université Laval), et de Glenn Luther (Gouvernement de Terre-Neuve et Labrador) ont été fort utiles lors de l'analyse des données. Des remerciements s'adressent à Réhaume Courtois et Denis Vandal pour la révision d'une version préliminaire du document. La vérification linguistique a été effectuée par Jacinthe Bouchard, Doris Cooper et Josée Boivin. Nous remercions Quentin van Ginhoven qui a digitalisé les photographies et Nancy Laflamme qui a participé au décompte des caribous sur les photos. Finalement, la plupart des figures ont été produites par François Bujold et Quentin van Ginhoven.

Les biologistes et techniciens suivants ont participé aux travaux scientifiques à l'été 2001 lors de la réalisation des deux inventaires de caribous migrateurs : Laurier Breton, Serge Couturier, Jana Fenske, Denis Fiset, Donald Jean, Mark Kooktook, Robert Otto, Stéphane Rivard, Isabelle Schmelzer, Annie Théberge et Quentin van Ginhoven. Des remerciements s'adressent aussi aux quatre pilotes d'aéronefs qui nous ont accompagné, à un moment ou l'autre, durant les cinq semaines qu'a duré le travail sur le terrain.

Les personnes suivantes ont participé aux travaux de l'inventaire de 1991 : Denis Fiset, Roch Nadon, Louis Bazin, Danielle Rémillard, Normand Lizotte et Jean-Yves Lacasse.

L'étude sur la condition physique, dont quelques résultats préliminaires sont présentés dans ce rapport, a été réalisée par les gouvernements du Québec et de Terre-Neuve et Labrador grâce à l'appui des organismes suivants : Institut pour la surveillance et la recherche environnementales, Université Laval (octroi de recherche de Jean Huot et de Steeve Côté), Fonds pour les espèces nordiques (Fondation de la faune du Québec) et Caribou Québec.

LISTE DES RÉFÉRENCES

- AUDET, R. 1979. Histoire du caribou du Québec-Labrador et évolution des populations. *Rech. Amérindiennes* 9: 17-27.
- BERGERUD, A. T. 1967. Management of Labrador caribou. *Journal of Wildlife Management* 31: 621-642.
- BERGERUD, A. T. 1996. Evolving perspectives on caribou population dynamics. Have we got it right yet? *Rangifer Special Issue* 9: 95-115.
- BERGERUD, A. T. 2000. Caribou. *In Ecology and Management of Large Mammals in North America*, Eds. S. Demarais, and P. R. Krausman, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA. 778 p.
- BERGERUD, A. T. and S. N. LUTTICH. 2003. Predation risk and optimal foraging trade-off in the demography and spacing of the George River Herd, 1958-1993. Ninth North American Caribou Workshop, Kuujuaq, Québec, Eds. S. Couturier, and Q. Van Ginhoven, *Rangifer, Special Issue* 14: 169-191.
- BOUDREAU, S., S. PAYETTE, C. MORNEAU and S. COUTURIER. 2003. Recent decline of the George River caribou herd as revealed by tree-ring analysis. *Arctic, Antarctic and Alpine Research* 35: 187-195.
- CAMERON, R. D. 1994. Reproductive pauses by female caribou. *J. of Mammalogy* 75(1): 10-13.
- CLARKE, C. H. D. 1940. A biological investigation of the Thelon Game Sanctuary. National Museum of Canada, Biological Series no. 25, Bulletin no. 96. 135 p.
- COCHRAN, W. G. 1977. *Sampling Techniques*. Third Edition. J. Wiley and Sons, Toronto. 428 p.
- COLMAN, J. E. 2000. Behaviour patterns of wild reindeer in relation to sheep and parasitic flies. Ph. D. Thesis, University of Oslo, Norway.
- COURTOIS, R., F. POTVIN, S. COUTURIER et A. GINGRAS. 1996. Révision des programmes d'inventaires aériens des grands Cervidés. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats et Direction des affaires régionales, Québec. 49 p.

- COUTURIER, S., J. BRUNELLE and G. LAPOINTE. 1988a. Decline of physical condition and decrease of recruitment in the George River Caribou Herd. Proc. of Third North American Caribou Workshop, nov. 1987, Alaska, Alaska Dept. of Fish and Game, Juneau, Wildlife Technical Bulletin 8: 35-37.
- COUTURIER, S., J. BRUNELLE et D. VANDAL. 1988b. Baisse du recrutement et décroissance du troupeau de caribous de la rivière George. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction régionale du Nouveau-Québec, Québec. ISBN: 2-550-18348-7. 45 p.
- COUTURIER, S., J. BRUNELLE, D. VANDAL and G. ST-MARTIN. 1990. Changes in the population dynamics of the George River caribou herd, 1976-87. Arctic 43: 9-20.
- COUTURIER, S., D. VANDAL, G. ST-MARTIN et D. Fiset. 1989. Suivi de la condition physique des caribous de la rivière George. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction régionale Nouveau-Québec, Québec. 88 p.
- COUTURIER, S. 1994. Estimation des effectifs du troupeau de caribous de la rivière aux Feuilles en juin 1991, Nord-du-Québec. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche. Québec. Rapport non-publié. 18 p.
- COUTURIER, S., R. COURTOIS, H. CRÉPEAU, L.-P. RIVEST and S. LUTTICH. 1996. Calving photocensus of the Rivière George Caribou Herd and comparison with an independent census. Proc. Sixth North American Caribou Workshop, Prince George, British Columbia, Canada, 1-4 March 1994. Rangifer Special Issue 9: 283-296.
- CRÊTE, M., L.-P. RIVEST, H. JOLICOEUR, J.-M. BRASSARD and F. MESSIER. 1986. Predicting and correcting helicopter count of moose with observations made from fixed-wing aircraft in southern Québec. Journal of Applied Ecology 23: 751-761.
- CRÊTE, M., D. LE HÉNAFF, R. NAULT, D. VANDAL et N. LIZOTTE 1987. Estimation du nombre de caribous associés aux aires de mise-bas de la rivière aux Feuilles et de la rivière George en 1986. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction de la gestion des espèces et des habitats, Québec. 46 p. et 2 annexes.
- CRÊTE, M., D. LE HÉNAFF, R. NAULT, L.-P. RIVEST et S. N. LUTTICH. 1989. Estimation du nombre de caribous associés à l'aire de mise-bas de la rivière George en 1988 et révision des estimations antérieures. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction de la gestion des espèces et des habitats, Québec. 46 p. et 2 annexes.

- CRÊTE, M., et S. PAYETTE. 1990. Climatic changes and caribou abundance in Northern Québec over the last century. Proc. Fifth International Reindeer/Caribou Symposium, Arvidsjaur, Sweden, 18-22 August 1988. Rangifer Special Issue No. 3:159-165.
- CRÊTE, M., L.-P. RIVEST, D. LE HÉNAFF and S. N. LUTTICH. 1991. Adapting sampling plans to caribou distribution on calving grounds. Rangifer, Special Issue 7: 137-150.
- CRÊTE, M., and J. HUOT. 1993. Regulation of a large herd of migratory caribou: summer nutrition affects calf growth and body reserves of dams. Canadian Journal of Zoology 71: 2291-2296.
- CRÊTE, M., J. HUOT, and L. GAUTHIER. 1993a. Food selection during early lactation by caribou calving on the tundra in Quebec. Arctic 43(1):60-65.
- CRÊTE, M., J. HUOT, R. NAULT and R. PATENAUDE. 1993b. Reproduction, growth and body composition of Rivière George caribou in captivity. Arctic 46(3): 189-196.
- CRÊTE, M., S. COUTURIER, B. J. HEARN and T. E. CHUBB. 1996. Relative contribution of decreased productivity and survival to recent changes in the demographic trend of the Rivière George caribou herd. Rangifer 9: 27-36.
- CURATOLO, J. A. 1975. Factors influencing local movements and behavior of barren-ground caribou (*Rangifer tarandus granti*). M. Sc. Thesis University of Alaska, Fairbanks, Alaska. 146 p.
- DROLET, C. and T. C. DAUPHINÉ. 1976. Ungava caribou collection - Preliminary report. Can. Wildl. Service, Ottawa, Ontario. 9 p.
- ELTON, C. S. 1942. Voles, mice and lemmings: Problems in population dynamics. Oxford Univ. Press, Oxford, UK. 496 p.
- FOLSTAD, I., A. C. NILSSEN, O. HALVORSEN and J. ANDERSEN. 1991. Parasite avoidance : the cause of post-calving migrations on *Rangifer*? Canadian Journal of Zoology 69: 2423-2429.
- GASAWAY, W. C., S. D. DUBOIS, D. J. REED and S. J. HARBO. 1986. Estimating moose population parameters from aerial surveys. Biol. Pap. Univ. Alaska, No. 22 Institute of Arctic Biology, Alaska. 108 p.
- GOUDREAU, F., D. LE HÉNAFF, M. CRÊTE et S. LUTTICH. 1985. Dénombrement des caribous sur l'aire de mise-bas du troupeau de la rivière George par photographies

- aériennes verticales en juin 1984. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche. Québec. 25 p.
- HEARN, B. J., S. N. LUTTICH, M. CRÊTE and M. B. BERGER. 1990. Survival of radio-collared caribou (*Rangifer tarandus caribou*) from the George River Herd, Nouveau-Québec-Labrador. *Canadian Journal of Zoology* 68:276-283.
- HELLE, T. and I. KOJOLA. 1994. Body mass variation in semi-domesticated reindeer. *Canadian Journal of Zoology* 72: 681-688.
- HELLE, T. and L. TARVAINEN. 1984. Effects of insect harassment on weight gain and survival in reindeer calves. *Rangifer* 4: 24-27.
- HUOT, J., et F. GOUDREAU. 1985. Evaluation of several indices for predicting total body fat of caribou. Proc. of the Second North American caribou workshop, oct. 1985, Val Morin, Québec. McGill Subarctic Research Paper No 40: 157-176.
- HUOT, J. 1988. Review of methods for evaluating the physical condition of wild ungulates in Northern environments. Collection Nordicana, No. 50, Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec. 30 p.
- HUOT, J. 1989. Body composition of the George River caribou (*Rangifer tarandus caribou*) in fall and late winter. *Can. J. Zool.* 67: 103-107.
- KOLPASHCHIKOV, L. A., G. D. YAKUSHKIN and Y. I. KOKOREV. 2003. Results of the 2000 census of wild reindeer on the Taimyr Peninsula. Ninth North American Caribou Workshop, Kuujuaq, Québec, Eds. S. Couturier, and Q. Van Ginhoven, *Rangifer Special Issue* 14: 197-200.
- LE HÉNAFF, D. 1976. Inventaire aérien des terrains de vèlage du caribou dans la région nord et au nord du territoire de la municipalité de la Baie James (mai-juin 1975). Service de la recherche biologique, Ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche. Québec. 28 p.
- LE HÉNAFF, D. 1983. Troupeau de caribous de la rivière aux Feuilles, Nouveau-Québec- Recensement sur le terrain de vèlage. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche. Québec. 14 p.
- LOW, A. P. 1896. Report on explorations in the Labrador Peninsula along the Eastmain, Koksoak, Hamilton, Manicouagan, and portions of others rivers, in 1892-95. *Geol. Surv. Can.* 8:1-387.

- MANSEAU, M. 1996. Relation réciproque entre les caribous et la végétation des aires d'estivage: le cas du troupeau de caribous de la rivière George. Thèse de doctorat, Université Laval, 167 p.
- MESSIER, F., J. HUOT, D. LE HÉNAFF and S. LUTTICH. 1988. Demography of the George River caribou herd: evidence of population regulation by forage exploitation and range expansion. *Arctic* 41(4): 279-287.
- MORNEAU, C., and S. PAYETTE. 1998. A dendroecological method to evaluate past caribou (*Rangifer tarandus* L.) activity. *Ecoscience* 5(1): 64-76.
- MORNEAU, C., and S. PAYETTE. 2000. Long-term fluctuations of a caribou population revealed by tree-ring data. *Canadian Journal of Zoology* 78: 1784-1790.
- MÖRSCHER, F. M. 1999. Use of climatic data to model the presence of oestrid flies in caribou herds. *Journal of Wildlife Management*. 63: 1659-1670.
- PARKER, G. R. 1980. Physical and reproductive parameters of pre-calving caribou (*Rangifer tarandus*) in Northern Labrador. *Canadian Wildlife Service Report*. 86 p.
- PARKER, G. R. 1981. Physical and reproductive characteristics of an expanding woodland caribou population (*Rangifer tarandus*) in Northern Labrador. *Canadian Journal of Zoology* 59: 1929-1940.
- RIVEST, L.-P., S. COUTURIER and H. CRÉPEAU. 1998. Statistical methods for estimating caribou abundance using postcalving aggregations detected by radio telemetry. *Biometrics* 54: 865-876.
- ROBY, D. D. 1978. Behavioral patterns of barren-ground caribou of the Central Arctic Herd adjacent to the Trans-Alaska Oil Pipeline. M.S. thesis, University of Alaska, Fairbanks.
- ROUSSEAU, J. 1951. La protection du caribou de la toundra et l'élevage du renne dans le Québec: Les bases d'un programme. *Ass. prov. Québec pour la protection du poisson et du gibier* 92: 28-35.
- RUSSELL, D. E., A. M. MARTELL and W. A. C. NIXON. 1993. Range ecology of the Porcupine caribou herd in Canada. *Rangifer Special Issue* 8, 167 p.
- RUSSELL, J., S. COUTURIER, L. G. SOPUCK and K. OVASKA. 1996. Post-calving photo-census of the Rivière George caribou herd in July 1993. *Proc. Sixth North American Caribou Workshop, Prince George, British Columbia, Canada, 1-4 March 1994. Rangifer Special Issue* 9: 319-330.

- SYROECHKOVSKII, E. E. 1995. Wild reindeer. Edited by Klein, D. R. Translated from Russian, Smithsonian Institution Libraries, Washington, D. C. 290 p.
- THOMAS, D. 1998. Needed: less counting of caribou and more ecology. Proc. Seventh North American Caribou Workshop, 19-21 Aug. 1996, Thunder Bay, Ontario. Rangifer Special Issue No 10: 15-24.
- TOUPIN, B. 1994. Effets du harcèlement par les insectes sur le comportement des caribous du troupeau de la rivière George. Thèse de maîtrise, Département de Biologie, Université Laval. Québec. 55 p.
- VALKENBURG, P., D. A. ANDERSON, J. L. DAVIS and D. J. REED. 1985. Evaluation of an aerial photographic technique for caribou based on radio-telemetry. Proc. Second North American Caribou Workshop, 17-20 Oct. 1984, Val Morin, Québec. McGill Subarctic Research paper 40: 287-299.
- VANDAL, D. et J. HUOT. 1989. Projet expérimental de garde de caribous en captivité à Kuujuaq Nouveau-Québec en vue de leur commercialisation. Min. du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Dir. régionale du Nouveau-Québec, Québec. 62 p. et annexes.
- VANDAL, D., S. COUTURIER, D. RÉMILLARD et S. LUTTICH. 1990. Distribution saisonnière et migrations des caribous des rivières George et aux Feuilles de 1983 à 1987. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche. Direction régionale du Nouveau-Québec. 88 p.
- WELADJI, R. B., Ø. HOLLAND and T. ALMØY. 2003. Use of climatic data to assess the effect of insect harassment on the autumn weight of reindeer (*Rangifer tarandus*) calves. Journal of Zoology 260 : 79-85.
- WHITE, G. C. and R. A. GARROTT. 1990. Analysis of wildlife radio-tracking data. Academic Press Inc. San Diego, California. 383pp.
- ZHIGUNOV, P. S. 1968. Reindeer husbandry. Israel Programme of Scientific Translations, Jerusalem : U. S. Dept. of Interior, Washington, D. C. 348 p.

**ANNEXE 1. INVENTAIRE DU TROUPEAU
DE LA RIVIÈRE-AUX-FEUILLES EN JUIN
1991 : RÉVISION DE L'ESTIMATION DES
EFFECTIFS**

ANNEXE 1. Inventaire du troupeau de la Rivière-aux-Feuilles en juin 1991 : Révision de l'estimation des effectifs

1. Introduction.

En juin 1991, un inventaire photographique sur l'aire de mise-bas du troupeau de la Rivière-aux-Feuilles (TRAF) a été réalisé à une époque où les connaissances sur l'écologie de ce troupeau étaient limitées (Couturier 1994). Avec les nouvelles connaissances disponibles, il est maintenant possible de réviser les résultats obtenus en 1991.

L'objectif principal de l'inventaire photographique du TRAF durant la mise-bas en 1991 était d'estimer le nombre de femelles présentes dans la population en juin. Trois étapes ont été réalisées sur le terrain. D'abord, un survol de reconnaissance en avion a été effectué afin de localiser les concentrations de caribous (adultes et nouveau-nés) et stratifier l'aire d'échantillonnage. Par la suite, une équipe en hélicoptère a effectué la prise des photographies verticales. Finalement, la même équipe a réalisé des décomptes visuels en classifiant les caribous selon l'âge et le sexe dans le but d'estimer la proportion de femelles adultes présentes sur l'aire photographiée en juin.

Dans le cadre de la présente révision des résultats de l'inventaire de juin 1991, la taille des effectifs totaux, incluant les faons en octobre, est estimée en tenant compte de la survie estivale des adultes et des proportions des classes d'âge et de sexe durant les classifications d'automne. Lorsqu'un facteur de correction n'est pas disponible, les estimations du troupeau de la Rivière-George (TRG) en 1984 (Goudreault *et al.* 1985; Crête *et al.* 1991) sont utilisées puisqu'il est apparu que les valeurs ne variaient que légèrement d'une année à l'autre ou d'un troupeau à l'autre.

2. Matériel et méthodes.

2.1 Reconnaissance en avion et stratification de l'aire occupée par les femelles.

La délimitation de l'aire d'échantillonnage et de ses strates de densité a été effectuée à l'aide d'un avion bimoteur de type Aerocommander volant à une vitesse de 200 km/h et à une altitude moyenne de 200 mètres au-dessus du sol. Les lignes de vol de reconnaissance étaient généralement espacées de 40 kilomètres (figure 1). Cependant, lorsque des concentrations de caribous étaient localisées, l'équipe retournait dans le

même secteur et réalisait une ligne de vol supplémentaire pour obtenir un espacement de 20 kilomètres entre les lignes.

Une équipe composée de deux observateurs (un de chaque côté) et d'un navigateur prenait note du nombre de caribous observés et reportait les données sur une carte topographique 1:250 000. Les observateurs tentaient de couvrir complètement une bande d'observation de 500 mètres de chaque côté de l'avion, c'est-à-dire que 10 km linéaires de vol représentaient une superficie de 10 km². Une quatrième personne prenait place à bord de l'avion et servait de remplaçant pour les deux observateurs. Durant le vol de reconnaissance, cette quatrième personne faisait une recherche télémétrique avec un récepteur à balayage.

Les observateurs à bord de l'avion reconnaissaient trois classes de caribous: femelles d'un an et plus (bois blanchis ou tombés), mâles d'un an et plus (bois en velours noirs) et faons nouveau-nés. Cette dernière classe servait à évaluer sommairement l'avancement des naissances sur le terrain de mise-bas. Une fois le vol de reconnaissance terminé, les données ont été compilées rapidement en moins d'une journée et ont servi pour établir la stratification selon la densité de caribous observés. L'aire d'étude a été divisée en deux strates de densité selon le nombre de femelles adultes observées par 10 km² : strate faible lorsque la densité était comprise entre 1 et 5 femelles par km² ou forte lorsque la densité était supérieure à 5. Cette densité n'était pas corrigée pour tenir compte de la visibilité des caribous.

2.2 Photographies verticales en hélicoptère et classification de population en juin.

Une fois la stratification terminée, le nombre de places-échantillons à photographier dans chacune des strates a été déterminé selon la méthode de l'allocation optimale de Neyman pour un échantillonnage stratifié (Cochran 1977, p. 98). La localisation des places-échantillons dans chaque strate a été faite par tirage aléatoire sur les cartes topographiques 1:250 000.

Un hélicoptère Astar 350B était muni d'une fenêtre d'observation de 50 cm de longueur par 30 cm de largeur située dans le plancher à la droite du pilote. L'opérateur de la caméra était assis à droite sur le siège arrière et pouvait avoir accès facilement à la fenêtre d'observation durant le vol. La caméra était solidement fixée dans la fenêtre d'observation pour les photographies verticales du sol. Un appareil Olympus^{MD} (OM-2S

Program) de format 35 mm à exposition automatique avec priorité à l'ouverture et muni d'une lentille Olympus^{MD} f:1.8 de 50 mm a été utilisé pour prendre les photographies. L'appareil était déclenché automatiquement à chaque 10 secondes par un intervalloètre (Olympus^{MD} Quartz M-1) et remis en marche avec un réarmeur (Olympus^{MD} Winder 2). L'opérateur n'avait donc qu'à enlever le film une fois la place-échantillon terminée et en remettre un nouveau. La majorité des photographies ont été prises avec le film pour diapositives couleur Kodachrome^{MD} 64 ASA, quoiqu'un certain nombre de places aient été photographiées avec le film pour diapositives couleur Kodachrome^{MD} professionnel 200 ASA. Avec le film de sensibilité 64 ASA, l'ouverture était fixée à f:4 et la vitesse d'obturation était généralement de 1/500 ou de 1/1000 de seconde.

Une place-échantillon était constituée de trente-six diapositives couleurs réparties systématiquement le long d'une ligne de vol en hélicoptère. Compte tenu de la vitesse de 200 km/h de l'hélicoptère et de la cadence de prises de photos à chaque 10 secondes, une ligne complète de 36 photographies couvrait environ une longueur de 13 km sur le sol. Avant le début de la ligne de vol, l'altitude par rapport au niveau de la mer était notée sur l'altimètre de l'hélicoptère. Durant toute la ligne de vol servant à la photographie, le pilote devait maintenir une altitude constante de 200 à 300 mètres au-dessus du sol, selon la topographie environnante. L'altimètre de l'hélicoptère était calibré périodiquement après la prise de photographies en se posant au sol sur des points géodésiques d'altitude connue (montagnes, pistes d'aéroport, etc.).

Des classifications en hélicoptère à basse altitude (≤ 30 m) et à basse vitesse (≤ 60 km/h) ont été effectués durant les déplacements entre les places-échantillons afin d'évaluer la composition de la population de caribous dans l'aire photographiée. Les sites des classifications étaient choisis de façon à distribuer uniformément l'échantillonnage en tenant compte tout d'abord de la présence des caribous, de la disponibilité en carburant et de l'autonomie de vol de l'hélicoptère.

2.3 Décomptes des caribous sur les diapositives et analyse statistique.

Les caribous observés sur les diapositives ont été comptés à l'aide d'un projecteur pour diapositives (Kodak^{MD}). L'image était projetée à une distance approximative de 2 mètres (surface de projection 90 cm par 60 cm) sur un carton blanc divisé en 10 carrés égaux. Ce quadrillage servait à standardiser la méthode de lecture des diapositives et à faciliter les

décomptes. Le nombre de caribous dans chacun des carrés était noté. Par la suite, le nombre de caribous observés dans les 10 carrés était cumulé et servait aux analyses statistiques. Tous les décomptes ont été faits par le même observateur. Deux observateurs secondaires ont refait de façon indépendante le décompte d'un certain nombre de places-échantillons choisies au hasard afin de valider l'exactitude de la méthode.

La hauteur de la photographie a été calculée en reportant la localisation des photographies sur une carte topographique 1/50 000. Cette hauteur est obtenue par la différence entre l'altitude lue sur l'altimètre de l'hélicoptère et l'altitude au sol déterminée sur les cartes 1:50 000. Connaissant la hauteur, le format du film ainsi que la distance focale de la lentille utilisée (0,05 m), il était possible de calculer la superficie (en km²) photographiée (voir Couturier *et al.* 1996).

L'abondance des caribous du TRAF en juin 1991 a été estimée selon la méthode de l'estimateur quotient séparé où le numérateur est le nombre total de caribous comptés (adultes ou faons) dans les 36 photographies d'une place-échantillon, tandis que le dénominateur représente la superficie totale couverte par les 36 photographies (Cochran, 1977). Les méthodes statistiques détaillées utilisées lors de l'analyse des données dans ce genre d'inventaire des aires de mise-bas sont présentées dans Couturier *et al.* (1996). La nouvelle variance résultant de la multiplication ou de la division d'un facteur de correction a été estimée selon la méthode décrite par Crête *et al.* (1986). Lors du calcul des intervalles de confiance des nouvelles estimations corrigées, le nombre de degrés de liberté utilisés pour la valeur de t était le plus petit entre celui de l'estimé initial ou celui de son facteur de correction (Gasaway *et al.* 1986; Crête *et al.* 1991).

3. Résultats et Discussion.

Les principaux résultats de l'inventaire du TRAF réalisé en juin 1991 sont présentés de même que la révision devant mener à une estimation de la population totale à l'automne 1991.

3.1 Délimitation et stratification de l'aire occupée par les femelles en juin 1991.

Le vol de reconnaissance en avion de l'aire d'étude a nécessité sept jours de travail et a été réalisé entre le 27 mai et le 2 juin 1991 inclusivement. Un total de 44,3 heures (inclut la

mise en place et le retrait de 7,9 heures) de vol en avion a été nécessaire pour couvrir une superficie de 436 000 km² (figure 1). Ce vol de reconnaissance a permis de délimiter l'aire occupée par les femelles du TRAF. Deux strates de densités ont été identifiées: la strate de forte densité comprenant majoritairement des femelles suitées qui comprenait en fait l'aire de mise-bas et la strate de faible densité comprenant majoritairement des femelles non suitées se retrouvant dispersées en périphérie de l'aire de mise-bas. Les secteurs de fortes densités de femelles adultes correspondaient également aux secteurs où des faons étaient observés en plus grande abondance. La superficie des strates forte et faible était de 13 934 km² et de 21 918 km² respectivement. La seconde strate définie en juin 1991 constituait un changement à la méthode utilisée jusque-là puisque l'objectif était de recenser l'aire totale utilisée par les femelles et non plus seulement l'aire de mise-bas. Il n'était donc plus nécessaire d'extrapoler le nombre total de femelles par le taux de présence sur les aires de mise-bas, éliminant ainsi un facteur de correction. La même méthode a été utilisée en 1993 sur le TRG (Couturier *et al.* 1996).

3.2 Photographies verticales en hélicoptère en juin 1991.

La prise de photographie a débuté au nord de l'aire d'étude le 14 juin 1991 et s'est terminée le 18 juin 1991. Au total, il a fallu 51,4 heures de vol d'hélicoptère (excluant la mise en place et le retrait) pour compléter la photographie. Une température inclémente et un problème d'approvisionnement en carburant dans le nord de l'aire d'étude ont retardé de deux jours le début de la photographie mais une fois commencée, celle-ci a pu se compléter sans interruption par la suite. Cependant, avant que ne débute la photographie proprement dite de l'aire d'étude, près de 45 heures d'hélicoptère ont été nécessaires lors de la phase préparatoire.

Un total de 5 437 diapositives de l'aire d'étude ont été prises. De ce nombre, on a dû en rejeter 394 ou 7,2 % en raison surtout de problèmes photographiques (image floue, mauvaise exposition, etc.) ou à cause d'une erreur de positionnement dans les strates ou à l'extérieur de l'aire d'étude.

La figure 2 présente la localisation de l'aire d'étude, des deux strates de densités retenues et des 140 places-échantillons (le centre de la ligne de photographies) où des photographies furent prises pour l'inventaire en juin 1991. La strate de forte densité comptait 86 places-échantillons, tandis que la strate faible en a reçu 54. Dans les 140

places-échantillons qui ont été photographiées, on a pu analyser entre 4 et 37 diapositives par place. La taille de l'échantillon de photographies varie légèrement d'une place à l'autre à cause du rejet d'un certain nombre de diapositives. Si l'on fait exception de quatre places où le nombre de photographies atteignait 4, 13, 20 et 25, le nombre de photographies par place a varié entre 29 et 38 diapositives pour 136 places. Au total, ce sont 5 043 diapositives qui ont été retenues et qui ont servi aux calculs de densités de caribous dans l'aire d'étude en juin 1991.

L'observateur principal a qualifié subjectivement le degré de difficulté de lecture de toutes les diapositives. Sur les 5 043 diapositives analysées dans les deux strates de densités, 4 450 (88,2 %) ont été jugées de lecture facile, 576 (11,4 %) de lecture difficile et 17 (0,3 %) de lecture très difficile.

L'observateur principal a eu besoin de 420 heures de travail pour effectuer la lecture de toutes les diapositives et pour les localiser les unes après les autres sur une carte topographique 1:50 000 afin d'estimer l'altitude de la prise de photographie.

Afin d'évaluer la qualité des décomptes de caribous sur les diapositives, un échantillon de 56 places-échantillons a été choisi au hasard parmi les 140 places-échantillons. De ce nombre, 34 places provenaient de la strate de forte densité et 22 de la strate de faible densité. Ce sont donc 2 080 photographies qui ont été analysées indépendamment par deux observateurs secondaires en plus de l'observateur principal. La photographie était l'unité de comparaison et on note qu'il n'y avait pas de différence significative (Anova, $F=0,72$, $p=0,49$) entre les trois observateurs dans le nombre de caribous adultes dénombrés par photographie dans l'échantillon tiré au hasard.

3.3 Estimation du nombre de femelles adultes en juin 1991.

Le tableau 1 présente les principaux paramètres de l'inventaire photographique réalisé en juin 1991 pour le TRAF. Le nombre de caribous adultes observés était de 13,2 (erreur-type= 2,0) et de 5,3 adultes par place (erreur-type= 1,9) dans les strates forte et faible respectivement ce qui corrobore la stratification utilisée ($p=0,005$, test de t). Le nombre de faons par place était de 4,0 (erreur-type= 1,0) et de 0,7 (erreur-type= 0,2) confirmant que la strate forte représentait le terrain de mise-bas. La superficie d'une grappe de 36 photographies était en moyenne de 1,21 km² (erreur-type= 0,03).

Le tableau 2 présente les résultats de l'estimation du nombre de caribous adultes présents sur l'aire d'étude en juin 1991. Ce sont au total 232 614 caribous adultes qui ont été estimés pour l'ensemble des deux strates en juin 1991.

Les classifications de population réalisées en hélicoptère dans 46 sites distribués dans les deux strates permettent d'estimer la proportion de femelles parmi les adultes à 0,771 (erreur-type= 0,024, n=24) et 0,409 (erreur-type= 0,036, n=22) dans les strates de forte et de faible densité respectivement. La proportion de femelles devient 0,532 (erreur-type= 0,048, n=46) si on fusionne les deux strates. En appliquant ces proportions de femelles au nombre de caribous adultes estimés dans chacune des strates (tableau 2), on obtient dans le tableau 3 l'estimation du nombre de femelles présentes en juin 1991 dans l'aire d'étude par la méthode du quotient séparé. Ce sont donc $140\,479 \pm 24,5\%$ femelles adultes qui étaient présentes dans le TRAF en juin 1991.

3.4 Estimation des effectifs du TRAF en octobre 1991.

Lors de l'utilisation de la technique originale d'inventaire sur les aires de mise-bas, et afin de pouvoir estimer les effectifs de la population entière en automne incluant les mâles et les faons, il fallait disposer de cinq facteurs de correction :

1. Proportion de femelles sur l'aire de mise-bas,
2. Taux de visibilité sur le terrain ou sur les photographies,
3. Taux de présence des femelles sur l'aire de mise-bas,
4. Taux de survie estivale,
5. Proportion de femelles dans le troupeau en octobre.

Les inventaires du TRG de juin 1984 (Goudreault *et al.* 1985), 1986 (Crête *et al.* 1987) et 1988 (Crête *et al.* 1991) ont été réalisés suivant cette méthode. Couturier *et al.* (1996) modifièrent légèrement la technique dans le but d'inventorier toute l'aire potentiellement occupée par les femelles et non seulement l'aire de mise bas comme auparavant. Cette modification permet d'éliminer le troisième facteur de correction (Taux de présence des femelles sur l'aire de mise bas). Cette technique modifiée fut également utilisée en 1991 pour le TRAF.

Au début du suivi scientifique du TRAF, les outils et les connaissances nécessaires n'étaient pas toujours disponibles pour estimer tous ces facteurs de correction. Lors de l'inventaire de juin 1991, des estimations du quatrième et du cinquième facteurs de

correction n'étaient pas disponibles car il n'y avait pas à cette époque de suivi télémétrique ni de classification de population durant le rut. Avec les nouvelles connaissances dont on dispose actuellement, il est possible d'utiliser des estimations satisfaisantes de facteurs de correction manquants dans le but d'extrapoler les résultats des inventaires de juin pour calculer les estimations en automne. Le tableau 4 présente les résultats de ces nouveaux calculs pour l'inventaire du TRAF effectué en juin 1991. Les valeurs des facteurs de correction de l'inventaire du TRG en juin 1984 (Goudreault *et al.* 1985; Crête *et al.* 1991) ont été utilisées. Cet inventaire semble le meilleur de cette époque et on assume que la condition des deux troupeaux était assez similaire.

Selon ces nouveaux calculs, en appliquant un taux de survie estivale de 0,99 (erreur-type= 0,02) et une proportion de femelles adultes dans le troupeau de 0,52 (erreur-type= 0,01), on estime que les effectifs du TRAF atteignaient $276\ 000 \pm 27,5\ %$ caribous incluant les faons en octobre 1991 (tableau 4).

Tableau 1. Paramètres de l'inventaire photographique des caribous du TRAF en juin 1991 et test de t de Student

Variable	Strate ^a	Moyenne	Erreur- type	n	t	P
Nombre d'adultes par place						
	Forte ^b	13,2	2,0	86		
	Faible	5,3	1,9	54		
	Total	10,1	1,5	140	2,87	0,005
Nombre de faons par place						
	Forte	4,0	1,0	86		
	Faible	0,7	0,2	54		
	Total	2,8	0,6	140	3,33	0,001
Couverture de neige au sol (%)						
	Forte	27,18	1,96	84		
	Faible	22,06	3,22	50		
	Total	25,27	1,73	134	1,36	0,178
Superficie (somme des 36 photos; km²)						
	Forte	1,22	0,03	86		
	Faible	1,19	0,06	54		
	Total	1,21	0,03	140	0,38	0,709

^a La superficie des strates forte et faible est de 13 934 km² et de 21 918 km² respectivement.

^b Selon la technique utilisée en 1991, la strate de forte densité correspond à l'aire de mise-bas.

Tableau 2. Estimation du nombre de caribous adultes du TRAF présents dans l'aire inventoriée en juin 1991

Strate de densité	km ²	n	Nombre de caribous adultes	Intervalle de confiance ($\alpha = 0,10$)
Forte	13 934	86	125 175	93 815; 156 535 ($\pm 25,1$ %)
Faible	21 918	54	107 439	51 036; 163 842 ($\pm 52,5$ %)
Total	35 852	140	232 614	168 079; 297 149 ($\pm 27,7$ %)

Tableau 3. Estimation du nombre de caribous femelles du TRAF présentes en juin 1991

Strate de densité	km ²	n	Nombre de femelles adultes	Intervalle de confiance ($\alpha = 0,10$)
Forte	13 934	86	96 522	71 808; 121 236 ($\pm 25,6$ %)
Faible	21 918	54	43 957	19 931; 67 983 ($\pm 54,7$ %)
Total	35 852	140	140 479	106 011; 174 947 ($\pm 24,5$ %)

Tableau 4. Estimation des effectifs totaux du TRAF en octobre 1991 grâce aux facteurs de correction de l'inventaire du TRG de juin 1984

Paramètres de calcul et	TRAF 1991	TRG 1984
<i>facteurs de correction</i> ^a		
• Nb de caribous adultes sur l'aire de mise-bas	232 614	293 600
<i>X 1. Proportion de femelles adultes.</i>		0,86
= Nb de femelles adultes sur l'aire de mise-bas	140 479	252 500
<i>÷ 2. Taux de visibilité</i>	<i>0,97</i>	0,97
= Nombre de femelles adultes sur l'aire de mise-bas (corrigé)	144 800	260 300
<i>÷ 3. Taux de présence des femelles sur l'aire de mise-bas</i>	1,00 ^b	0,77
= Nb total de femelles adultes en juin	144 800	338 100
<i>X 4. Taux de survie estivale (juin- octobre)</i>	<i>0,99</i>	0,99
= Nombre total de femelles adultes. en octobre	143 400	334 700
<i>÷ 5. Proportion de femelles dans le troupeau en octobre</i>	<i>0,52</i>	0,52
= Nombre total de caribous en octobre (inclut mâles et faons)	276 000 ± 27,5%	644 000 ± 25,1%

^a Les valeurs en caractères gras représentent des données inédites de l'inventaire du TRAF en juin 1991, tandis que les autres sont des valeurs empruntées à l'inventaire du TRG en juin 1984 (Goudreault *et al.* 1985; Crête *et al.* 1991).

^b Ne s'applique pas pour l'inventaire de juin 1991 du TRAF car tout le secteur occupé par les femelles a été inventorié. On passe directement au calcul du quatrième facteur de correction.

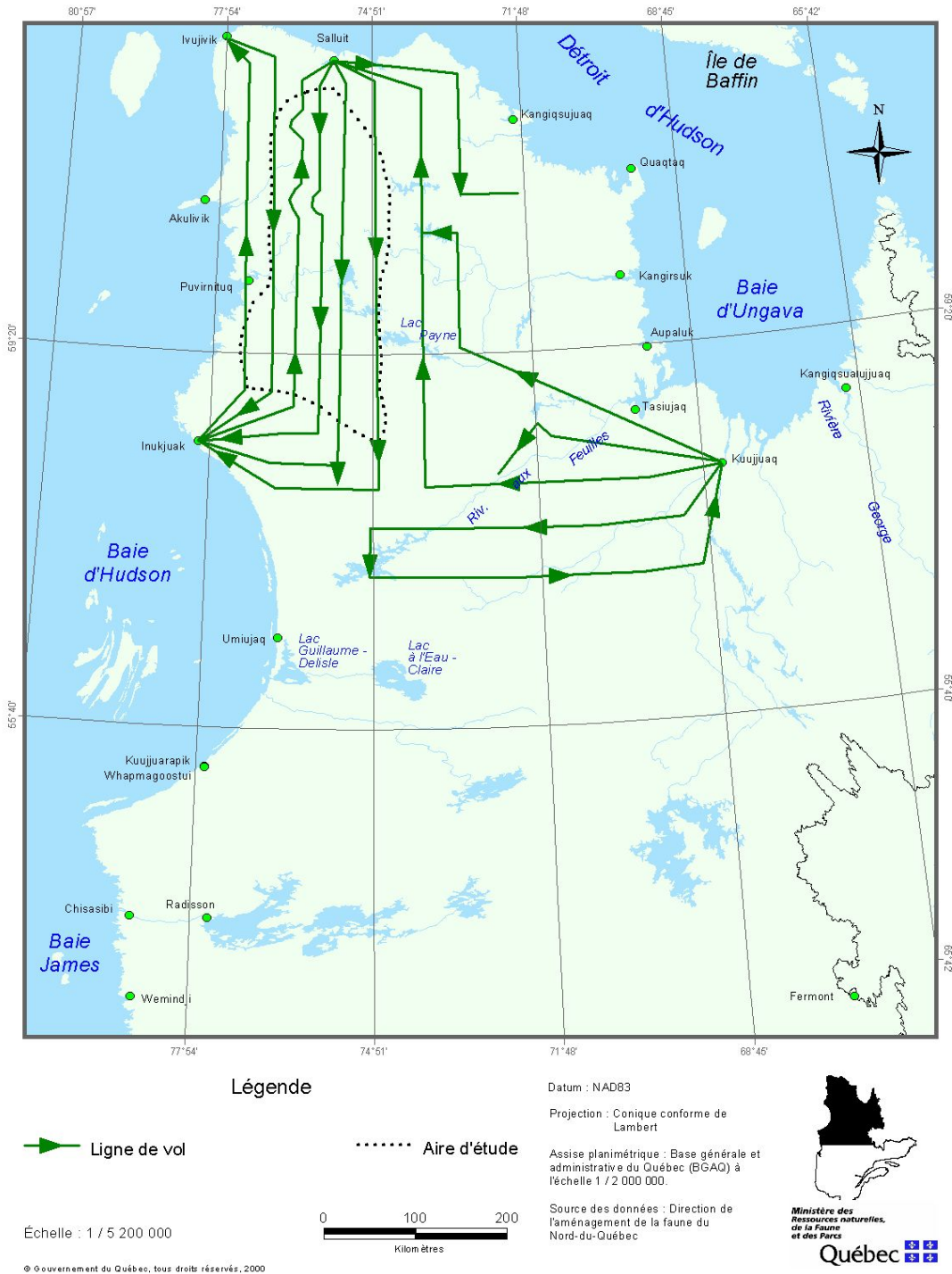


Figure 1. Repérage visuel précédant l'inventaire photographique de caribous du TRAF en juin 1991

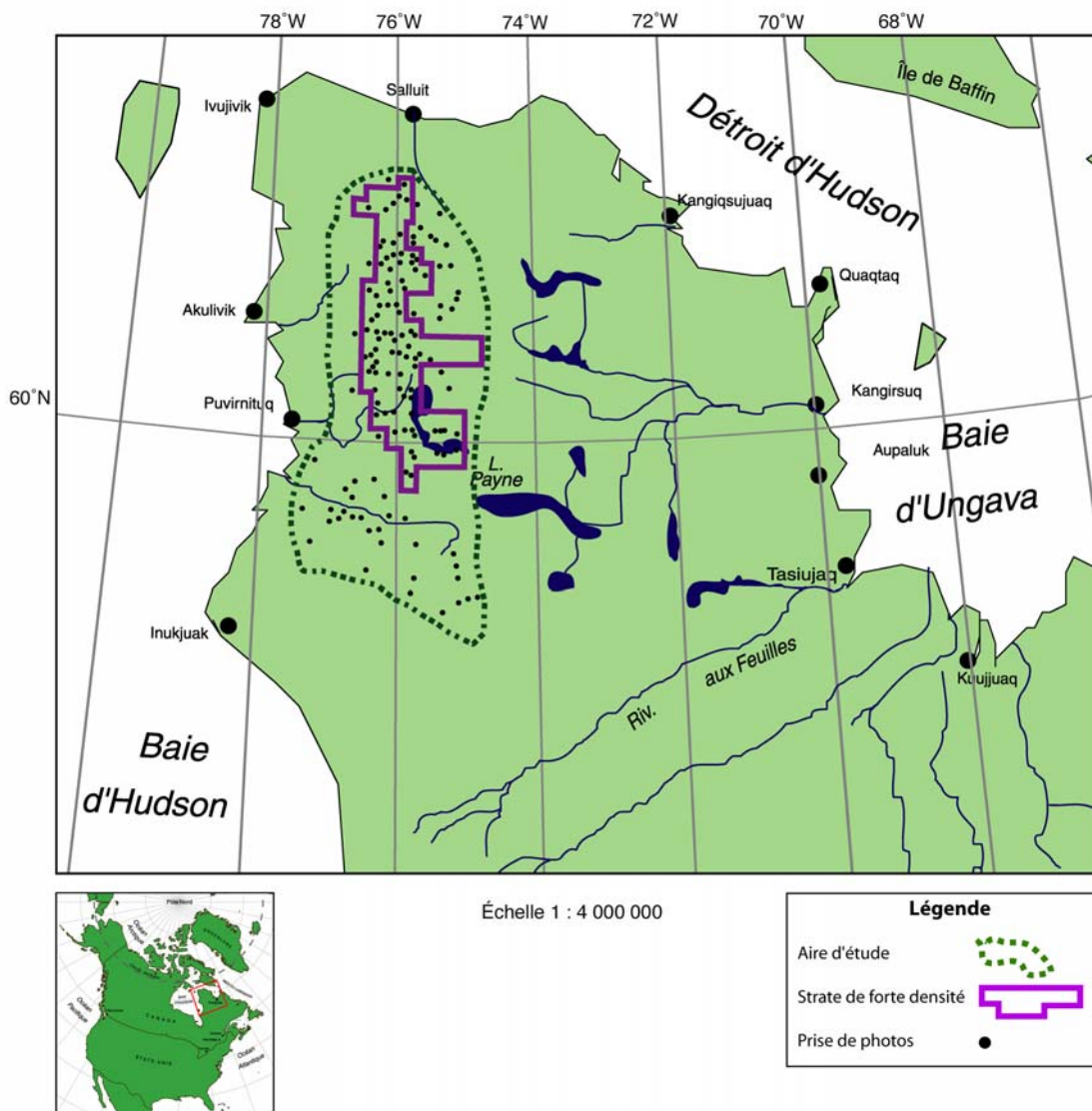


Figure 2. Localisation des strates de densités et des places-échantillons photographiques réalisées en juin 1991 sur l'aire du TRAF

**ANNEXE 2. FIL DES ÉVÈNEMENTS DES
TRAVAUX D'INVENTAIRES DU CARIBOU
À L'ÉTÉ 2001**

Annexe 2. Fil des évènements des travaux d'inventaires du caribou à l'été 2001

Date	Équipe Avion	Équipe Hélicoptère
07/03	Qc-Kuujuuaq: LB SR AT QvG.	
07/04	Repérage télémétrique	
07/05	Repérage télémétrique	
07/06	Repérage télémétrique	Départ de Québec vers Kuujuaq sur vol régulier: SC, DJ.
07/07	Rep. tél.: LB, DJ, SR, AT, QvG	Mauvais temps sur la côte (Hebron Fjord): on attend hélico qui est encore à Goose Bay
07/08	Repérage télémétrique	Mauvais temps sur la côte (Hebron Fjord): on attend hélico qui est encore à Goose Bay
07/09	Repérage télémétrique	Départ vers Hebron Fjord. Équipe: SC, JF, RO, IS et pilote.
07/10	Repérage télémétrique	Hebron Fjord: Impossible de voler (brume, 4-7°C). Aucune mouche.
07/11	Avion retour à Québec car retard dans la photo à cause de la météo.	Hebron Fjord: Impossible de voler (brume, 4-7°C). Aucune mouche.
07/12		Brume, 5°C. On réussit finalement à sortir des M. Torngat. Arrive à Pyramide, riv. George.
07/13		Photo à l'ouest de Kangiqsualujuaq, 17°C
07/14		Photo près Lac Dihourse, 16°C
07/15		Photo près riv. George et Falcoz, et Nain, à 13h10 : 16°C, soleil, pas de vent
07/16		Déménagement à Nain. Photo à Esker Lake, à 14h44 : 24°C soleil, pas de vent
07/17		Hélico doit partir en inspection pour 2 jours. JF et IS partent vers Goose Bay, SC et RO restent. Utilise autre hélico sur place. Photo près Esker L.
07/18		Photo près d'Esker Lake, 16°C et nuages, avec hélico de dépannage
07/19		Seulement quelques photos, avec hélico de dépannage, nuageux 14°C. Hélico de Sept-Îles n'arrivera pas à cause du mauvais temps.
07/20	Québec vers Kuujuaq. rep. tél. du secteur prioritaire pour photo, LB, SR, AT, QvG	RO part à Goose Bay, SC tente de faire la photo avec hélico de dépannage mais trop frais (12°C, nuageux, vents légers). Échange d'hélico et 3 ^e pilote impliqué. Nouvelle équipe: SC, DJ et pilote.
07/21	Rep. tél. et rep. visuel près du Lac Mistatin.	Aucune photo possible, à 17h08: 8°C et pluie. On termine pour le moment le TRG. Revenir plus tard si météo favorable.
07/22	Repérage télémétrique +DJ	TRAF débute près du Lac Minto. 10°C, nouvelle équipe : SC, SR et pilote
07/23	Repérage télémétrique	Quelques photos S-E d'Inukjuak, en fin de journée, à 19h20: 14°C, nuageux, pas de vents, peu de mouches
07/24	Rep. tél. et visuel: Salluit et Baie Kovik	À 9h46 : 8°C, couvert, plafond à <1000'. Ne trouve pas les colliers. Pas de photos.
07/25	Rep. tél.: Kuujuaq	À 11h30 : 3°C, vents forts, pluie. Pas de mouches, ni photos.
07/26	Rep. tél.: Kuujuaq	À 15h54 : 12°C, soleil, vents modérés, groupes pas encore formés. Pas de photos.
07/27	Rep. tél.: Kuujuaq- Kangirsuk et retour vers Qc, LB, SR, QvG	À 8h11 : 11°C, nuageux vents légers. Changement d'équipiers à Kangirsuk: SC reste, SR part, DJ et AT arrivent. Quelques photos en fin de journée. À 20h21: 16°C, vents légers, quelques nuages
07/28		Photos possibles seulement en fin de journée
07/29		À 16h26 Lac Payne: 24°C, Soleil, vents légers, beaucoup de mouches. Conditions idéales pour la photo. 18 groupes sont photographiés.
07/30		En déplacement vers les groupes près de Salluit, quelques photos
07/31		Salluit à 8h53 : 17°C, vents forts, pas de mouches. Entre 40-60000 caribous en mouvement près Baie Kovik. Aucun groupe dense, pas de photo possible. Récupération de colliers sur des caribous morts. Panne moteur à l'arrivée à Salluit.
08/01		Turbine endommagée: Ne peut plus voler : au sol à Salluit. On attend que la compagnie répare : 24 heures disent-ils. À 10h30 : 16°C, quelques nuages, vents 15-25 nœuds.
08/02		15h15 : 15°C, soleil, 12 nœuds, un peu de mouches. Conditions pour la photo probablement favorables dans les terres.
08/03		Plafond à 500', Air Inuit vole, mais l'avion nolisé ne peut entrer avec les pièces. Mécano arrive sur Air Inuit après une escale forcée à Iqaluit.
08/04		À 12h15 : avion nolisé arrive avec les pièces
08/05		Un sceau d'étanchéité (<i>o-ring</i>) brise durant le montage de la turbine : on doit tout recommencer. Pas de sceau de rechange, il doit être expédié de Montréal.
08/06		DJ part avec le vol nolisé (une place disponible), SC et AT partiront sur vol régulier ou avec l'hélico selon la première éventualité. Air Inuit ne peut atterrir à cause de la brume.
08/07		Pluie abondante, brume, 6°C. Rien ne vole : avions et mouches incluses
08/08		15h00, pluie abondante, brume dense, 7°C. Rien ne vole : avions et mouches incluses
08/09		Hélico n'est pas encore réparé, SC et AT partent sur Air Inuit vers Kuujuaq et ensuite Québec : fin de la photo du TRAF