

INFORMATION TO USERS

This manuscript has been reproduced from the microfilm master. UMI films the text directly from the original or copy submitted. Thus, some thesis and dissertation copies are in typewriter face, while others may be from any type of computer printer.

The quality of this reproduction is dependent upon the quality of the copy submitted. Broken or indistinct print, colored or poor quality illustrations and photographs, print bleedthrough, substandard margins, and improper alignment can adversely affect reproduction.

In the unlikely event that the author did not send UMI a complete manuscript and there are missing pages, these will be noted. Also, if unauthorized copyright material had to be removed, a note will indicate the deletion.

Oversize materials (e.g., maps, drawings, charts) are reproduced by sectioning the original, beginning at the upper left-hand corner and continuing from left to right in equal sections with small overlaps. Each original is also photographed in one exposure and is included in reduced form at the back of the book.

Photographs included in the original manuscript have been reproduced xerographically in this copy. Higher quality 6" x 9" black and white photographic prints are available for any photographs or illustrations appearing in this copy for an additional charge. Contact UMI directly to order.

UMI[®]

Bell & Howell Information and Learning
300 North Zeeb Road, Ann Arbor, MI 48106-1346 USA
800-521-0600

HÉLÈNE MASSÉ

**ESTIMATION DE LA CAPACITÉ DE SUPPORT DES DIFFÉRENTS
ÉCOSYSTÈMES HUMIDES UTILISÉS PAR LA GRANDE OIE DES NEIGES
NICHANT À L'ÎLE BYLOT
(NUNAVUT, CANADA)**

**Mémoire
présenté
à la Faculté des Études Supérieures
de l'Université Laval
pour l'obtention
du grade de maître ès sciences (M.Sc.)**

**Département de phytologie
FACULTÉ DES SCIENCES DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION
UNIVERSITÉ LAVAL**

DÉCEMBRE 1998



National Library
of Canada

Acquisitions and
Bibliographic Services

395 Wellington Street
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Bibliothèque nationale
du Canada

Acquisitions et
services bibliographiques

395, rue Wellington
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Your file Votre référence

Our file Notre référence

The author has granted a non-exclusive licence allowing the National Library of Canada to reproduce, loan, distribute or sell copies of this thesis in microform, paper or electronic formats.

The author retains ownership of the copyright in this thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque nationale du Canada de reproduire, prêter, distribuer ou vendre des copies de cette thèse sous la forme de microfiche/film, de reproduction sur papier ou sur format électronique.

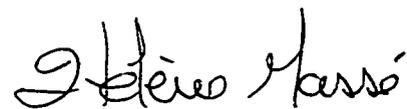
L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur qui protège cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

0-612-38150-1

Canada

RÉSUMÉ

La population mondiale de la Grande Oie des neiges a considérablement augmenté depuis les 30 dernières années, atteignant près de 650 000 individus aujourd'hui. Avec une telle augmentation, déterminer la capacité de support des sites de nidification de cet oiseau devient alors essentiel. L'approche utilisée afin d'estimer la capacité de support de l'île Bylot, site principal de nidification de l'oie des neiges, consistait à comparer la disponibilité des ressources végétales et les besoins alimentaires de l'animal. À cet endroit, les oies se nourrissent dans les milieux humides à dominance de graminées et de cypéracées, concentrés à plusieurs endroits sur la partie sud de l'île. La quantité totale de ressources alimentaires végétales requise par la population durant la période d'élevage des jeunes à l'île Bylot a été évaluée à 60 % de celle disponible dans les habitats humides, surtout composés de *coulées* et de *polygones humides*. La capacité de support n'est donc pas encore atteinte.



SUMMARY

The Greater Snow Goose population has increased considerably over the past 30 years, reaching 650 000 birds today. With this increase, the estimation of the carrying capacity of the nesting habitats is becoming a pressing issue. In this study, the technique used to estimate the carrying capacity of Bylot Island, the principal breeding area of the Greater Snow Goose, is based on the requirements of the animal compared to the food supply available to the population. At this site, the geese essentially feed on wetlands dominated by sedges and grasses, concentrated in the low-lying areas over the south plain of the island. The total food requirements of the actual population during the brood-rearing period was estimated to be 60 % of the total plant resources available in the wetland habitats, mostly located along the *streams* and in *wet polygons*. The carrying capacity is therefore not yet reached.

A handwritten signature in cursive script, appearing to read "Z. Rochford".A handwritten signature in cursive script, appearing to read "Helen Messo".

AVANT-PROPOS

Ce présent mémoire est constitué de quatre chapitres. Le premier chapitre est une introduction générale des sujets abordés dans le cadre de cette thèse. Plusieurs aspects de l'écologie et de la biologie des oies et des plantes sont présentés dans le but de situer le lecteur dans le contexte général et la problématique particulière du sujet de recherche. Le corps du mémoire comprend deux chapitres rédigés sous forme d'article scientifique. Ces deux parties sont donc indépendantes l'une de l'autre, d'où la répétition de certains éléments dans chacun des chapitres. Le deuxième chapitre amène de nouvelles connaissances sur les milieux humides de l'île Bylot. Il est en quelque sorte un complément au troisième chapitre, rédigé en langue anglaise, qui constitue le cœur de ce mémoire de maîtrise. Enfin, le quatrième chapitre se veut une conclusion sur les différents résultats obtenus lors de cette étude.

Sans l'aide de certaines personnes, la réalisation de ce mémoire se serait avérée très difficile. Je tiens donc à remercier ma directrice de maîtrise, le Dr Line Rochefort, de m'avoir accepté au sein de son équipe de recherche ainsi que pour la grande confiance qu'elle a su m'accorder tout au cours de ce projet. J'ai très apprécié l'appui apporté durant la réalisation de ce mémoire ainsi que ses conseils judicieux. Line sait très bien communiquer son dynamisme et son grand intérêt pour l'avancement des sciences aux gens qui l'entourent. Je veux également remercier mon codirecteur, le Dr Gilles Gauthier qui, par ses remarques et ses conseils pertinents, a su rendre la réalisation de ce mémoire plus facile. Je lui suis très reconnaissante pour tous les efforts et le temps mis pour la préparation et le bon déroulement de ce projet, notamment à l'île Bylot où les conditions n'étaient pas toujours faciles.

On ne peut passer sous silence les membres des équipes de Bylot 1996 et 1997. C'est environ une quinzaine de personnes qui m'ont apporté une aide très précieuse sur le terrain ces deux années. Sans leur patience et leur compréhension, le travail de terrain aurait été extrêmement difficile voire même impossible. Parmi ces gens, je tiens spécialement à souligner l'aide de Diane Leclerc, Joël Bêty, Stéphane Menu, Mathilde Renaud, Yanie Porlier, Jean-François Giroux et Frédérick Demers. De plus, j'aimerais remercier sincèrement les gens avec qui j'ai partagé les mois

d'été passés à l'île Bylot. Sans leur soutien et leur amitié, le travail n'aurait pas été toujours aussi agréable. Je remercie aussi l'assistance de Gérald Picard, technicien au laboratoire de zoologie à l'Université Laval, pour son aide sur le terrain ainsi qu'en laboratoire.

Ce projet de recherche a été rendu possible grâce aux subventions accordées par Canards Illimités Inc. (Canada), le Service canadien de la faune (plan conjoint des habitats de l'Arctique), le Fond pour la Formation des Chercheurs et l'Aide à la Recherche, le Ministère des affaires indiennes et du Nord, l'Étude du Plateau Continental Polaire, le Conseil National de Recherche en Sciences Naturelles et Génie et The Hunters and Trappers Association of Pond Inlet.

En terminant, je tiens à adresser mes derniers remerciements à mon grand ami Daniel Germain qui fut pour moi une aide très précieuse. Par sa présence quotidienne et son soutien continu, Daniel m'a permis d'avancer et de persévérer dans mes études. J'aimerais également remercier mes parents qui m'ont donné l'opportunité d'entreprendre des études universitaires en plus de m'offrir un appui constant tout au long de mon cheminement académique. Enfin, un gros merci à mon amie et compagne de travail, Monique Poulin, avec qui j'ai eu la chance d'échanger fréquemment sur les aspects de cette maîtrise ainsi qu'à Éric Reed pour sa patience et ses nombreux conseils lors de la correction finale de ce manuscrit.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	ii
SUMMARY	iii
AVANT-PROPOS	iv
TABLE DES MATIÈRES	vi
LISTE DES TABLEAUX	x
LISTE DES FIGURES	xii
CHAPITRE I INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
1.0. Introduction.....	2
1.1. L'expansion des populations d'oies à travers le monde.....	2
1.1.1. Les causes de l'augmentation des populations d'oies.....	3
1.1.2. Les conséquences de l'augmentation des populations d'oies sur les sites de migration et d'hivernage.....	3
1.1.2.1. Les milieux naturels.....	3
1.1.2.2. Les milieux agricoles	4
1.1.3. Les conséquences de l'augmentation des populations d'oies sur les sites de nidification	5
1.1.3.1. Conséquences sur les communautés végétales: le cas des Basses- Terres de la Baie d'Hudson	5
1.1.3.2. Conséquences sur les populations d'oies.....	7
1.2. Conséquences de l'expansion de la population de la Grande Oie des neiges à l'île Bylot	7
1.2.1. Réponses des plantes au broutement par les oies à l'île Bylot	8
1.2.2. Réponses de la Grande Oie des neiges à la diminution des ressources végétales à l'île Bylot	11
1.3. La capacité de support: un outil dans l'aménagement de la faune.....	13
1.3.1. Les multiples définitions de la capacité de support	14
1.4. But et objectifs de l'étude	17

CHAPITRE II DESCRIPTION ET CARACTÉRISATION DES ÉCOSYSTÈMES HUMIDES
UTILISÉS PAR LA GRANDE OIE DES NEIGES NICHANT À L'ÎLE BYLOT (Nunavut,
Canada)

Résumé	19
Introduction.....	20
Site d'étude	21
Matériel et méthodes	22
Caractérisation et cartographie des milieux humides	22
Phytomasse aérienne	28
Intensité de broutement par les oies	29
Analyses statistiques.....	30
Résultats.....	30
Caractérisation et cartographie des milieux humides	30
Phytomasse aérienne non-broutée.....	35
Intensité de broutement par les oies	38
Discussion	40
Caractérisation et cartographie des milieux humides	40
Phytomasse aérienne et intensité de broutement par les oies.....	42
Différences annuelles.....	42
Différences entre les habitats.....	43
Conclusion	47

CHAPITRE III ESTIMATING THE CARRYING CAPACITY OF WETLAND HABITATS
USED BY BREEDING GREATER SNOW GEESE ON BYLOT ISLAND (Nunavut, Canada)

Abstract.....	49
Résumé	50
Introduction.....	51
Study area	52
Methods	54
Aerial-photograph mapping.....	54
Plant biomass and grazing intensity.....	58
Food requirements of geese.....	59
Estimation of carrying capacity.....	60
Validation of the estimate.....	61
Results	62
Plant resources availability.....	62
Food requirements of geese and proportion of carrying capacity reached	64
Validation of the estimate.....	66
Discussion.....	69
Plant resources availability.....	69
Carrying capacity of the habitat and goose density	70
Conclusion	73

CHAPITRE IV CONCLUSION GÉNÉRALE.....	75
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	79
Annexe A : Calculs de la superficie totale de l'habitat (parties sèches, humides et inondées) recouverte par la végétation consommée par les oies pour les cinq types d'habitats humides.....	87
Annexe B : Détermination du facteur de correction pour le nombre total de fèces compté dans les transects (10 m ²) des habitats <i>polygone lac</i> et <i>lac</i> en 1996..	97
Annexe C : Valeurs journalières utilisées dans le calcul des besoins alimentaires estivaux des jeunes en croissance à l'île Bylot.	98

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE II

Tableau 1 : Description morphométrique des différents types d'habitats humides retrouvés sur la plaine sud de l'île Bylot.	23
Tableau 2 : Description géomorphologique des différents sites de milieux humides recensés sur la plaine sud de l'île Bylot.	25
Tableau 3: Mesures utilisées afin d'estimer la proportion de l'habitat constituant un milieu humide et la proportion de la partie humide de l'habitat recouverte par la végétation consommée par les oies pour les différents types d'habitats humides à l'île Bylot.....	27
Tableau 4 : Superficie totale des sites, superficie totale des habitats humides et proportion de la superficie des sites recouverte par des habitats humides pour les différents sites (concentrations de milieux humides) sur la plaine sud de l'île Bylot.....	31
Tableau 5 : Proportion de l'habitat constituant un milieu humide, proportion de la partie humide de l'habitat recouverte par la végétation consommée par les oies et proportion de l'habitat total (parties sèches, humides et inondées) recouvert par la végétation consommée par les oies pour les différents types d'habitats humides retrouvés sur la plaine sud de l'île Bylot.	34
Tableau 6 : Effets de l'habitat et de l'année sur la phytomasse non-broutée, la proportion de phytomasse broutée (%) et le nombre de fèces à la fin de l'été (11 août) dans les milieux humides de l'île Bylot. Analyse de la variance pour une expérience factorielle en blocs complets aléatoires. Valeurs de F et p, n = 40	40

CHAPITRE III

Table 1: Morphometric description of wetland habitat types on the south plain of Bylot Island.	55
Table 2: Measurements used in order to estimate the proportion of the habitat suitable for wetland plants and the proportion of the wet part of the habitat covered by forage plants for geese for the different types of wetland habitats on Bylot Island.	57
Table 3: Range of value (min.-max.) of the variables used in the calculation of nutritive requirements of growing goslings on Bylot Island.	59
Table 4: Habitat surface area, area covered by suitable forage plants for geese, primary production in mid-August (estimated from dry aboveground plant biomass; mean \pm SE; n = 8 /habitat) and total availability of suitable forage plants for geese in five types of wetland habitats on the south plain of Bylot Island in 1996 and 1997.	63
Table 5: Total summer food requirements (plant dry biomass) of geese using Bylot Island based on the number of geese censused during the 1993 goose inventory and the food requirements of individual birds during the summer (\pm SE).....	66
Table 6: Proportion of primary production consumed and total amount of forage plants consumed by geese (dry biomass; mean \pm SE; n = 8 /habitat) for five types of wetland habitats on the south plain of Bylot Island in 1996 and 1997.	68

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I

Figure 1: Modèle d'optimisation proposant trois réponses des plantes au broutement..... 9

Figure 2: Capacité de support écologique (K) et capacité de support économique ($K/2$ ou MSY) en relation avec la courbe sigmoïde des populations animales15

CHAPITRE II

Figure 1: Localisation de la région à l'étude, la plaine sud de l'île Bylot22

Figure 2: Localisation et limites approximatives des sites (i.e. toutes les grandes concentrations de milieux humides de l'île) échantillonnés en 1996, en 1996-97 et non-échantillonnés.24

Figure 3: Proportion des différents types d'habitats humides présents à chacun des sites de la plaine sud de l'île Bylot.33

Figure 4: Phytomasse aérienne (g/m^2) des plantes graminoides (*Graminae*, *Eriophorum* spp. et *Carex aquatilis* var. *Stans*) à la fin de l'été dans les milieux humides de l'île Bylot, 1996 et 1997 (Moyenne \pm erreur type).35

Figure 5: Phytomasse (g/m^2) des feuilles, des tiges vertes et de la base des tiges enfouie dans la mousse ainsi que des feuilles, des tiges vertes et 1 cm de la base des tiges enfouie dans la mousse pour les plantes graminoides (*Graminae*, *Eriophorum* spp. et *Carex aquatilis* var. *Stans*) à la fin de l'été dans les milieux humides de l'île Bylot selon le type d'habitat, 1996-97 (Moyenne \pm erreur type).36

Figure 6: Phytomasse aérienne totale des cinq types d'habitats humides présents aux différents sites sur la plaine sud de l'île Bylot.37

Figure 7: Intensité de broutement par les oies d'après (a) la proportion de la phytomasse des plantes graminoides broutée jusqu'à la mi-août et d'après (b) le nombre de fèces d'oies dans les milieux humides de l'île Bylot en 1996 et 1997 (Moyenne \pm erreur type).....38

Figure 8: Intensité de broutement par les oies selon (a) la proportion de la phytomasse des feuilles, des tiges vertes et de la base des tiges enfouie dans la mousse ainsi que des feuilles et des tiges vertes de plantes graminoides broutée par les oies jusqu'à la mi-août et (b) le nombre de fèces d'oies dans les différents types d'habitats humides de l'île Bylot, 1996-97 (Moyenne \pm erreur type).....38

CHAPITRE III

Figure 1: Localization of the study area, the south plain of Bylot Island.53

Figure 2: Localization and approximate limits of sites with a concentration of wetland sampled in 1996, 1996-97 and not sampled but used in the estimation of the carrying capacity of the south plain of Bylot Island.56

Figure 3: Daily food requirements (g) of growing goslings and adults on Bylot Island between July 8th and August 27th.....65

PREMIER CHAPITRE

INTRODUCTION GÉNÉRALE

1.0. Introduction

Avec l'accroissement de la population humaine à travers le monde, la pression sur les habitats naturels est sans cesse croissante. La perte ou la dégradation de ces habitats est dans certains cas assez considérable (Beatley 1994). Par conséquent, certaines espèces animales peuvent éprouver des difficultés d'adaptation à leur nouvel environnement (ex: bar rayé, cougar de l'Est, buse à épaulettes rousses, etc; MLCP 1989) ce qui peut éventuellement causer leur disparition ou tout au moins leur déclin. Toutefois, à côté de ces espèces menacées, se retrouvent d'autres animaux qui bénéficient au contraire des milieux perturbés par l'humain. Ces animaux ont su s'adapter à l'Homme et aux transformations du milieu qu'il a apporté. Les oies se retrouvent parmi ces espèces animales.

1.1. L'expansion des populations d'oies à travers le monde

Au cours des dernières décennies, une augmentation considérable des populations d'oies à travers le monde a été observée (Owen et Black 1991, Ankney 1996, Abraham et Jefferies 1997). En Europe, la plupart des populations d'oies ont connu une augmentation de leur effectif pouvant aller, dans certains cas, jusqu'à dix fois le nombre observé dans les années '60 (Owen et Black 1991). En Amérique du Nord, les populations de la Petite Oie des neiges (*Chen caerulescens caerulescens*) et de la Grande Oie des neiges (*Chen caerulescens atlantica*) ont également connu une importante augmentation depuis les 30 dernières années, tout comme les populations de la Bernache du Canada (*Branta canadensis*), de l'Oie de Ross (*Chen rossii*) et de l'Oie rieuse (*Chen albifrons*) (Ankney 1996, Abraham et Jefferies 1997). Le nombre d'individus de la population de la Petite Oie des neiges, nichant dans le centre de l'Arctique canadien, a triplé depuis 1979 pour atteindre plus de trois millions d'individus aujourd'hui (Abraham et al. 1996). La population de la Grande Oie des neiges suit également cette tendance puisque le nombre d'individus a aussi considérablement augmenté dans la même période, passant de 160 000 individus en 1975 à 650 000 au printemps 1997 (Reed et al. 1998).

1.1.1. Les causes de l'augmentation des populations d'oies

Plusieurs chercheurs à travers le monde s'accordent sur la raison principale de cette augmentation. Celle-ci semble être un déclin important de la mortalité sur les sites d'hivernage ainsi que durant la migration printanière, relié à une utilisation croissante des milieux agricoles. En effet, depuis le développement de l'agriculture (expansion des cultures, utilisation des fertilisants), les sites d'arrêt migratoire et d'hivernage sont devenus des endroits où la disponibilité d'une nourriture de qualité est accrue. Puisque les oies ont la possibilité d'aller se nourrir dans de vastes champs agricoles (maïs, riz, fourrage, etc) à proximité, la nourriture n'est plus un facteur limitant leur survie durant la migration et la période d'hivernage (Reed 1976, MacInnes et Kerbes 1987, Owen et Black 1991, Ankney 1996, Abraham et Jefferies 1997). La protection de plusieurs espèces d'oies, les changements dans les pratiques de chasse et l'établissement de refuges et d'aires de repos ont aussi contribué à l'expansion des populations d'oies (Owen 1990, Owen et Black 1991, Abraham et Jefferies 1997).

1.1.2. Les conséquences de l'augmentation des populations d'oies sur les sites de migration et d'hivernage

Le broutement intense par les oies altère autant les communautés végétales présentes dans les milieux naturels que celles retrouvées dans les agro-écosystèmes utilisés lors de la migration et la période d'hivernage.

1.1.2.1. Les milieux naturels

Avant les changements des pratiques agricoles mentionnés précédemment, les oies se nourrissaient principalement dans les milieux humides naturels sur leur route migratoire (Lemieux 1959, Bédard et al. 1986). Bien que maintenant les oies utilisent davantage les milieux agricoles (Bédard et al. 1986, Bédard et Gauthier 1989, Giroux et al. 1998b), l'augmentation des

populations d'oies n'est pas sans conséquence sur les habitats naturels (marais). Par exemple, le broutement intensif des parties souterraines des plantes par la Grande Oie des neiges dans les marais saumâtres de Montmagny (Québec), a causé une baisse de production du Scirpe américain (*Scirpus americanus*) d'environ 62 % (Giroux et Bédard 1987). Du côté Européen, dans le marais salé de Ems Dollard Estuary à la frontière de la Hollande et de l'Allemagne, Esselink et al. (1997) ont noté une diminution de plus de 60 % de la superficie recouverte par la Spartine anglaise (*Spartina anglica* Hubbard), plante broutée par les Oies cendrées (*Anser anser* L.) durant la période d'hivernage. Par le broutement, ces oies ont également causé la disparition du Scirpe maritime (*Scirpus maritimus* L.), autrefois la plante dominante dans ce marais. L'équilibre entre les milieux naturels et les populations d'oies y vivant est aujourd'hui rompu puisque ces oiseaux ont accès à une autre source de nourriture dans les milieux agricoles.

1.1.2.2. Les milieux agricoles

Les terres agricoles sont aujourd'hui une partie intégrante de l'habitat des oies sur les sites d'arrêt migratoire et les sites d'hivernage. Toutefois, l'utilisation des milieux agricoles, bien que bénéfique pour l'animal, est semble-t-il, beaucoup moins profitable pour certains producteurs agricoles. Des études effectuées par plusieurs chercheurs en Europe ont démontré que le broutement par les oies diminuait le rendement des cultures de 7 à 78 %. Ces variations sont attribuées à l'intensité de broutement, aux conditions de croissance, à la variété des cultures, à la régie des cultures et aux méthodes utilisées pour mesurer les dommages (Summers 1990). Pour leur part, Percival et Houston (1992) ont mesuré une baisse de rendement des récoltes allant jusqu'à 82 % dans certains champs de la côte ouest de l'Écosse fréquentés par les oies. En Amérique du Nord, des études menées par Bédard et Lapointe (1991), dans la région de Montmagny, ont démontré que le broutement intensif de la Grande Oie des neiges pouvait diminuer la production fourragère jusqu'à 25 % à la première récolte. Au moment de cette étude, la population d'oies n'était que d'environ la moitié de ce qu'elle est aujourd'hui. Récemment, Filion et al. (1998) ont cependant démontré que la diminution de la production fourragère

attribuée au broutement par les oies n'avait pas augmentée et se situait autour de 24 % à la première récolte.

Cependant, bien que réels, les dommages causés aux récoltes dans la vallée du Saint-Laurent sont très localisés et n'affectent que certains producteurs (Giroux et al. 1998a) tout comme en Europe (surtout en Angleterre) où les dommages qui s'avèrent négligeables à l'échelle nationale, affectent sévèrement certains agriculteurs localement (Owen 1990).

1.1.3. Les conséquences de l'augmentation des populations d'oies sur les sites de nidification

Tout comme sur les sites d'hivernage et d'arrêt migratoire, il existe des signes de détérioration de l'habitat sur certains sites de nidification des oies en particulier dans les régions sub-arctiques et arctiques.

1.1.3.1. Conséquences sur les communautés végétales: le cas des Basses-Terres de la Baie d'Hudson

Avec la croissance soutenue des populations d'oies, l'impact du broutement sur la végétation est considérable, notamment dans les Basses-Terres de la Baie d'Hudson (aussi un site d'arrêt migratoire) qui subissent une dégradation sévère de leurs habitats depuis les dernières années (Kerbes et al. 1990, Iacobelli et Jefferies 1991, Srivastava et Jefferies 1996, Kotanen et Jefferies 1997). L'impact du broutement printanier (broutement des parties souterraines ou l'arrachement des tiges) sur ces marais côtiers est tel qu'il conduit à la destruction de la végétation et à la formation de zones complètement dénudées où la tourbe et les sédiments sont mis à nus (Kerbes et al. 1990, Iacobelli et Jefferies 1991). La disparition du couvert végétal et l'exposition des sédiments conduisent à une augmentation de la salinité du sol suite à une évaporation accrue provoquant la remise en surface des sels présents dans le sol. Ceci peut entraîner la mort des

plantes (Iacobelli et Jefferies 1991) ou, tout au moins, une diminution de leur croissance (Srivastava et Jefferies 1996).

Le broutement des parties souterraines et l'arrachement des tiges se produisent principalement durant une courte période dès le début du printemps (Jefferies 1988). Ceci est ensuite suivi par un broutement intense des parties aériennes des plantes graminoides présentes dans les marais fréquentés par les oies et leur couvée au cours de l'été (Kerbes et al. 1990). Cette méthode d'alimentation a aussi des impacts majeurs sur les habitats. Approximativement 35 % de la surface de la végétation présente dans les marais à La Pérouse Bay a été détruite par les oies depuis 1985 et un autre 30 % de la superficie est si endommagée qu'elle ne peut plus être utilisée comme aire d'alimentation pour ces oiseaux. La végétation de la superficie résiduelle (35 %) subit du sur-broutement par les oies causant des dommages aux plantes présentes (Abraham et Jefferies 1997). De plus, une utilisation intensive par une population d'oies croissante s'alimentant sur une superficie réduite a conduit à une réduction de la biomasse aérienne des plantes consommées par les oies (Hik et Jefferies 1990, Hik et al. 1991). Williams et al. (1993) suggèrent que la réduction de la superficie des zones d'alimentation pour les oies combinée avec la réduction de la biomasse végétale aérienne à ces endroits, ont probablement réduit d'environ 75 % la nourriture disponible sur les sites d'élevage des jeunes à La Pérouse Bay entre 1979 et 1991.

Le sur-broutement des parties aériennes, l'arrachement des tiges et le broutement des parties souterraines au printemps, lorsque associés au relèvement isostatique actuel de la région, peuvent créer des changements majeurs dans les communautés végétales présentes (Kerbes et al. 1990, Hik et al. 1991, Ganter et al. 1996). Ces changements peuvent avoir un impact négatif sur la qualité générale de l'habitat en tant que milieu de nidification pour les oies (Ganter et al. 1996). Finalement, l'enrichissement du sol occasionné par la présence considérable de fèces d'oies, favorise le développement d'algues et de mousses inhibant la croissance des plantes consommées par les oies (Srivastava et Jefferies 1996).

1.1.3.2. Conséquences sur les populations d'oies

Suite à une augmentation considérable de la taille ou de la densité d'une population animale, la diminution des ressources alimentaires per capita entraîne généralement une diminution de la fécondité et de la survie des individus. Ce sont les effets dépendants de la densité, facteur important dans la régulation des populations animales (Lack 1966). Ainsi, suite à la réduction de la disponibilité de la nourriture et l'augmentation de la compétition pour cette ressource sur les sites de nidification, une diminution de la taille des jeunes (diminution du taux de croissance; Cooch et al. 1991, Larsson et Forslund 1991, Loonen et al. 1997, Lepage et al. 1998) et du taux de survie des jeunes (avant l'envol ou durant la première année; Cooch et Cooke 1991, Francis et al. 1992, Williams et al. 1993) ont été documentés pour certaines populations d'oies en Amérique du Nord et en Europe. Cooch et al. (1989) ont attribué la diminution de la taille de ponte observée chez la Petite Oie des neiges à la réduction des ressources végétales sur les sites d'arrêt migratoire. Cependant, Ganter et al. (1996) ont suggéré que la diminution de la végétation disponible sur les sites de ponte et d'incubation pourrait expliquer partiellement ce déclin de la taille de ponte. Peu avant et durant la ponte des oeufs, la femelle comble ses dépenses énergétiques en se nourrissant généralement à proximité du nid (Ganter et Cooke 1996). Ainsi, la disponibilité de la nourriture près du nid peut avoir un impact direct sur la taille de ponte surtout pour les individus qui persistent à fréquenter les sites fortement dégradés suite au broutement intense des oies.

1.2. Conséquences de l'expansion de la population de la Grande Oie des neiges à l'île Bylot

Tout comme la population mondiale de la Grande Oie des neiges, la population de l'île Bylot, où 30 000 couples d'oies y établissent leur nid, a aussi augmentée ces dernières années (Gauthier et al. 1996b). Dès leur arrivée sur l'île au printemps, les oies broutent dans les habitats exposés qui sont plus rapidement dénudés de neige (collines). À ces endroits, les oies se nourrissent principalement des feuilles et des parties souterraines (racine et bulbe) de certaines espèces de graminées et de dicotylédones. Avec la progression de la fonte des neiges, les oies consomment sporadiquement les parties souterraines des plantes retrouvées dans les milieux

humides découverts (Gauthier 1993). Cependant, durant une grande partie de la saison estivale, les oies se nourrissent essentiellement des parties aériennes de cypéracées et de graminées retrouvées dans les habitats humides. Une utilisation considérable de ces milieux humides débute avec l'éclosion des oisons, qui est généralement la première semaine de juillet. À ce moment, la population d'oies voit son effectif plus que doubler causant une augmentation de la pression de broutement sur les habitats d'élevage (Gauthier et al. 1995, Beaulieu et al. 1996), notamment lors des années où le succès de nidification est élevé (ex: 1993 ; Gauthier et al. 1995).

1.2.1. Réponses des plantes au broutement par les oies à l'île Bylot

Gauthier et al. (1995) ont démontré que le broutement par les oies diminuait la biomasse aérienne (mesurée à la fin de l'été) des plantes vasculaires préférées des oies (*Dupontia fisheri* et *Eriophorum scheuchzeri*), dans les zones les plus utilisées par ces dernières. Il a été estimé que les oies consomment jusqu'à 78 % de la production aérienne annuelle de *Dupontia fisheri* et jusqu'à 100 % de la production aérienne annuelle d'*Eriophorum scheuchzeri*.

Le modèle d'optimisation de McNaughton (1983) propose que jusqu'à une certaine intensité de prélèvement, la plante broutée peut, sous certaines conditions, bénéficier du broutement en augmentant sa croissance, d'où une productivité plus élevée que celle de la plante non-broutée (sur-compensation) (Figure 1). Cargill et Jefferies (1984) et Hik et Jefferies (1990) ont noté une sur-compensation de *Puccinellia phryganodes* et *Carex subspathacea* en réponse au broutement modéré par les oies à La Pérouse Bay. La production primaire aérienne nette était plus élevée dans les zones broutées que dans les zones non-broutées. Cette réponse positive résulte principalement de l'élimination des tissus morts ou âgés par les herbivores, de l'effet fertilisant des fèces déposées par les oies et de la colonisation des sédiments exposés suite au broutement par les cyanobactéries fixatrices d'azote atmosphérique (Bazely et Jefferies 1989, Hik et Jefferies 1990). Ces processus augmentent la disponibilité de l'azote facilement assimilable par la plante favorisant ainsi sa croissance. Dans les zones broutées, il a été observé que la croissance de *Puccinellia phryganodes* et de *Carex subspathacea* est prolongée plus tard durant l'été, ce qui a pour effet

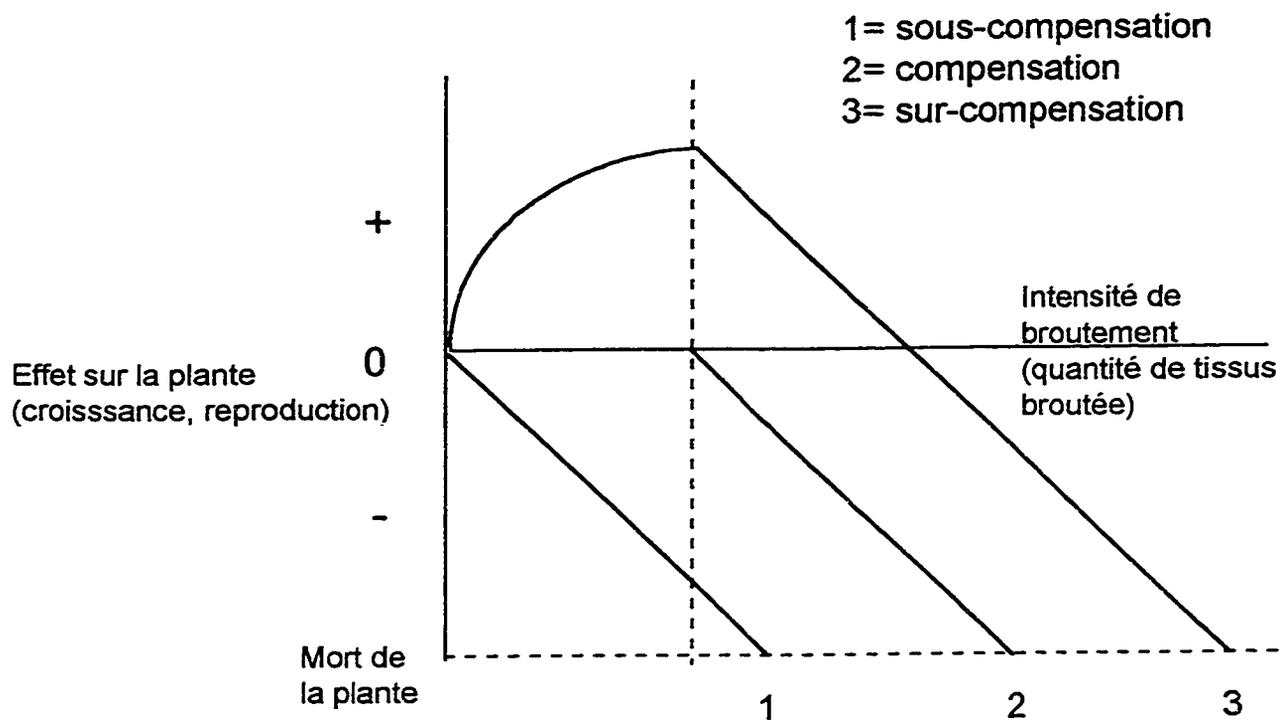


Figure 1: Modèle d'optimisation proposant trois réponses des plantes au broutement (d'après McNaughton 1983).

d'augmenter leur production primaire aérienne nette (Cargill et Jefferies 1984). Par contre, si le broutement devient trop intense, on assiste alors à une diminution de la production des plantes pouvant entraîner, dans certains cas, la mort des plantes et la destruction des habitats tel que mentionné précédemment. Ces observations correspondent au modèle d'optimisation de McNaughton (1983) qui suggère que si la capacité de réponse des plantes au broutement est excédée, une situation de sur-compensation peut rapidement faire place à une situation de sous-compensation entraînant éventuellement la mort de la plante.

Contrairement aux systèmes plantes-herbivores présentés précédemment, les plantes vasculaires de l'île Bylot ne répondent pas positivement à un broutement modéré. À cet endroit, les plantes vasculaires des zones broutées n'utilisent pas comme attendu les nutriments libérés par les fèces d'oies afin d'accroître leur production primaire (Beaulieu et al. 1996). Le fait que les plantes graminoides de l'île Bylot croissent sur un sol organique (tourbe) alors que les plantes étudiées par Cargill et Jefferies (1984) et Hik et Jefferies (1990) croissent sur un sol minéral (argile et sable), pourrait expliquer ces différences (Gauthier et al. 1996b). Il semble que l'azote libéré par les fèces d'oies ne serait pas immédiatement disponible pour les plantes vasculaires. La dominance d'un tapis de mousses brunes aux sites préférentiels d'alimentation des oies à l'île Bylot pourrait en être la cause puisque ces bryophytes possèdent une capacité d'échange ionique élevée (Clymo 1963, Graigie et Maass 1966) et donc, absorberaient plus facilement l'azote au détriment des plantes vasculaires (Gauthier et al. 1996b). Des expériences de fertilisation (azote) à l'île Bylot ont d'ailleurs démontré que les mousses répondent positivement à l'addition d'une concentration d'azote plus faible que celle nécessaire aux plantes vasculaires pour obtenir le même résultat (Pineau, données non-publiées). Il semble donc qu'à l'île Bylot, les plantes peuvent uniquement compenser et maintenir une production semblable à celle des plantes non-broutées en puisant dans leurs réserves souterraines afin de remplacer le feuillage perdu suite au broutement (compensation; Gauthier et al. 1995). Ceci aurait un impact négatif sur l'accumulation de carbohydrates solubles dans les rhizomes, laquelle serait moins importante chez les plantes broutées que non-broutées (Beaulieu et al. 1996). Puisque ces réserves souterraines sont importantes pour assurer la production de nouvelles tiges chez les graminoides arctiques (Mattheis et al. 1976), le broutement

chronique pourrait éventuellement conduire à une réduction de la densité des tiges et de la production en générale (Beaulieu et al. 1996, Gauthier et al. 1996b).

Le broutement par les oies a d'ailleurs un effet à long terme sur la végétation à l'île Bylot. En l'absence de broutement par les oies pour une période prolongée (5 ans), les résultats préliminaires montrent des changements dans la composition floristique ainsi qu'une augmentation de la biomasse végétale dans les parcelles protégées à l'île Bylot (Gauthier et al. 1996b). À long terme, l'exclusion des oies des milieux humides favorise la prolifération d'*Eriophorum scheuchzeri* (55 % de la biomasse), espèce végétale caractérisée par une qualité nutritive supérieure à *Dupontia fisheri* (Manseau et Gauthier 1993). *Dupontia fisheri* est normalement dominante dans les sites broutés par les oies (63 % de la biomasse; Gauthier et al. 1996b). Par contre, la biomasse d'*Eriophorum scheuchzeri*, la plante préférée des oies (Gauthier et al. 1995), était trois fois supérieure dans les sites protégés du broutement par les oies depuis cinq ans que dans les sites protégés seulement pour l'année en cours (respectivement 23 g/m² versus 8 g/m²; Gauthier et al. 1996b) et le nombre de tiges y était de deux fois supérieure (2048 versus 1081 tiges/m²; Gauthier et al. 1996b). Par conséquent, de par l'action du broutement (printanier et estival), les oies contribuent aux changements des communautés végétales en place. Bien qu'à court terme le broutement augmente la qualité nutritive des plantes (Gauthier et al. 1995), à long terme la diminution de la biomasse végétale et la raréfaction d'une végétation riche en éléments nutritifs (*Eriophorum scheuchzeri*) contribuent à la réduction de la qualité générale des habitats humides de l'île Bylot en tant que lieux d'alimentation pour les oies.

1.2.2. Réponses de la Grande Oie des neiges à la diminution des ressources végétales à l'île Bylot

Bien qu'aucun dommage important n'a été noté jusqu'à maintenant dans les habitats humides de l'île Bylot, une dégradation de la condition des jeunes (poids et taille) a toutefois été mesurée à l'automne sur des oiseaux récoltés à la chasse dans l'estuaire du Saint-Laurent (Reed et Plante 1997). Ces auteurs suggèrent que cette situation pourrait être reliée aux changements de

conditions sur les sites d'élevage des jeunes dans l'Arctique, c'est-à-dire à une diminution de la disponibilité des ressources végétales per capita suite à l'augmentation de la population. Cependant, malgré un déclin à long terme de la condition des oies à l'automne dû, semble-t-il, à une diminution des ressources végétales, aucune réduction du taux de survie des oisons n'a été mesurée jusqu'à maintenant. À l'île Bylot, le suivie annuel (de 1990 à 1997) du poids et de la taille des jeunes avant l'envol n'a pu démontré la diminution de croissance observée par Reed et Plante (1997). Cependant, cette incapacité à détecter un déclin à long terme de la croissance des oisons à l'île Bylot pourrait être reliée à la grande variabilité dans la croissance (étroitement associée aux conditions climatiques annuelles et la densité des couvées) et le peu d'années d'étude (8 ans) comparativement aux travaux de Reed et Plante (1997) (Giroux et al. 1998b).

Il a été observé que vers la fin de l'été, les oies quittent les habitats préférés (régions de lacs et d'étangs où les plantes les plus digestibles sont plus abondantes) pour se diriger vers des milieux de moindre qualité (plantes peu digestibles, peu de plans d'eau; Hughes et al. 1994a). Puisque les conditions d'alimentation rencontrées par les oisons durant l'été peuvent considérablement affecter leur croissance et par conséquent leur survie (Larsson and Forslund 1991, Cooch et al. 1993, Lindholm et al. 1994, Lepage et al. 1998), ce changement d'habitat peut être néfaste pour ces individus. En fait, ce mouvement pourrait être notamment lié à une réduction importante des ressources alimentaires dans les habitats préférentiels, dû à une sur-utilisation du milieu (Hughes et al. 1994a).

À ce point, il semble que pour la population de la Grande Oie des neiges de l'île Bylot, un des principaux facteurs de régulation de la population est la disponibilité des ressources végétales. La production des milieux humides de l'Arctique à dominance de graminoides (entre 20 et 100 g/m²; Gauthier et al. 1996b), bien que parmi les écosystèmes les plus productifs de ces régions nordiques, est plutôt modeste comparativement aux écosystèmes tempérés (e.g. forêt boréale, 800 g/m²; marais et étangs, 2000 g/m²; Shay 1981). En effet, dans les milieux nordiques, la production des plantes est limitée par certains facteurs dont la courte saison de croissance, les températures peu élevées, la disponibilité restreinte en minéraux et les intensités lumineuses faibles (Archer et Tieszen 1980). La production primaire aérienne nette à l'île Bylot, avec 20 à 35 g/m², se retrouve

quant à elle à la limite inférieure des valeurs de production obtenues pour les autres communautés de graminoides de l'Arctique (Gauthier et al. 1996b). Le modèle proposé par Oksanen et al. (1981) suggère que dans un environnement ayant une faible productivité primaire (i.e. entre 50 et 150 g/m²), la densité d'herbivores est trop peu importante pour permettre le maintien d'une population de prédateurs capable de réguler ces herbivores. Par conséquent, les herbivores seraient alors contrôlés par les ressources végétales disponibles, d'où un impact considérable du broutement sur la végétation. Ceci tend donc à appuyer l'idée que les ressources alimentaires des habitats estivaux des oies pourraient représenter une limite éventuelle à l'expansion des populations d'oies, d'où l'importance d'étudier et de comprendre les relations existant entre ces milieux nordiques et les populations d'herbivores qui les utilisent.

1.3. La capacité de support : un outil dans l'aménagement de la faune

Jusque dans les années '60, l'aménagement de la faune portait essentiellement sur les espèces animales (surtout les ongulés) chassées par l'Homme. Le but premier de cette forme d'aménagement était bien sûr d'obtenir le maximum d'individus pouvant être récolté par les chasseurs. De nouvelles perspectives ont ensuite émergées dans les années '70 (Robinson et Bolen 1984). Les aménagistes de la faune sont aujourd'hui appelés à tenir compte autant des prédateurs, des oiseaux, des petits animaux à fourrure et des vertébrés nuisibles que des espèces chassées par l'humain dans l'aménagement des populations animales (Bailey 1984). L'aménagement de la faune est l'art de fournir des habitats produisant des populations animales de qualité (Bailey 1984). L'évaluation de la qualité des habitats pour la faune s'intègre d'ailleurs de plus en plus aux politiques d'aménagement des habitats pour les populations animales (Hobbs et Hanley 1990). Avec la destruction et la dégradation des milieux naturels, il est devenu primordial de déterminer si les habitats fréquentés par les différentes espèces animales sont en mesure de combler les besoins de ces dernières tant pour la reproduction que l'alimentation. Une façon d'évaluer la qualité d'un habitat pour une population animale est d'en déterminer la capacité de support.

1.3.1. Les multiples définitions de la capacité de support

Le terme “capacité de support”, bien qu’établi depuis longtemps dans le vocabulaire des aménagistes de la faune (Edwards et Fowle 1955), est cependant souvent utilisé inadéquatement prenant même une signification différente selon son utilisation (Dasmann 1981, Bailey 1984, MacNab 1985).

La capacité de support “écologique” d’un milieu défini par Caughley (1976) (ou K , capacité de support; McNab 1985), est déterminée par la quantité de ressources disponible pour l’animal (Dasmann 1981). Le but recherché en maintenant une population à la capacité de support écologique d’un milieu est généralement de favoriser l’intégrité des écosystèmes présents. Dans ce système, les individus d’une population peuvent obtenir assez de nourriture pour survivre mais insuffisamment pour être en bonne santé et montrer un taux de croissance et de fécondité optimal (Dasmann 1981). Par conséquent, le taux de reproduction est faible et la mortalité des individus est élevée. La capacité de support écologique se caractérise par un certain équilibre entre l’animal et ses ressources ce qui correspond à la partie supérieure de la courbe du modèle logistique des populations (Figure 2). Ce modèle de base en biologie des populations animales a d’abord été proposé par Verhulst en 1838, pour être ensuite repris par Pearl et Reed en 1920 (cités dans Dajoz 1975). Selon ce modèle, une population animale connaît généralement une légère augmentation de son effectif suite à son introduction dans un nouveau milieu, suivi d’une augmentation exponentielle, pour se terminer habituellement par l’atteinte d’un plateau représentant une stabilité entre la population animale et son milieu.

Toujours selon cette courbe sigmoïde, la région située autour du point d’inflexion (ou $K/2$) est définie comme étant la capacité de support “économique” par Caughley (1976). Une population près de ce niveau peut obtenir suffisamment de nourriture et autres ressources nécessaires à sa survie. La densité d’individus à la capacité de support économique assure la perpétuité d’une population en bonne santé, où la condition des individus est quasi maximale et où la reproduction et la résistance à la mortalité naturelle sont très élevées. Une récolte d’individus

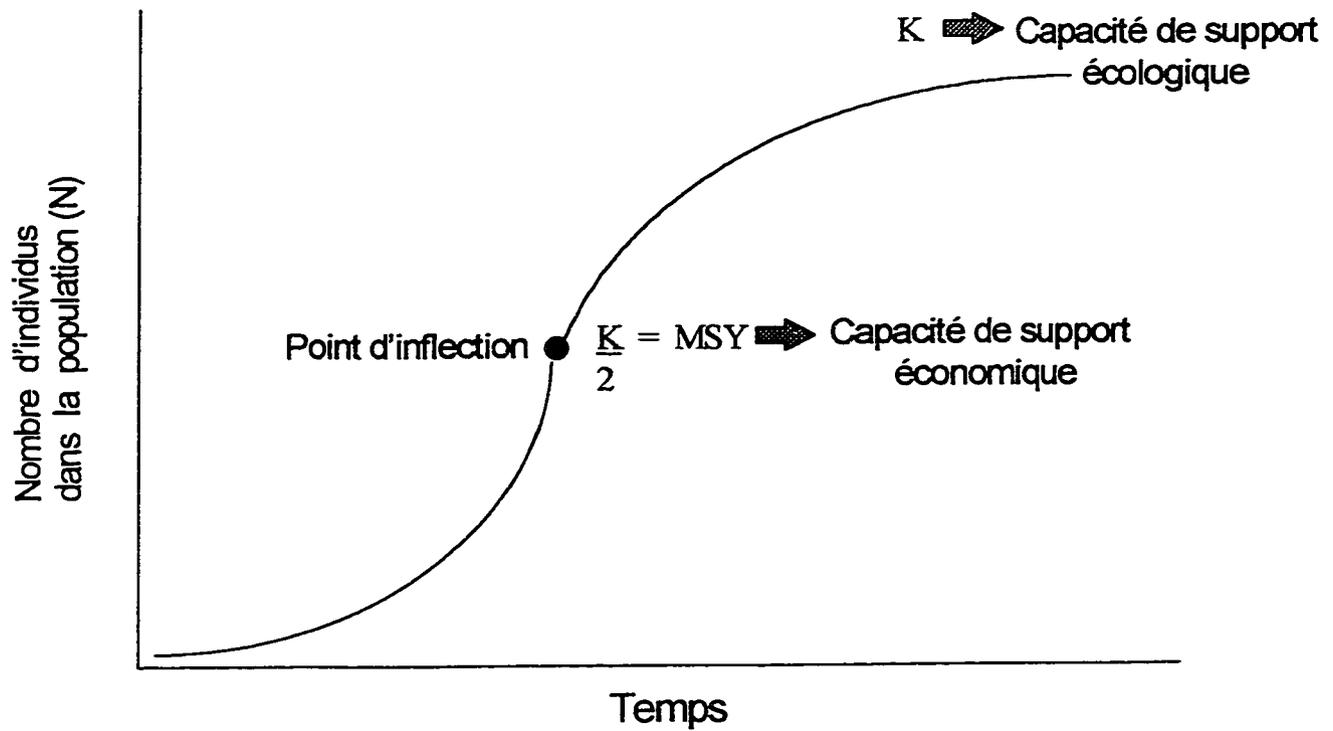


Figure 2: Capacité de support écologique (K) et capacité de support économique (K/2 ou MSY) en relation avec la courbe sigmoïde des populations animales (d'après Dasmann 1981 et Bailey 1984).

est cependant nécessaire pour maintenir une population à ce niveau puisque naturellement, une population n'y reste pas. Le nombre d'individus pouvant être récolté est à son maximum à ce point puisque la croissance de la population y est maximale (Dasmann 1981, Bailey 1984, Begon et al. 1990). Quoique que, de façon générale, l'habitat où vit la population est alors en excellente condition, il peut tout de même montrer certains signes de dégradation mineurs (Bailey 1984). Bien qu'à première vue la définition de la capacité de support économique peut sembler contradictoire, ce terme est toutefois employé couramment en gestion des aires de pâturages (range management) où l'objectif principal est souvent d'obtenir le maximum d'animaux pouvant être récolté de façon durable. Puisque ces gestionnaires désirent obtenir des animaux dans les meilleures conditions, pour eux, une population à la capacité de support d'un habitat a nécessairement suffisamment de nourriture de telle sorte que la mortalité due à la malnutrition ou les maladies soit minimisée. Ce niveau n'est définitivement pas le niveau K mais plutôt le niveau représentant le MSY (Maximum sustainable yield; Caughley 1976, Dasmann 1981, Bailey 1984).

Il apparaît donc évident que lorsque la capacité de support d'un milieu doit être déterminée, il est essentiel de préciser la qualité de la population animale que les politiques d'aménagement visent. En aménagement de la faune, une population animale qui est à la capacité de support d'un milieu implique qu'il n'y ait pas de destruction progressive et continue des habitats, et ceci afin d'assurer un aménagement durable de la population (Bailey 1984). Ainsi, dans le cadre de ce projet, la capacité de support se définit comme étant le nombre maximum d'individus qu'un milieu peut supporter sans dégradation majeure de ses habitats donc à un niveau d'individus situé entre la capacité de support économique et la capacité de support écologique d'un milieu donné.

1.4. But et objectifs de l'étude

Depuis le début des travaux de recherche sur les relations entre les oies et leur habitat menés à l'île Bylot (1989), aucune étude sur les habitats humides n'avait été effectuée à l'extérieur de la région d'étude principale (la Vallée des Oies qui représente seulement 4 % de la superficie totale de la plaine sud de l'île). Toutefois, avec l'accroissement considérable de la population de la Grande Oie des neiges et puisque l'île Bylot sera éventuellement un parc national, il est devenu nécessaire d'entreprendre des études plus exhaustives des différents habitats d'élevage utilisés par cette population pour l'ensemble de l'île. Dans le but de comprendre l'impact des oies sur le milieu et l'habitat lui-même, il est primordial de mieux connaître, de décrire et de comparer les différents types d'habitats et les sites utilisés durant la période d'élevage des jeunes de la Grande Oie des neiges nichant à l'île Bylot.

Le but principal de ce projet était cependant d'estimer la capacité de support des différents écosystèmes humides utilisés par la Grande Oie des neiges nichant à l'île Bylot. Il existe presque autant de méthodes pour déterminer la capacité de support d'un milieu qu'il existe de définitions pour ce terme. Cependant, en aménagement de la faune, la méthode la plus courante consiste à comparer les besoins de l'animal (éléments nutritifs, biomasse sèche, énergie, etc) avec les ressources alimentaires disponibles (voir Hobbs et al. 1982, Potvin et Huot 1983, Crête 1989, Hobbs et Swift 1985, McCall et al. 1997). Cette approche a été utilisée dans le cadre de cette étude. Plus spécifiquement les objectifs étaient de:

- 1) caractériser et cartographier les différents écosystèmes humides de l'île Bylot;
- 2) estimer la production des plantes vasculaires (*Eriophorum* spp. *Carex* spp. et Graminae) caractéristiques de ces écosystèmes;
- 3) comparer les ressources végétales totales avec l'estimation des besoins alimentaires de la population d'oies actuelle; et
- 4) valider cette estimation en comparant la quantité de biomasse végétale consommée par les oies prédite avec l'intensité de broutement des plantes vasculaires mesurée à plusieurs sites.

DEUXIÈME CHAPITRE

DESCRIPTION ET CARACTÉRISATION DES ÉCOSYSTÈMES HUMIDES UTILISÉS PAR LA GRANDE OIE DES NEIGES NICHANT À L'ÎLE BYLOT (Nunavut, Canada)

RÉSUMÉ

Jusqu'à maintenant, les relations entre les oies et les habitats humides à l'île Bylot ont été très peu étudiées à l'extérieur de la région d'étude principale (Vallée des Oies) qui représente seulement 4 % de la superficie totale de la plaine sud de l'île. Avec l'accroissement considérable de la population de la Grande Oie des neiges et puisque l'île Bylot sera éventuellement un parc national, il est devenu nécessaire d'entreprendre des études plus exhaustives des différents habitats d'élevage utilisés par les oies. Pour ce faire, les différents écosystèmes humides de la plaine sud de l'île Bylot ont été cartographiés et caractérisés, la biomasse aérienne et l'intensité de broutement des plantes vasculaires ont été mesurées et comparées en 1996 et 1997 à différents sites et ce, pour cinq types d'habitats humides.

Bien que l'habitat *polygone avec canaux* présente une biomasse végétale nettement plus élevée que les autres milieux humides, les habitats *coulée en terrain plat* et *polygone humide* sont ceux où la couverture végétale et la superficie de l'habitat sont les plus importantes. Les *coulées en terrain plat* et les *polygones humides* sont d'ailleurs les habitats fournissant la quasi totalité de la biomasse végétale consommée par les oies. Ainsi, un site offrant une grande quantité de ces habitats procure de meilleures conditions d'alimentation pour les oies. Ces habitats se retrouvent surtout sur les sites Glaciers, Rivière Pointe Dufour, Camp Secondaire et Vallée des Oies.

La présence de plans d'eau comme refuges et les dépenses énergétiques des oies reliées à la recherche de nourriture et aux déplacements d'un endroit à l'autre à l'intérieur d'un même site devront être considérées dans l'éventuelle détermination de la qualité générale de chacune de ces concentrations de milieux humides pour les oies et leur couvée.

INTRODUCTION

L'île Bylot est le principal site de nidification de la Grande Oie des neiges nichant dans le Haut-Arctique canadien. Plus précisément, c'est la plaine sud de l'île (1 600 km²) qui accueille des milliers d'oies chaque été. Tout comme la population mondiale de la Grande Oie des neiges, la population de l'île Bylot a aussi augmenté ces dernières années passant d'un peu plus de 52 000 individus en 1983 à près de 156 000 en 1993 (Reed et Chagnon 1987, Gauthier et al. 1996b, Reed et al. 1998). À cet endroit, les oies se nourrissent principalement dans les milieux humides à dominance de cypéracées et de graminées (Hughes et al. 1994a, Gauthier et al. 1996b). Les habitats humides se retrouvent en concentration plus ou moins grandes dans les basses terres de la plaine sud de l'île. Ces concentrations de milieux humides sont caractérisées par une densité d'oies les fréquentant variant de moyenne à élevée durant la période d'élevage des jeunes (Reed et al. 1992).

Depuis le début des travaux de recherche menés à l'île Bylot (1989), aucune étude sur les relations entre les oies et les habitats humides n'avait été effectuée à l'extérieur de la région d'étude principale (Vallée des Oies) qui représente seulement 4 % de la superficie totale de la plaine sud de l'île Bylot. Toutefois, avec l'accroissement considérable de la population de la Grande Oie des neiges et puisque l'île Bylot deviendra éventuellement un parc national, il s'avère aujourd'hui essentiel d'entreprendre des études plus exhaustives sur les différents habitats d'élevage utilisés par les oies, et ce pour l'ensemble de l'île. Ainsi, afin de comprendre l'écologie de ce milieu et l'impact des oies sur celui-ci, il est primordial de mieux connaître, de décrire et de comparer les différents types d'habitats et les sites (concentrations de milieux humides) utilisés lors de l'alimentation de la Grande Oie des neiges nichant à l'île Bylot. Spécifiquement, les objectifs étaient de:

- 1) cartographier et caractériser les différents écosystèmes humides de l'île Bylot; et
- 2) mesurer et comparer la production aérienne et l'intensité de broutement des plantes vasculaires (*Eriophorum* spp., *Carex* spp. et Graminae) entre les différents habitats humides utilisés pas les oies en 1996 et 1997.

SITE D'ÉTUDE

Cette étude a été réalisée sur la plaine sud de l'île Bylot (1 600 km²) située au Nunavut (Figure 1). La topographie de ce milieu est caractérisée par un relief peu élevé entrecoupé de plateaux s'élevant à près de 350 m au-dessus du niveau de la mer (quelques collines s'élèvent un peu plus haut; Zoltai et al. 1983). La zone d'étude fait partie de la grande région physiographique des Basses-Terres de l'Arctique constituée en majeure partie de grès et de shales peu consolidés datant des périodes géologiques du Crétacé-Tertiaire. Les matériaux de surface sont principalement constitués de dépôts glaciaires (till), de dépôts marins (sables fins à grossiers), de matière organique (tourbe) et de blocailles provenant de la roche-mère (Zoltai et al. 1983, Klassen 1993). Presque tous les milieux humides de l'île Bylot se retrouvent sur la région d'étude. Les chenaux d'eau de fonte des glaciers et de la neige, les polygones de toundra (tourbières) et plusieurs lacs et étangs peu profonds sont les principaux milieux humides retrouvés sur la plaine sud. Ces habitats sont caractérisés par des communautés végétales à dominance de cypéracées (*Carex aquatilis* var. *stans* Drej., *Eriophorum scheuchzeri* Hoppe, *Eriophorum angustifolium* Honk) et de graminées (*Dupontia fisheri* R. Br., *Arctagrostis latifolia* (R.Br.) Griseb et *Pleuropogon sabinei* R. Br). Ces communautés végétales sont d'un grand intérêt puisqu'elles supportent un nombre important d'oies s'alimentant à l'île Bylot (Zoltai et al. 1983, Gauthier et al. 1996b).

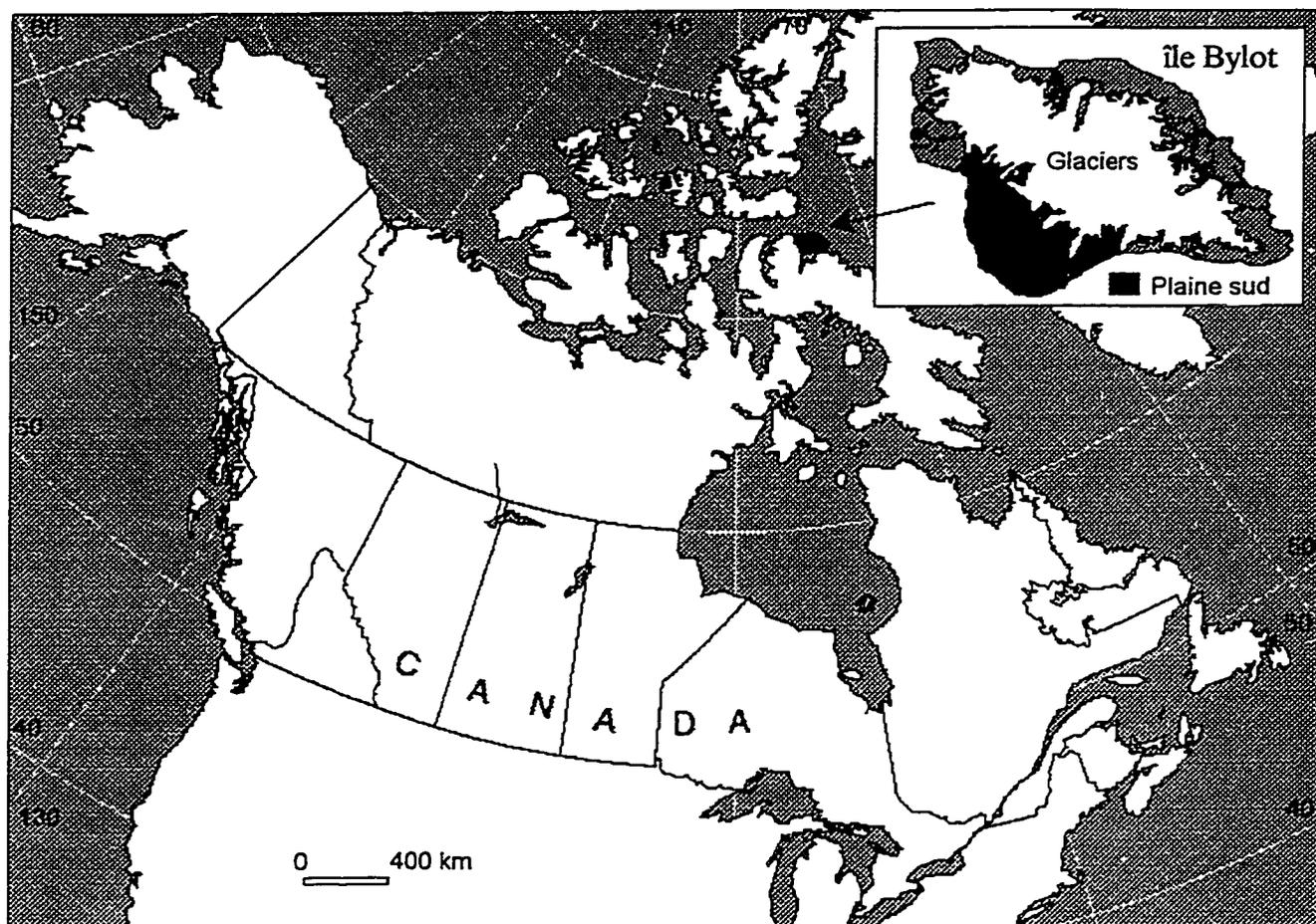


Figure 1: Localisation de la région à l'étude, la plaine sud de l'île Bylot.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Caractérisation et cartographie des milieux humides

Selon les études de Hughes et al. (1994a) et de Poulin, Rochefort et Allard (données non-publiées), cinq types d'habitats humides jugés importants pour l'alimentation des oies durant la période d'élevage des jeunes, ont été retenus (Tableau 1).

Tableau 1: Description morphométrique des différents types d'habitats humides retrouvés sur la plaine sud de l'île Bylot.

Type d'habitat	Description
Polygone humide (PH)	Polygone à centre concave. Le centre est humide et recouvert par les plantes vasculaires consommées par les oies (graminées et cypéracées). Le pourtour du polygone est généralement constitué d'un bourrelet surélevé et sec. Ce bourrelet est formé par l'action du gel-dégel des coins de glace encore actifs.
Polygone avec canaux (PC)	Généralement un polygone à centre convexe ou plat mais peut aussi être à centre concave. Des canaux étroits à marges abruptes localisés entre les polygones caractérisent ce type d'habitat. Ces canaux sont formés par l'expansion et la dégradation des coins de glace. Présence d'eau en permanence dans les canaux. La proportion de l'habitat recouvert par la végétation consommée par les oies représente une mince bande localisée en marge des canaux, en contact avec l'eau.
Polygone lac (PL)	Polygone à centre concave profond. Le centre représente un plan d'eau pouvant aller jusqu'à 3 m de profondeur. La proportion de l'habitat recouvert par la végétation consommée par les oies représente une mince bande localisée au pourtour du plan d'eau.
Coulée (CO)	Milieu caractérisé par une circulation d'eau. Sur un terrain en pente (<i>coulée en pente</i>), cet habitat représente une bande de végétation de chaque côté d'un ruisseau permanent ou saisonnier (à la fonte des neiges). Sur un terrain plat (<i>coulée en terrain plat</i>), cet habitat se transforme en cours d'eau multiples (chenaux d'eau de fonte) inondant le territoire et formant des prairies humides extensives. Les rivières caractérisées par un réseaux de chenaux anastomosés (alluvions) n'ont pas été incluses dans cette étude.
Lac (L)	Habitat caractérisé par une bande de végétation en pourtour du plan d'eau (2 m). Présence de roches éparées sur les rives à l'occasion. Cet habitat se différencie des <i>polygones lacs</i> par un plan d'eau d'une plus grande superficie et d'une plus grande profondeur ainsi que par le fait que l'on ne retrouve jamais les lacs en patron coalescent tel que pour les <i>polygones lacs</i> .

Suite à une photo-interprétation détaillée de la plaine sud de l'île Bylot, un total de neuf sites caractérisés par une densité importante d'habitats humides ont été identifiés à partir de photos aériennes noir et blanc 1:60 000 (Figure 2 et Tableau 2). Ces neuf sites représentent toutes les zones importantes de milieux humides sur l'île. Les limites géographiques de chacun de ces sites ont été établies selon certains critères; continuité relative des milieux humides à l'étude (e.g. deux concentrations de milieux humides rapprochées de moins de 5 km l'une de l'autre étaient

considérées comme un seul site), niveau de fréquentation par les oies (Reed et al. 1992) et les conditions environnementales (substrat, topographie générale; Klassen 1993, Zoltai et al. 1983). La photo-interprétation de chacun des types d'habitats présent aux différents sites a été effectuée à partir de photos aériennes noir et blanc 1:13 000 (approximatif) et 1:60 000 (approximatif) et validée à différents endroits sur le terrain en 1997.

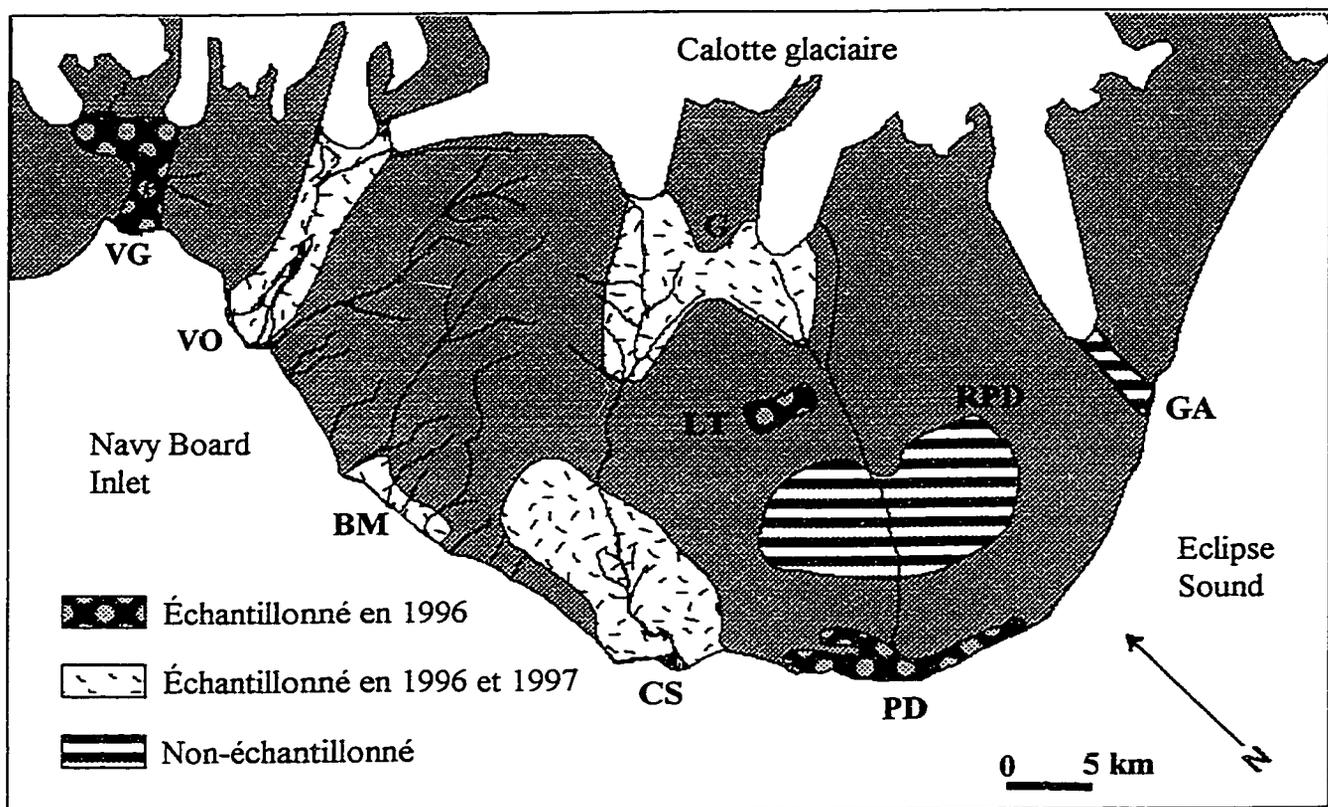


Figure 2: Localisation et limites approximatives des sites (i.e. toutes les grandes concentrations de milieux humides de l'île) échantillonnés en 1996, en 1996-97 et non-échantillonnés. VG = Vallée des Glaciers, VO = Vallée des Oies, BM = Bord de Mer, CS = Camp Secondaire, LT = Lacs en Toundra, RPD = Rivière Pointe Dufour, PD = Pointe Dufour, GA = Glacier Aktineq, G = Glaciers.

Tableau 2: Description géomorphologique des différents sites de milieux humides recensés sur la plaine sud de l'île Bylot.

Site, abbreviation et localisation	Description ¹
Camp Secondaire (CS) †† (72°54' N, 79°57' W)	Dépôts d'origine glaciaire (till) laissés par une calotte glaciaire régionale (glaciation d'Eclipse). Sables argileux et diamictons sableux de 1 à 2 m d'épaisseur au-dessus de la roche-mère (grès). Accumulation de matière organique (tourbe) caractérisée par des champs de polygones de toundra.
Lacs en Toundra (LT) † (72°52' N, 79°28' W)	
Rivière Pointe Dufour (RPD) (72°47' N, 79°19' W)	
Vallée des Oies (VO) †† (73°08' N, 79°58' W)	Dépôts éoliens extensifs bien triés (sables grossiers à fins) de 2 m d'épaisseur en moyenne au-dessus de la roche-mère (grès). Ces dépôts sont inter-stratifiés avec du matériel organique (tourbe) et une mince couche de matériaux fluvioglaciers (sable). Surface bien végétée (accumulation de matière organique) caractérisée par des champs de polygones de toundra. Un cours d'eau d'épandage fluvioglacière est alimenté par les glaciers de montagnes et forme des chenaux anastomosés et des terrasses jusqu'à la mer (Navy Board Inlet ou Eclis Sound).
Vallée des Glaciers (VG) † (73°14' N, 80°06' W)	
Glacier Aktineq (GA) (78°50' N, 72°52' W)	
Pointe Dufour (PD) † (72°47' N, 79°50' W)	Dépôts littoraux constitués de sables grossiers, de graviers et de roches. Ces dépôts ont de 1 à 5 m d'épaisseur au-dessus de la roche-mère (grès) selon les endroits et sont reliés à deux périodes de niveaux marins relatifs plus élevés. Végétation éparse. Accumulation de matière organique (tourbe) caractérisée par des champs de polygones de toundra.
Bord de Mer (BM) †† (73°01' N, 80°06' W)	
Glaciers (G) †† (73°02' N, 79°29' W)	Dépôts d'origine glaciaire (till) de 5 à >10 m d'épaisseur au-dessus de la roche-mère (grès) laissés par les glaciers locaux. Dépôts glaciaires de contact peu triés (graviers et roches graveleuses). Déposés ou retravaillés par la glace et l'eau à la marge du glacier. Caractérisés par des crêtes morainiques et des chenaux d'eau de fonte marquant la position des glaciers locaux.

¹ Tiré de Klassen (1993) et Zoltai et al. (1983)

† † Sites échantillonnés en 1996 et 1997.

† Sites échantillonnés en 1996 seulement.

Les sites RPD et GA n'ont pas été échantillonnés.

À partir des photos aériennes, la superficie des habitats *coulée en terrain plat*, *polygone humide*, *polygone avec canaux*, *polygone lac* et *lac* a été mesurée avec un planimètre digital PLANIX7 alors que la superficie des habitats *coulée en pente* et *lac* (pour le périmètre) a été mesurée avec un curvimètre à chacun des sites. Puisque chaque polygone ainsi que certaines *coulées en terrain plat* n'ont pu être mesurés individuellement sur les photos aériennes, ces habitats ont été regroupés en parcelles d'habitats semblables lors de la photo-interprétation et la superficie de chacune de ces parcelles a été déterminée. À l'occasion, certaines parcelles pouvaient contenir plusieurs types d'habitats (ex: une mosaïque de *polygones lacs* et de *polygones humides* entremêlés), une estimation relative de la superficie de chacun des types d'habitats présent dans la parcelle a été alors nécessaire. Cette estimation a été effectuée visuellement par rapport à la superficie totale de la parcelle à partir de photos aériennes. La superficie des *coulées en pente* retrouvées à l'extérieur des sites de milieux humides été estimée en appliquant le pourcentage de recouvrement moyen de cet habitat mesuré pour les neuf sites à l'ensemble de la plaine sud de l'île (excluant la superficie des neuf sites et les hauts plateaux sédimentaires dénudés de végétation). La superficie des autres types d'habitats humides retrouvés de façon isolée à l'extérieur des sites n'a pas été mesurée dans le cadre de cette étude.

Les superficies estimées précédemment incluait cependant des parties sèches (ex: bourrelets pour les polygones concaves) ainsi que des superficies correspondant à de l'eau profonde (pour les *polygones avec canaux*, les *polygones lacs* et les *lacs*) ou à de l'eau en circulation (pour les *coulées*) peu propices à l'établissement des plantes à l'étude. Afin d'obtenir uniquement la proportion de la superficie de chacun des d'habitats qui est effectivement recouverte par la végétation consommée par les oies, la proportion de l'habitat constituant un milieu humide et la proportion de la partie humide de l'habitat recouverte par la végétation consommée par les oies ont été calculées (Annexe A). Ces calculs ont été basés sur des mesures prises sur le terrain (Tableau 3).

Tableau 3: Mesures utilisées afin d'estimer la proportion de l'habitat constituant un milieu humide et la proportion de la partie humide de l'habitat recouverte par la végétation consommée par les oies pour les différents types d'habitats humides à l'île Bylot. PH = polygone humide, PL = polygone lac, PC = polygone avec canaux, CO-pente = coulée en pente, CO-plat = coulée en terrain plat, L = lac.

Paramètre	Mesure utilisée	Habitat						
		PH	PL	PC	CO- pente	CO- plat	L	
Proportion de l'habitat constituant un milieu humide (BAI)	Largeur moyenne (m)	Bande de végétation (Lv) ¹		0.4	0.3			2.0
		Bourrelet d'un polygone (Lb) ²	2.1	2.2	2.0			
		Demi canal ($Lc/2$) ²			0.2			
		Coulée à la fonte des neiges (Li) ¹				4.0		
Proportion (%) de la superficie non-inondée en permanence ($%SI$) ¹					88.0			
Longueur moyenne (m)	Côté d'un polygone (B) ²	Côté d'un canal (BI) ²	14.0	10.6	12.3			
			9.0					
Nombre moyen de côtés	Polygone (nc) ²	Bordé par un canal (ca) ¹			13.0			
			5	5	5			
Proportion de la partie humide de l'habitat recouverte par la végétation consommée par les oies ($S2$) ¹		Ce paramètre a été estimé pour tous les habitats. Les résultats sont présentés dans le tableau 5.						

¹ Mesuré sur le terrain en 1997

² Tiré des études de Poulin, Rochefort et Allard (données non-publiées)

La largeur de la bande de végétation humide, qui représente la distance entre la limite du plan d'eau (étang, lac ou canal) et la limite supérieure des plantes vasculaires hygrophiles, a été déterminée avec une chaîne à mesurer ($n = 27$ /habitat). La largeur des ruisseaux à la fonte des neiges a aussi été mesurée avec une chaîne à mesurer ($n = 48$). Cette largeur correspond au lit d'inondation de chaque côté de la coulée au printemps et a été identifiée grâce à la limite de la végétation tolérante à une période d'inondation saisonnière. La superficie totale de l'habitat *coulée*

en pente incluait la superficie inondée de façon saisonnière et la superficie inondée de façon permanente (i.e. le lit du ruisseau en été). Le pourcentage de l'habitat constituant un milieu humide (i.e. non-inondé de façon permanente) a été estimé visuellement à l'aide de transects (1 m x largeur inondée; n = 48) disposés perpendiculairement à la pente. Le nombre de côtés des *polygones avec canaux* a été évalué en comptant le nombre de côtés du polygone qui était bordé par un canal avec de l'eau (n = 100). La proportion de la partie humide de l'habitat recouverte par la végétation consommée par les oies a été estimée visuellement à l'aide de transects disposés sur chacun des habitats (1 x 5 m, n = 9 /habitat). Les autres mesures utilisées et présentées à l'annexe A (apothème, périmètre du polygone, aire des bourrelets, etc) ont été obtenues mathématiquement à l'aide des mesures présentées dans le Tableau 3.

Phytomasse aérienne

La phytomasse aérienne des plantes vasculaires a été déterminée pour des zones non-broutées (exclos de 1 m²) et broutées (à proximité de l'exclos) lors des étés 1996 et 1997. Parmi les neuf sites identifiés, quatre ont été retenus pour l'échantillonnage selon leur diversité d'habitats et leur accessibilité. Pour chacun des quatre sites, trois à dix exclos fabriqués de broche à poulet ont été disposés aléatoirement sur chaque combinaison habitat/site à la fin de juin ou au début juillet (jusqu'au 9 juillet) dépendement de la fonte de la neige. Un nombre plus élevé d'exclos a été installé dans la Vallée des Oies (site d'étude principal) à cause de sa grande facilité d'accès. La biomasse végétale aérienne a été mesurée en récoltant des échantillons appariés (non-broutés et broutés) à la fin de l'été (6 au 16 août; date moyenne d'échantillonnage = 11 août) pour chaque combinaison habitat/site (bloc). La biomasse végétale aérienne à la mi-août dans les parcelles non-broutées est un bon indice de la production végétale totale durant l'été (Gauthier et al. 1995). Les échantillons étaient des carrés de tourbe de 20 x 20 cm. Au total, 216 carrés de tourbe (108 broutés et 108 non-broutés) ont été récoltés afin de déterminer la phytomasse aérienne des différents habitats sur chacun des sites échantillonnés durant les deux années d'étude. Les plantes vasculaires de chaque échantillon (*Eriophorum* spp., Graminae (principalement *DuPontia fisheri*) et *Carex* spp.) ont été coupées à la base de la tige, au-dessus du collet. La

biomasse aérienne inclue donc les feuilles, les tiges vertes et la base des tiges blanche enfouie dans la mousse. Les échantillons ont été ensuite placés au four à l'île Bylot et séchés à 50 °C pendant 24 à 36 heures. Les échantillons ont été séchés à nouveau à 50 °C et pesés à ± 0.001 g au laboratoire. Les données sont présentées en phytomasse sèche.

Intensité de broutement par les oies

L'intensité de broutement a été estimée pour 1996 et 1997 en comparant la biomasse végétale des zones broutées et non-broutées appariées, ainsi que par des comptes de fèces d'oies. Deux transects de 1 x 10 m ont été placés en début de saison (mi-juin) près des exclos de chaque combinaison habitat/site. Toutes les fèces d'oies présentes à l'intérieur des transects ont été retirées à ce moment. Les fèces retrouvées dans les transects ont été comptées (1996 et 1997) et les fèces individuelles ont été distinguées de celles en piles (1997 seulement) à la fin de la saison (vers le 11 août). Aucune distinction n'a été faite entre les fèces d'oies adultes et d'oisons, chacune comptant pour une seule fèce.

Un facteur de correction pour le nombre total de fèces compté dans les transects en 1996 a été déterminé afin de permettre la distinction entre les fèces d'oies en repos (retrouvées en piles surtout au pourtour des plans d'eau) et les fèces d'oies en alimentation (individuelle). Au total, 37 transects de fèces placés sur les habitats *polygone lac* et *lac* pour les quatre sites d'échantillonnage ont servi à déterminer ce facteur de correction. Ces deux habitats sont les plus utilisés par les oies comme aires de repos. En 1997, les piles de plus de cinq fèces ont été identifiées comme étant principalement des fèces d'oies en repos et les fèces de chaque pile ont été comptées individuellement. Les fèces retrouvées seules ont été comptées séparément. Le nombre de fèces retrouvées seules a été mis en relation avec le nombre de fèces total (individuelle et en piles) pour les habitats *polygone lac* et *lac* et analysé par une régression simple. L'équation de régression a été utilisée comme facteur de correction pour le nombre total de fèces compté dans les transects de ces deux habitats en 1996 (Annexe B). Seulement les transects ayant un nombre de fèces >50

ont été ajustés puisqu'en 1997 il a été estimé qu'en moyenne les transects avec des piles de fèces d'oies comptaient plus de 50 fèces au total.

Analyses statistiques

La phytomasse des sites non-broutés (exclus) et broutés par les oies, l'intensité de broutement par les oies et le nombre de fèces d'oies ont été analysés en relation avec l'habitat et l'année étudiés en utilisant une analyse de variance factorielle en blocs complets aléatoires de SAS Institute (1991). Les sites (G, VO, BM et CS) constituaient les blocs (conditions environnementales différentes). La moyenne des données obtenues pour chaque combinaison des facteurs (site, habitat et année) a été utilisée dans cette analyse de façon à obtenir un plan complet ($n = 40$). Les données manquantes pour certains habitats ont été estimées à partir de la grande moyenne de ces habitats pour chacune des années. Aucune transformation des données n'a été nécessaire afin de respecter la normalité et l'homogénéité des variances pour les variables phytomasse non-broutée et intensité de broutement. Une transformation de rang (test non-paramétrique) a été utilisée pour la variable fèce qui ne montrait aucune normalité et homogénéité des variances.

RÉSULTATS

Caractérisation et cartographie des milieux humides

La superficie totale des différents sites de milieux humides variait entre 9 et 116 km², le plus étendue étant le site Rivière Pointe Dufour tandis que le site Glacier Aktineq présentait la plus petite surface (Tableau 4 et Figure 2). C'est sur le site Glaciers que la superficie totale des milieux humides était la plus importante, suivi des sites Camp Secondaire, Rivière Pointe Dufour et Vallée des Oies. Par contre, la densité des milieux humides (proportion du site en habitats humides) était

la plus élevée pour les sites Glaciers, Lacs en Toundra, Camp Secondaire, Vallée des Oies et Glacier Aktineq.

Tableau 4: Superficie totale des sites, superficie totale des habitats humides et proportion de la superficie des sites recouverte par des habitats humides pour les différents sites (concentrations de milieux humides) sur la plaine sud de l'île Bylot. CS = Camp Secondaire, LT = Lacs en Toundra, RPD = Rivière Pointe Dufour, PD = Pointe Dufour, BM = Bord de Mer, VG = Vallée des Glaciers, VO = Vallée des Oies, GA = Glacier Aktineq, G = Glaciers. Voir Figure 2 pour localisation des sites.

Site	Superficie totale (km ²)	Superficie totale des habitats humides (km ²)	Proportion en habitats humides (%)
CS	110	37	34
LT	10	6	60
RPD	116	28	24
PD	28	6	21
BM	15	4	27
VG	25	3	12
VO	56	19	32
GA	9	3	33
G	92	62	67

Les milieux humides des sites Vallée des Oies, Vallée des Glaciers et Bord de Mer sont surtout constitués des habitats *polygone humide*, *polygone avec canaux* et *polygone lac* (Figure 3). En plus des *polygones humides* et *avec canaux*, l'habitat *coulée en terrain plat* était également retrouvé de façon importante sur les sites Pointe Dufour, Rivière Pointe Dufour et Lacs en Toundra. Le site Rivière Pointe Dufour est également caractérisé par la présence de nombreux lacs tout comme les sites Camp Secondaire et Glaciers Aktineq. L'habitat *coulée en terrain plat* et *lac* étaient les habitats les plus abondants sur le site Glaciers formant 97 % des habitats humides retrouvés à cet endroit. L'habitat *coulée en pente* était peu abondant dans tous les sites (entre 1 et 5 %). Pour l'ensemble des sites, les *polygones humides* se retrouvent en plus grande quantité sur les sites Vallée des Oies, Camp Secondaire et Rivière Pointe Dufour alors que l'habitat *coulée en*

terrain plat se retrouve en quantité importante sur les sites Glaciers, Rivière Pointe Dufour et Camp Secondaire.

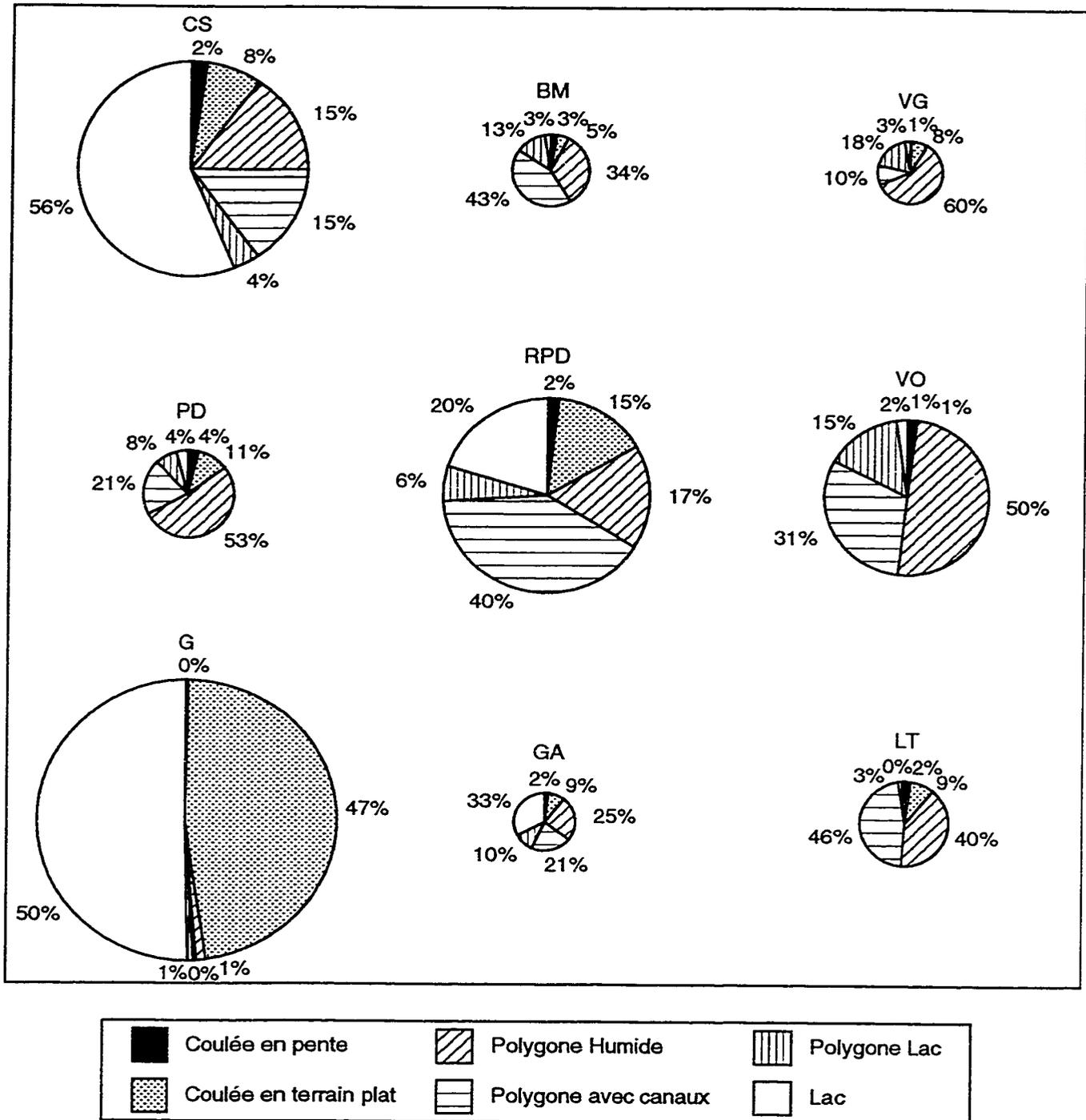


Figure 3 : Proportion des différents types d'habitats humides présents à chacun des sites de la plaine sud de l'île Bylot. CS = Camp Secondaire, BM = Bord de Mer, VG = Vallée des Glaciers, PD = Pointe Dufour, RPD = Rivière Pointe Dufour, VO = Vallée des Oies, G = Glaciers, GA = Glaciers Aktineq, LT = Lacs en Toundra. La dimension des diagrammes est proportionnelle à la quantité de milieux humides retrouvés sur les sites.

Les habitats *coulée en pente* et *coulée en terrain plat* étaient les milieux où la proportion de l'habitat constituant un milieu humide était la plus importante (Tableau 5). À l'opposé, la proportion humide des habitats *polygone avec canaux* et *polygone lac* était très faible soit respectivement 5 % et 7 %. Dans ces deux cas, la majeure partie de la superficie des habitats était occupée par de l'eau profonde ou des bourrelets secs. La proportion de la partie humide de l'habitat recouverte par les plantes vasculaires consommées par les oies variait entre 50 et 100 %, étant la plus élevée pour les habitats *coulée en terrain plat*, *polygone avec canaux* et *polygone lac* tandis qu'elle était la plus basse pour les *lacs*. Lorsque la proportion de l'habitat constituant un milieu humide était combinée avec la proportion de la partie humide de l'habitat recouverte par la végétation consommée par les oies, la proportion de l'habitat total (parties sèches, humides et inondées) recouvert par la végétation consommée par les oies était obtenue. Cette proportion était la plus élevée pour les *coulées (en pente et en terrain plat)* ainsi que pour les *polygones humides* et la plus faible pour les *polygones avec canaux* et les *polygones lacs*.

Tableau 5: Proportion de l'habitat constituant un milieu humide, proportion de la partie humide de l'habitat recouverte par la végétation consommée par les oies et proportion de l'habitat total (parties sèches, humides et inondées) recouvert par la végétation consommée par les oies pour les différents types d'habitats humides retrouvés sur la plaine sud de l'île Bylot. CO-pente = coulée en pente, CO-plat = coulée en terrain plat, PH = polygone humide, PC = polygone avec canaux, PL = polygone lac, L = lac.

Type d'habitat	Proportion de l'habitat constituant un milieu humide (%)	Proportion de la partie humide de l'habitat recouverte par la végétation consommée par les oies (%)	Proportion de l'habitat total recouvert par la végétation consommée par les oies (%)
CO-pente	100	90	90
CO-plat	95	100	95
PH	60	95	57
PC	5	100	5
PL	7	100	7
L	50	50	25

Phytomasse aérienne non-broutée

Pour tous les types d'habitats humides présents à chacun des sites d'échantillonnage, la phytomasse aérienne non-broutée des plantes graminoides à la fin de l'été était plus élevée en 1997 qu'en 1996 (Figure 4 et Tableau 6).

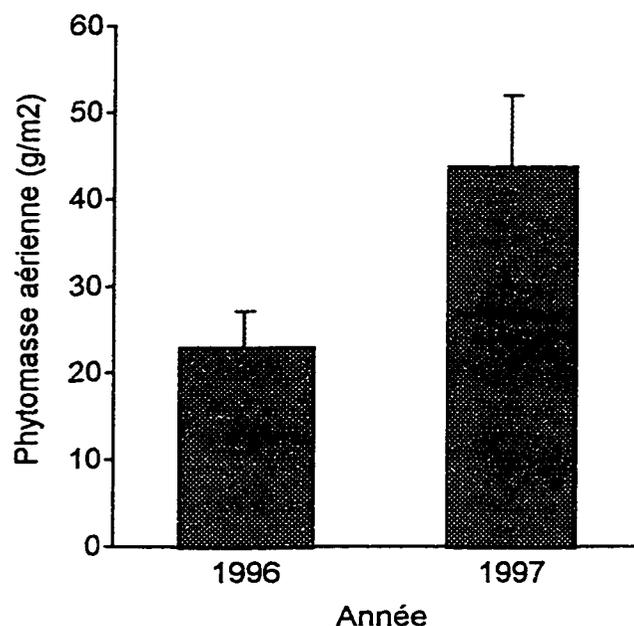


Figure 4: Phytomasse aérienne (g/m^2) des plantes graminoides (*Graminae*, *Eriophorum* spp. et *Carex aquatilis* var. *Stans*) à la fin de l'été dans les milieux humides de l'île Bylot, 1996 et 1997 (Moyenne \pm erreur type).

L'habitat le plus productif en terme de phytomasse aérienne de plantes graminoides était l'habitat *polygone avec canaux* avec 54 g/m^2 (46 g/m^2 en prenant la valeur ajustée selon Gauthier et al. 1995, i.e. seulement 1 cm de la base de la tige blanche est incluse) alors que les autres types de milieux humides présentaient une biomasse végétale semblable avec une moyenne générale de 28 g/m^2 (24 g/m^2 ; valeur ajustée)(Figure 5 et Tableau 6).

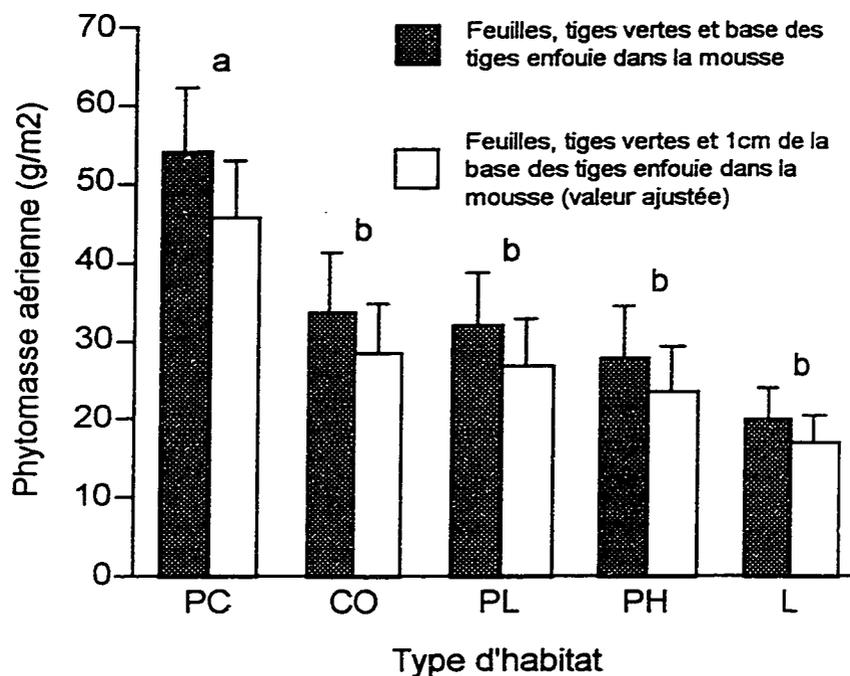


Figure 5: Phytomasse (g/m^2) des feuilles, des tiges vertes et de la base des tiges enfouie dans la mousse ainsi que des feuilles, des tiges vertes et 1 cm de la base des tiges enfouie dans la mousse (méthode de Gauthier et al. 1995) pour les plantes graminoides (*Graminae*, *Eriophorum* spp. et *Carex aquatilis* var. *Stans*) à la fin de l'été dans les milieux humides de l'île Bylot selon le type d'habitat, 1996-97. (Moyenne \pm erreur type). Les moyennes avec une lettre différente sont différentes statistiquement (test à posteriori de Waller Duncan). PC = polygone avec canaux, CO = coulée (en terrain plat et en pente), PL = polygone lac, PH = polygone humide, L = lac.

La phytomasse aérienne totale disponible dans les habitats humides (Figure 6) a été obtenue pour les différents sites en associant la phytomasse à la fin de l'été pour chacun des habitats (Figure 4) avec la superficie de ces habitats qui est recouverte par la végétation à l'étude (calculée à partir du tableau 3). Le site Glaciers est le site où la disponibilité de la phytomasse pour les oies était la plus importante suivi des sites Rivière Pointe Dufour, Vallée des Oies et Camp Secondaire. L'habitat *coulée en terrain plat* était l'habitat procurant la plus grande partie de la biomasse végétale disponible sur les sites Glaciers et Rivière Pointe Dufour, fournissant respectivement plus de 95 % et 50 % de la biomasse à ces endroits. La biomasse végétale disponible pour les oies sur les sites Vallée des Oies, Lacs en Toundra, Pointe Dufour, Bord de

Mer et Vallée des Glaciers provenait en grande partie de l'habitat *polygone humide*. Ce sont surtout les habitats *coulée en terrain plat* et *polygone humide* qui fournissaient la phytomasse aux oies sur le site du Camp Secondaire. Pour l'ensemble de l'île, les autres types d'habitats (*polygone lac*, *polygone avec canaux*, *coulée en pente* et *lac*) comptaient pour très peu dans la disponibilité de la phytomasse des plantes graminéoïdes consommées par les oies.

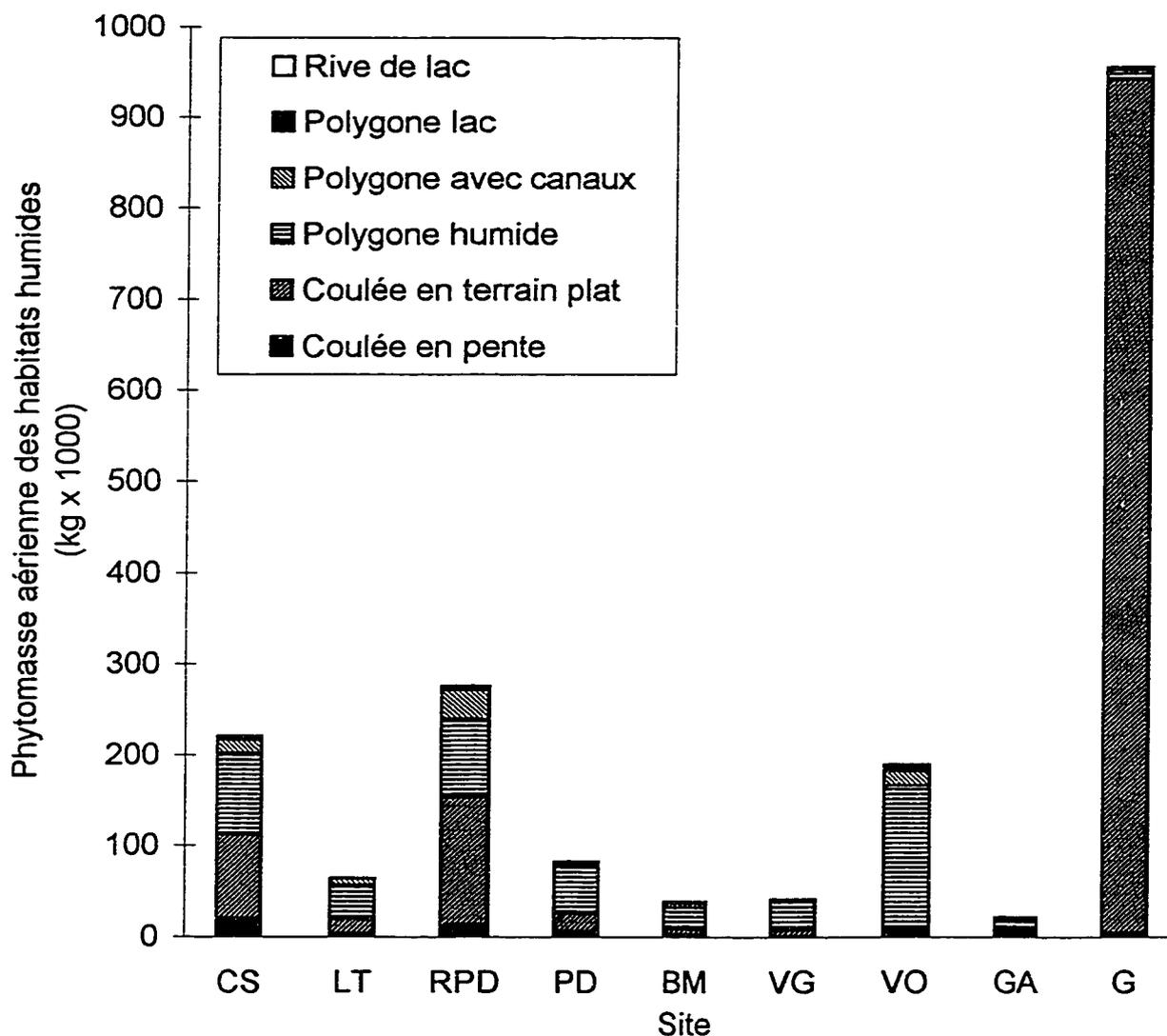


Figure 6: Phytomasse aérienne totale des cinq types d'habitats humides présents aux différents sites sur la plaine sud de l'île Bylot. CS = Camp Secondaire, LT = Lacs en Toundra, RPD = Rivière Pointe Dufour, BM = Bord de Mer, PD = Pointe Dufour, VG = Vallée des Glaciers, VO = Vallée des Oies, GA = Glacier Aktineq, G = Glaciers.

Intensité de broutement par les oies

La proportion de la phytomasse aérienne annuelle des plantes graminoides broutée par les oies ainsi que le nombre de fèces d'oies compté dans les différents milieux humides de l'île Bylot à chacun des sites étaient plus élevés en 1997 qu'en 1996 (Figure 7 et Tableau 6).

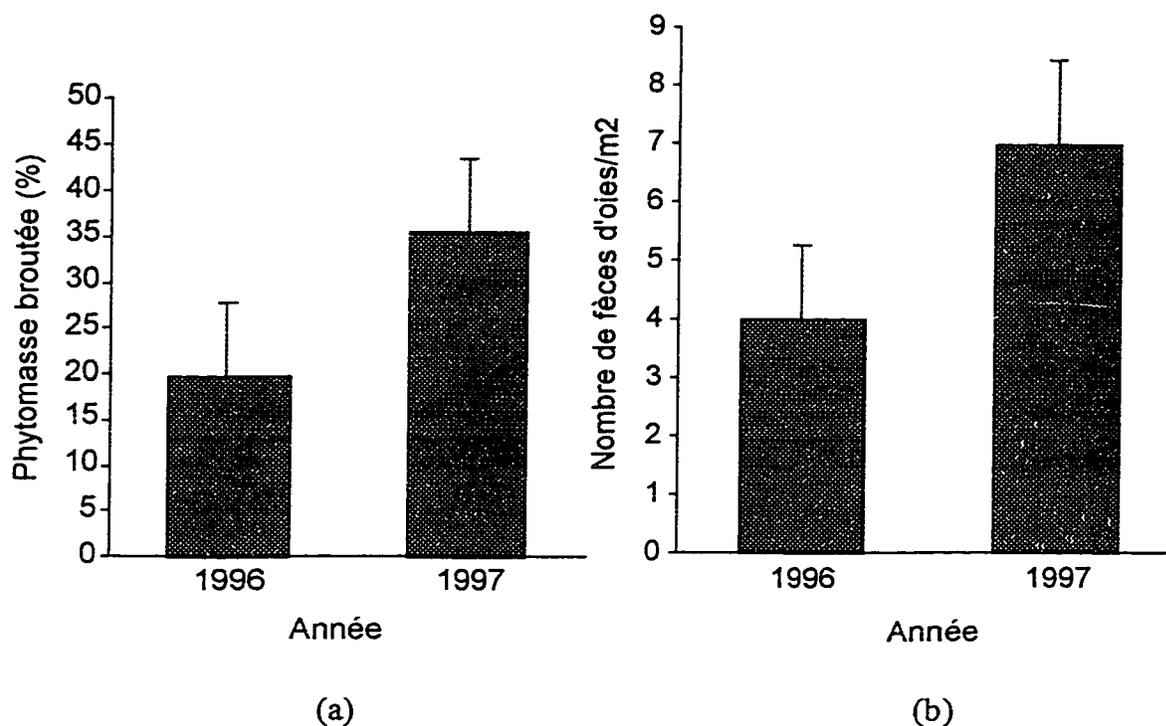


Figure 7: Intensité de broutement par les oies d'après (a) la proportion de la phytomasse des plantes graminoides broutée jusqu'à la mi-août et d'après (b) le nombre de fèces d'oies dans les milieux humides de l'île Bylot en 1996 et 1997 (Moyenne \pm erreur type).

La phytomasse aérienne annuelle des plantes graminoides était similaire pour tous les types d'habitats (Figure 8 et Tableau 6). Cependant, d'après les comptes de fèces d'oies à la fin de l'été, l'habitat *lac* a été le plus utilisé par les oies alors que les autres types d'habitat ont été utilisés en moindre importance.

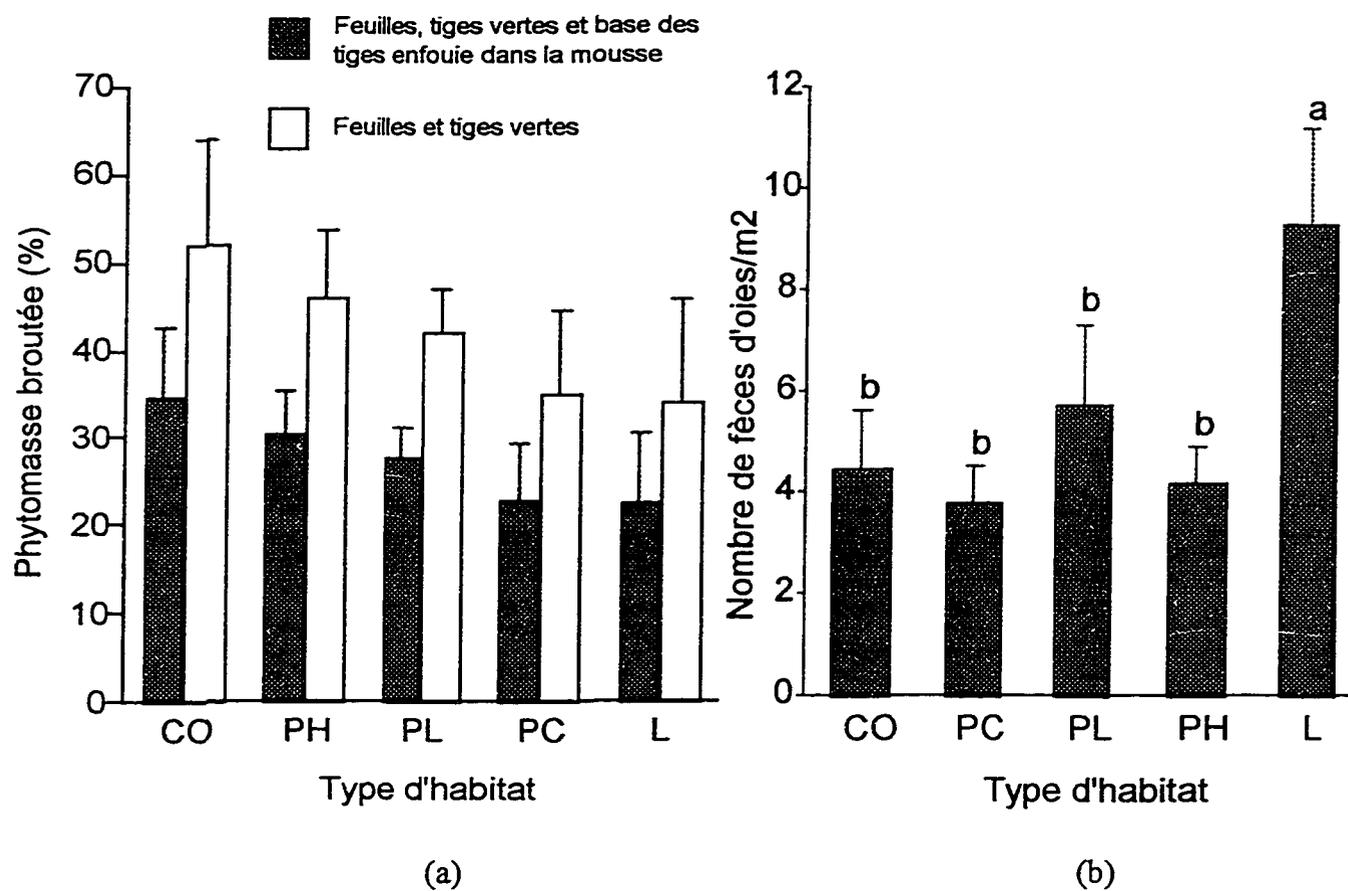


Figure 8: Intensité de broutement par les oies selon (a) la proportion de la phytomasse des feuilles, des tiges vertes et de la base des tiges enfouie dans la mousse ainsi que des feuilles et des tiges vertes de plantes graminéoïdes brotée par les oies jusqu'à la mi-août et (b) le nombre de fèces d'oies dans les différents types d'habitats humides de l'île Bylot, 1996-97 (Moyenne \pm erreur type). Les moyennes avec une lettre différente sont différentes statistiquement (test à posteriori de Waller Duncan). PC = polygone avec canaux, CO = coulée (plat et pente), PL = polygone lac, PH = polygone humide, L = lac.

Tableau 6. L'effet de l'habitat et de l'année sur la phytomasse non-broutée, la proportion de phytomasse broutée (%) et le nombre de fèces à la fin de l'été (11 août) dans les milieux humides de l'île Bylot. Analyse de la variance pour une expérience factorielle en blocs complets aléatoires. Valeurs de F et p, n = 40.

Source de variation	DF	Phytomasse non-broutée	% phytomasse broutée	Nombre de fèces
Site (bloc)	3	n.s.	n.s.	n.s.
Habitat	4	7.21***	0.85	3.66*
Année	1	25.10***	10.09**	16.46***
Habitat x année	4	1.95	1.70	1.34
Erreur	27			

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001.

DISCUSSION

Caractérisation et cartographie des milieux humides

Bien que les sites Rivière Pointe Dufour, Camp Secondaire, Glaciers et Vallée des Oies soient les endroits présentant une plus grande superficie totale et une quantité de milieux humides plus élevée, ces sites ne sont pas nécessairement les endroits où les habitats humides sont les plus concentrés. Toutefois, parmi les quatre sites retenus pour leur grande superficie (RPD, CS, G et VO), les sites Glaciers, Vallée des Oies et Camp Secondaire se retrouvent parmi les sites où les oies ont accès à une quantité importante d'habitats humides relativement concentrés sur le territoire. Toutefois, la proportion des habitats humides est appelée à varier selon les limites géographiques établies pour un site donné, lesquelles peuvent varier selon les critères utilisés pour délimiter ce site.

Le site Glaciers, qui est situé au pied de deux glaciers de montagne, est surtout constitué des habitats *coulée en terrain plat* et *lac* (97 % des habitats). Les coulées en terrain plat s'écoulent sur des matériaux de surface d'origine glaciaire (moraines) et autres formes de dépôts proximaux (en

marge des glaciers) marquant la limite de glaciers locaux autrefois plus étendus sur le territoire. Ces formes incluent des rides morainiques et d'anciens chenaux d'eau de fonte des glaciers (Klassen 1993). Aujourd'hui, l'eau de fonte annuelle provenant des plateaux plus élevés en périphérie du site empruntent ces chenaux surtout à la fonte des neiges, inondant le paysage durant une période de l'été. De plus, le site Glaciers est également marqué par la présence de nombreux lacs de dimensions variables. De nombreuses coulées bien végétées joignent ces lacs les uns aux autres permettant les échanges (éléments nutritifs, faune, etc) entre les lacs. Ce site se retrouve davantage en altitude (>300 m) et la fonte des neiges s'effectue par conséquent un peu plus lentement que pour les autres sites. Ceci pourrait expliquer l'importante superficie des coulées d'eau de fonte à cet endroit, et ce, tout au cours de l'été. Finalement, ayant été recouvert de glace pendant une période plus prolongée que les autres sites durant la dernière glaciation (Klassen 1993), le site Glaciers est donc plus récemment exposé au froid ce qui pourrait expliquer l'absence de polygone bien développé à cet endroit.

Les milieux humides les plus fréquents sur les autres sites sont les trois types de polygones, les *coulées en terrain plat* et les *lacs*. Les polygones de toundra sont des formes typiques des milieux arctiques qui se développent dans les basses terres relativement peu drainées de la toundra caractérisées par une zone de pergélisol continu (French 1996). Ces formes structurales résultent de l'action répétée du gel et du dégel (contractions thermiques à basse température) du sol durant l'hiver. L'eau de surface à la fonte des neiges pénètre dans les fissures pour former des veines de glace, lesquelles s'élargissent avec le temps donnant des coins de glace (Lachenbruch 1962). Selon Washburn (1973), les polygones se forment généralement sur une surface présentant un relief quasi horizontal mais ne sont pas exclusifs à ce type de relief. La dominance des milieux humides à forme polygonale sur la plupart des sites est probablement reliée au relief peu accentué caractéristique du secteur. Cependant, les sites Glaciers, Camp Secondaire, Pointe Dufour, Rivière Pointe Dufour et Lac en Toundra sont des endroits qui présentent un relief légèrement plus prononcée qui, tout en permettant la formation de certains polygones de toundra, favorise l'écoulement de l'eau de fonte et de précipitation d'un habitat à l'autre d'où l'importance des *coulées* à ces endroits. Les lacs sont particulièrement abondants sur les sites composés de matériaux d'origine glaciaire (till; CS, RPD et G). La rugosité du relief, caractéristique des dépôts

glaciaires (séquence de collines et de dépressions) permet l'accumulation de l'eau à certains endroits. La présence de sables argileux compactés et peu perméables à l'eau à certain sites (CS et RPD) constitue une seconde explication quant à l'importante quantité de lacs.

Phytomasse aérienne et intensité de broutement par les oies

Différences annuelles

La différence de phytomasse observée entre 1996 et 1997, est probablement reliée aux conditions climatiques. L'année 1996 a été caractérisée par une épaisse couverture de neige au printemps (40 cm au 1^{er} juin) et une fonte des neiges tardive. À l'opposé, 1997 a été marquée par une mince couverture de neige au printemps (9 cm au 1^{er} juin) et une fonte des neiges hâtive (Gauthier et al. 1996a et 1997). Les plantes ont donc bénéficié d'une saison de croissance plus longue et plus chaude en 1997 comparativement à 1996 (environ 1 à 1,5 °C de moins en 1996; Renaud, données non publiées). Dans l'Arctique, les plantes ne bénéficient que de quelques semaines pour effectuer leur cycle de croissance (Mattheis et al. 1976, Archer et Tieszen 1980). Un délai de la croissance de quelques jours dû aux températures peu favorables (fonte des neiges tardive) peut avoir un effet considérable sur la production de la plante (Gauthier et al. 1996b).

Les conditions climatiques favorables ont favorisé un nombre plus élevé d'oies sur l'île en 1997 qu'en 1996, d'où une intensité de broutement plus élevée. Le printemps clément de 1997 a probablement eu un effet positif sur l'effort de reproduction et le succès de nidification des oies puisque ces paramètres de fécondité ont été plus élevés en 1997 comparativement à 1996 (Gauthier et al. 1996a et 1997). Selon Lepage et al. (1996), une fonte des neiges tardive retarde la nidification et réduit le succès de reproduction.

Différence entre les habitats

La production végétale aérienne de l'habitat *polygone avec canaux* était la plus élevée. Ceci peut être relié à la micro-topographie de l'habitat favorisant un environnement plus hospitalier. Les plantes vasculaires croissent à la marge des canaux encavés entre les polygones ce qui les protège directement du vent en été et indirectement en hiver par une épaisse couverture de neige isolante (Gray et Seppälä 1991). Cet habitat est aussi caractérisé par la présence d'eau en permanence durant l'été et par une certaine circulation de l'eau dans les canaux. Ce mouvement peut promouvoir un apport plus élevé en éléments nutritifs favorisant ainsi la croissance des plantes (Webber 1978). La phytomasse aérienne des habitats à la fin de l'été pour l'ensemble de l'île variait entre 17 à 28 g/m² (à l'exception de l'habitat *polygone avec canaux*) et est assez similaire à celle mesurée à l'île Bylot auparavant (20-35 g/m²; valeurs ajustées n'incluant que 1 cm de la base de la tige enfouie dans la mousse; Gauthier et al. 1995, Gauthier et al. 1996b).

Ces productions sont parmi les plus faibles observées pour les communautés végétales arctiques (Gauthier et al. 1996b). À titre d'exemple, Cargill et Jefferies (1984) ont noté une production végétale aérienne variant entre 50 et 100 g/m² dans les marais dominés par *Puccinellia phryganodes* et *Carex subspathacea* sur la côte ouest de la Baie d'Hudson. À Barrow en Alaska, Tieszen (1972) a mesuré une production aérienne pouvant aller jusqu'à 101 g/m² pour les communautés végétales dominées par *Carex aquatilis*, *Dupontia fisheri* et *Eriophorum angustifolium*. Les faibles production primaires observées dans les milieux humides de l'île Bylot peuvent être reliées au site lui-même ou encore à l'incapacité des plantes à se remettre d'un broutement chronique par les oies depuis plusieurs années. En effet, selon Archer et Tieszen (1980 et 1983) certaines plantes graminoides prennent plus d'une année à se remettre complètement du broutement des années précédentes. Cette situation semble être le cas à l'île Bylot où des études ont démontré qu'en l'absence de broutement par les oies pour une période prolongée (5 ans), une augmentation de la biomasse végétale dans les parcelles protégées est observée. La biomasse d'*Eriophorum scheuchzeri*, la plante préférée des oies (Gauthier et al. 1995), était trois fois supérieure dans les sites protégés du broutement par les oies depuis cinq ans que dans les sites protégés seulement pour l'année en cours (respectivement 23 g/m² versus 8 g/m²) et le nombre de

tiges y était de deux fois supérieure (2048 versus 1081 tiges/m²; Gauthier et al. 1996b). Par conséquent, le broutement chronique par les oies semble amener l'équilibre entre cet herbivore et les plantes broutées à un niveau inférieur.

L'importante quantité de phytomasse disponible sur les sites Glaciers, Rivière Pointe Dufour, Camp Secondaire et Vallée des Oies fait de ces endroits des sites importants pour l'alimentation et la protection des oies durant la période d'élevage des jeunes. Parmi ces endroits, les sites Glaciers, Camp Secondaire et Vallée des Oies sont d'autant plus importants puisque les milieux humides s'y retrouvent plus concentrés et donc plus faciles d'accès. Cette grande disponibilité de nourriture pour les oies est due en grande partie à la présence considérable des habitats *coulée en terrain plat* et *polygone humide*. À cause de leur couverture végétale importante et de leur grande superficie, les habitats *coulée en terrain plat* et *polygone humide* fournissent la quasi totalité de la végétation consommée par les oies à l'île Bylot (respectivement 70 et 24 % de la nourriture disponible) particulièrement sur les sites Glaciers, Vallée des Oies, Camp Secondaire et Rivière Pointe Dufour. Ces habitats, qui représentent respectivement jusqu'à 47 % et 60 % de la superficie totale des habitats humides dans les différents sites, sont caractérisés par une surface extensive bien végétée. D'un autre côté, bien que l'habitat *lac* se retrouve abondamment sur les sites Glaciers et Camp Secondaire, cet habitat ne fournit qu'une faible quantité de la biomasse disponible pour les oies (>1 %) et par conséquent compte peu dans l'alimentation des oies durant la période d'élevage des jeunes.

Il est toutefois étonnant de constater peu de différences d'intensité de broutement entre les habitats puisque qu'il existe d'importantes variations dans la quantité de nourriture disponible pour les oies dans chacun d'eux (e.g. faible surface végétée pour les *polygones avec canaux*). Les habitats fournissant une quantité de nourriture importante ainsi que des plans d'eau à proximité pour la protection des oies contre les attaques des renards aurait dû présenter une intensité de broutement beaucoup plus élevée que les autres habitats. Les habitats *polygone avec canaux*, *polygone lac* et *lac* sont peu végétés ce qui peut s'avérer peu profitable énergiquement pour les oies en alimentation. Cette absence de différence majeure suggère que les oies se déplacent beaucoup et utilisent alors, dans une certaine mesure, les habitats à faible disponibilité de

nourriture et d'aires de protection. À cet effet, Hughes et al. (1994b) a noté que certaines familles d'oies occupaient un domaine vitale de dimension considérable nécessitant beaucoup de déplacements. Pour tous les habitats, la quantité de biomasse broutée (feuilles et tiges vertes seulement) par les oies mesurée dans cette étude est considérablement plus élevée que la consommation des végétaux généralement mesurée dans les autres écosystèmes terrestres arctiques soit <10 % (Bliss 1986). En moyenne, le bœuf musqué consomme environ de 1 à 2 % de la production végétale aérienne annuelle des prairies humides dominées par l'association *Carex*-mousse. Des estimés de la proportion de la production consommée par le caribou montre que cet herbivore consomme généralement moins de 10 % de la production végétale aérienne des communautés arctiques (Bliss 1986). À l'occasion, des pressions de broutement plus élevées peuvent être observées notamment dans le cas des caribous de la Rivière George (Baie d'Ungava). À cet endroit, le piétinement et le broutement par ces ongulés ont causé une diminution de la biomasse du lichen (jusqu'à près de 100 %) et du bouleau glanduleux (*Betula glandulosa*) (jusqu'à 64 %; Manseau et al. 1996). De telles pressions de broutement sont toutefois fréquemment observées chez les oies blanches, possiblement à cause de leur grégarisme. Il a été estimé que la Petite Oie des neiges nichant à La Pérouse Bay sur la côte ouest de la Baie d'Hudson, consomme environ 80 % de la production végétale aérienne des marais à dominance de *Carex-Puccinellia* (Cargill et Jefferies 1984). L'étude de Gauthier et al. (1995) montrent que lors des années de densité élevée de couvées, l'impact du broutement par les oies peut être assez sévère à l'île Bylot (jusqu'à 100 % de la production végétale peut être broutée).

Les comptes de fèces d'oies fournissent en apparence des résultats contradictoires à la proportion de la biomasse végétale prélevée en suggérant que l'habitat *lac* est l'habitat le plus utilisé par les oies. Cependant, ces milieux sont des endroits de repos fréquemment utilisés par les jeunes et les adultes en mue à cause de la proximité des plans d'eau qui leur permettent d'échapper rapidement aux renards arctiques. La grande quantité de fèces n'est donc pas nécessairement reliée au temps passé à s'alimenter. Même si un facteur de correction a été appliqué au nombre de fèces compté, il a été tout de même très ardu de faire la distinction entre les fèces d'oies en repos (retrouvées surtout en piles >5 fèces) et les fèces d'alimentation (individuelle) sur le terrain surtout lorsque les piles sont brisées. La quantité de fèces n'a donc pas été un très bon indicateur de

l'intensité de broutement entre les différents types habitats. Cependant, si les habitats les plus utilisés par les oies en repos (PL et L) sont exclus, la densité de fèces d'oies pourrait fournir un certain indice du niveau d'utilisation par les oies. Ainsi, la moyenne du nombre de fèces pour les habitats *coulée* (en terrain plat et en pente), *polygone avec canaux* et *polygone humide* pour les quatre sites échantillonnés se situait autour de 4 fèces/m² ce qui correspond à une intensité de broutement légèrement inférieure à la valeur mesurée dans les secteurs préférés de la Vallée des Oies à l'île Bylot depuis 1990 (autour de 6 fèces/m²; Gauthier et al. 1997). Ailleurs dans l'Arctique, Bazely et Jefferies (1985) ont mesuré une intensité d'utilisation beaucoup plus élevée dans les marais salés côtiers de La Pérouse Bay avec 25 fèces d'oies/m². Bien que la production primaire était plus élevée à La Pérouse Bay (Cargill et Jefferies 1984) qu'à l'île Bylot, 25 fèces/m² représente tout de même une utilisation relative plus considérable.

CONCLUSION

Cette étude démontre que les conditions climatiques ont un impact considérable sur la production des milieux humides et sur la densité des oies les utilisant. L'importance d'un site pour l'alimentation des oies réside dans la diversité et la quantité d'habitats qui y sont retrouvées. Bien entendu, plus les habitats humides sont concentrés sur le territoire et plus le site pourrait être intéressant pour les oies puisque cela leur permettraient de consommer leur nourriture tout en minimisant les coûts de déplacement.

À partir de ces résultats, une évaluation préliminaire des différents sites pour les oies peut être effectuée. Puisque les habitats *coulée en terrain plat* et *polygone humide* sont les habitats fournissant la plus grande quantité de la biomasse disponible pour les oies et que ces habitats se retrouvent en grande quantité surtout sur les sites Glaciers, Rivière Pointe Dufour, Pointe Dufour, Camp Secondaire et Vallée des Oies, ces quatre sites s'avèrent donc importants pour les oies en période d'élevage des jeunes à l'île Bylot. Toutefois, la présence de plans d'eau comme refuges et les dépenses énergétiques des oies reliées à la recherche de nourriture et aux déplacements d'un endroit à l'autre à l'intérieur d'un même site devront être considérées dans l'éventuelle détermination de la qualité générale de chacune de ces concentrations de milieux humides pour les oies et leur couvée.

TROISIÈME CHAPITRE

**ESTIMATING THE CARRYING CAPACITY OF WETLAND HABITATS USED BY
BREEDING GREATER SNOW GEESE ON BYLOT ISLAND**

(Nunavut, Canada)

ABSTRACT

Over the past decades, most goose populations have increased considerably worldwide. The Greater Snow Goose population has followed this trend, as it has increased at an average annual rate of about 9 % over the past 30 years, to reach 650 000 birds in the spring of 1997. Because overgrazing of the arctic breeding habitats by geese may lead to habitat degradation, there has been increasing discussions on whether we should attempt to limit population growth and at what level. The estimation of the carrying capacity of an arctic breeding area, which is the number of individual that this habitat can support, may be one way to answer this question.

The purpose of this project was to assess the carrying capacity of freshwater wetland habitats for the Greater Snow Goose on the south plain of Bylot Island. The approach used was to evaluate food availability on the wetland habitats and to compare it to the requirements of the birds. Specifically, we 1) mapped the different types of wetland habitats on the south plain of Bylot Island; 2) estimated plant production of these habitats at several sites on the island; 3) compared total food availability with estimated total summer food requirements of the current population of growing goslings and adults, and 4) validated the estimate by comparing predicted amount of plant biomass consumed with the intensity of goose grazing measured at several sites.

Five different wetland habitats considered important for geese were examined at nine sites over the study area. The total availability of food for geese by habitat was assessed by combining data on the area of the habitat covered by suitable forage plants and the associated production. The vegetation of *stream* and *wet polygon* habitats represent up to 95 % of the total food supply available (2 004 tons; 1996-97). The summer food requirements of the current goose population on Bylot Island was estimated at 1 183 tons of vascular plants. This suggest that the current population is at about 60 % of the carrying capacity of the wetlands of Bylot Island. However, the continuous increase of the population could lead to a reduction of the plant production as well as the carrying capacity. We recommend that the population should be kept at a level below the carrying capacity estimated in this study.

RÉSUMÉ

La population de la Grande Oie des neiges connaît un taux de croissance annuel de 9 % depuis les 30 dernières années pour atteindre plus de 650 000 individus au printemps 1997. Suite à cette augmentation, le sur-broutement des habitats arctiques de nidification pourrait conduire à la destruction de ces milieux. De nombreuses questions ont été soulevées à savoir si cette explosion démographique devait être limitée et quelle serait la limite d'individus jugée optimale pour ces populations. L'estimation de la capacité de support d'un site de nidification arctique, se définissant comme la quantité maximale d'individus que ce milieu est en mesure de supporter, peut être une façon de répondre à ces questions.

Le but de ce projet était d'estimer la capacité de support des habitats humides d'eau douce pour la Grande Oie des neiges nichant à l'île Bylot. L'approche utilisée consistait à évaluer la disponibilité des ressources végétales et les besoins alimentaires de l'animal vis-à-vis ces ressources. Spécifiquement, nous voulions 1) caractériser et cartographier les habitats humides à différents sites; 2) mesurer la biomasse végétale des habitats; 3) comparer les ressources végétales disponibles avec l'estimation des besoins alimentaires de la population d'oies actuelle, et 4) valider cette estimation en comparant la quantité de biomasse végétale consommée par les oies prédite avec l'intensité de broutement mesurée à plusieurs sites.

Cinq types d'habitats humides importants pour les oies ont été étudiés à neuf sites. En combinant la superficie de chacun des habitats avec la production végétale associée, la disponibilité des ressources végétales a été obtenue. La végétation des *coulées* et des *polygones humides* représente 95 % des ressources végétales disponibles sur la plaine sud de l'île Bylot, soit environ 2 004 tonnes. Les besoins alimentaires estivaux des oisons en croissance et des adultes ont été estimés à environ 1 183 tonnes de plantes. Ceci suggère que le nombre actuel d'individus dans la population d'oies de l'île Bylot représente environ 60 % de la capacité de support des habitats humides de l'île. Cependant, l'accroissement continu de la population pourrait conduire à une réduction de la production végétale et de la capacité de support du milieu. Nous recommandons que le nombre d'individus soit maintenu à un niveau inférieur à celui de la capacité de support estimée dans cette étude.

INTRODUCTION

Most goose populations have considerably increased worldwide in recent decades (Owen and Black 1991, Ankney 1996, Abraham and Jefferies 1997). It is well known that in North America, the mid-continent population of the Lesser Snow Goose (*Chen caerulescens caerulescens*) has increased exponentially. This event has led to a severe degradation of their breeding grounds along the West Coast of Hudson Bay (Kerbes et al. 1990, Iacobelli and Jefferies 1991, Kotanen et al. 1997) where extensive damage to the vegetation ingested by geese suggests that the birds have exceeded the carrying capacity of the habitat (Abraham and Jefferies 1997). The Greater Snow Goose (*Chen caerulescens atlantica*) population followed this trend as it increased at an average annual rate of about 9 % over the past 30 years, reaching 650 000 birds in the spring of 1997 (Reed et al. 1998). One of the main reasons for this increase seems to be a decrease in the mortality of individuals due to better feeding conditions encountered on wintering grounds and along the migration route, a consequence provided by recent changes in agricultural practices (Reed 1976, Hill 1992, Gauthier et al. 1992, Menu 1998). Changes in hunting practices and establishment of wildlife refuges also contribute to the increase of the population (Abraham and Jefferies 1997). The population of Bylot Island, the principal breeding area of Greater Snow Geese in the Canadian Arctic, showed the same trend during this period, increasing from 52 000 individuals in 1983 to 156 000 in 1993 (Reed and Chagnon 1987, Gauthier et al. 1996b, Reed et al. 1998). This paper is concerned about the carrying capacity of Bylot Island as a breeding habitat.

Current goose grazing on Bylot Island significantly reduces the aboveground biomass of graminoid plants at the end of the season in wetlands, their preferred brood-rearing habitats (Gauthier et al. 1995). As the summer advances, goose families tend to move from their preferred habitats to upland habitats. This movement could be a consequence of food depletion in preferred habitats because of grazing (Hughes et al. 1994a). As the feeding conditions encountered by goslings during the summer can greatly affect their growth and subsequent survival (Larsson and Forslund 1991, Cooch et al. 1993, Lepage et al. 1998), food depletion could have a negative impact on the goslings.

Because overgrazing of the arctic breeding habitats by geese may lead to habitat degradation (Kerbes et al. 1990, Iacobelli and Jefferies 1991, Kotanen et Jefferies 1997), there has been increasing discussions on whether we should attempt to limit population growth and at what level. The estimation of the carrying capacity of an arctic breeding area, which is the number of individuals (with a specified quality) that this habitat (in a specified condition) can sustain, may be one way to answer this question. The literature contains several examples where attempts were made to estimate the carrying capacity of a given area. In wildlife management, the most prevalent technique used to estimate the carrying capacity is the nutritional approach based on the requirement of the animals (in term of dry biomass, nutrients, energy, etc.) in relation to the nutrient or food supply available to the population (see Hobbs et al. 1982, Potvin et Huot 1983, Hobbs et Swift 1985, Crête 1989, McCall et al. 1997).

The purpose of this study was to assess the carrying capacity of freshwater wetlands, the preferred brood-rearing habitats of the Greater Snow Goose nesting on the south plain of Bylot Island. The approach used was to evaluate food availability of wetland habitats and to compare it to the requirements of the birds. More specifically, we 1) mapped the different types of wetland habitats on the south plain of Bylot Island; 2) estimated plant production of these habitats at several sites on the island; 3) compared total food availability with the estimation of the total summer food requirements of the current population of growing goslings and adults, and 4) validated the estimate by comparing predicted amounts of plant biomass consumed with the intensity of goose grazing measured at several sites.

STUDY AREA

This study was carried out on the south plain (1 600 km²) of Bylot Island, Nunavut, Canada (Figure 1). The topography of this region is characterized by flat lowlands and upland plateaus dissected by valleys, with elevation generally below 350 m above sea level (asl). Superficial material consists of glacial deposits (till), marine deposits (sand and silt), bedrock rubbles and peat (Zoltai et al. 1983). Almost all the wetlands of Bylot Island are located in the

south plain, mostly in the low-lying areas, and include glacial melt-water channels, tundra polygons (peatlands) and numerous shallow ponds and lakes. These wetlands are dominated by sedges such as *Carex aquatilis* var. *stans* Drej., *Eriophorum scheuchzeri* Hoppe, *Eriophorum angustifolium* Honk., and grasses such as *Dupontia fisheri* R. Br., *Pleuropogon sabinei* R. Br. and *Arctagrostis latifolia* (R. Br.) Griseb (Zoltai et al. 1983, Gauthier et al. 1995). These plant species are of great interest because they support a large number of breeding geese on Bylot Island (Zoltai et al. 1983, Gauthier et al. 1996b).

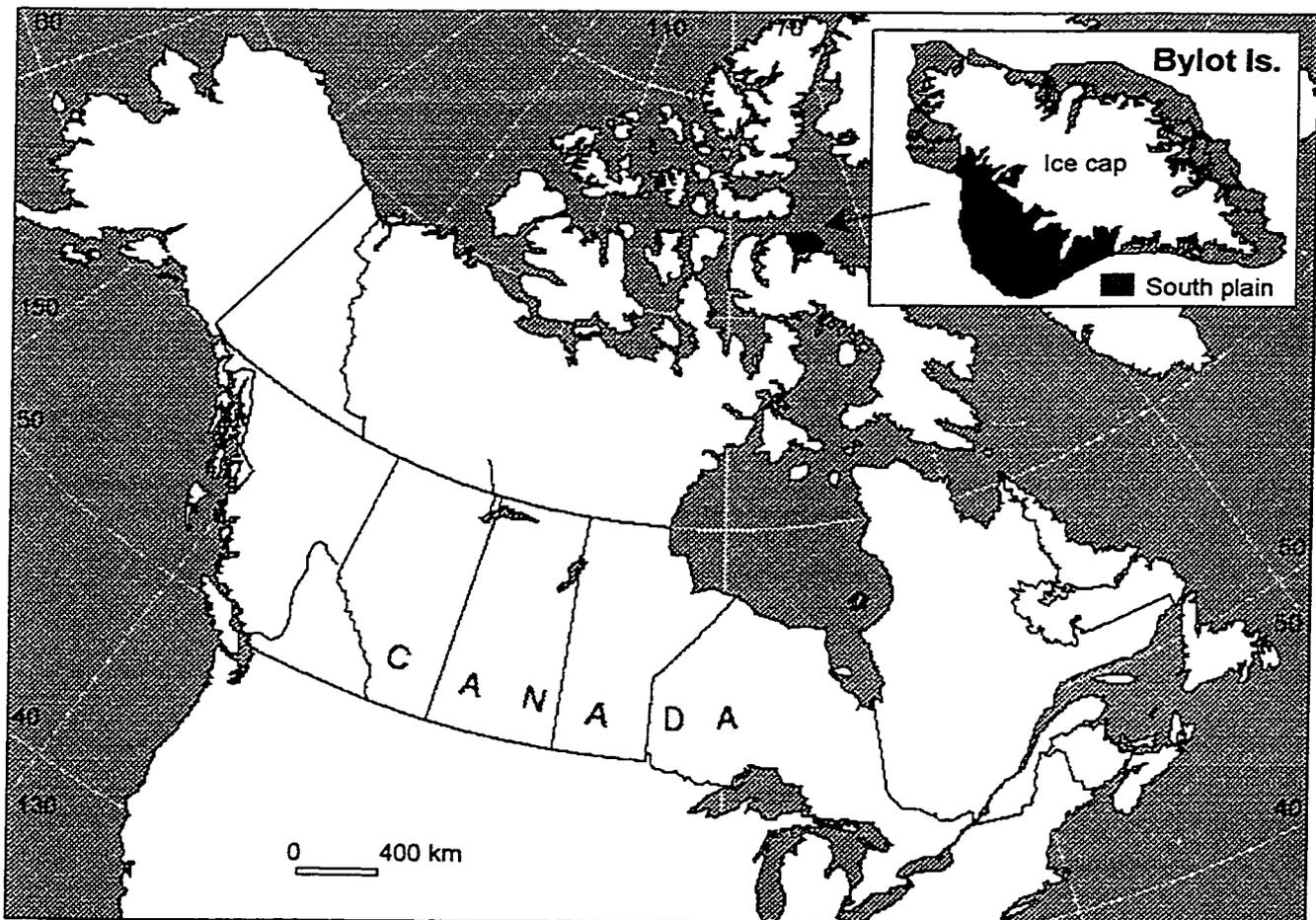


Figure 1: Localization of the study area, the south plain of Bylot Island.

The two years of the study had contrasting weather conditions. Because of cool temperature and frequent snow showers in late May and early June in 1996, spring was characterized by a heavy snow pack (40 cm on 1 June) and a delayed snow-melt. In contrast, a

thin snow-pack (9 cm on 1 June) and mild weather characterized spring 1997 and snowmelt was thus very early in 1997 (Gauthier et al. 1996a and 1997). Summer temperatures were also warmer in 1997 (from 1 to 1.5 °C higher; Renaud unpublished data).

METHODS

Aerial-photograph mapping

Based on the studies of Hughes et al. (1994a) and Poulin, Rochefort and Allard (unpublished data), five different wetland habitats considered important for the geese were retained (Table 1). We conducted a preliminary mapping of the south plain of Bylot Island, using 1:60 000 black and white aerial photographs, where we delimited a total of nine sites representing all the extensive wetland concentrations on the island (Figure 2). These sites were characterized by a moderate to high density of wetland habitats. Following a field validation at each of these sites in 1997, homogeneous patches of each habitat type present at these nine sites were mapped on black and white 1:13 000 (approx.) or 1:60 000 (approx.) aerial photos.

Table 1. Morphometric description of wetland habitat types on the south plain of Bylot Island.

Habitat type	Description
Wet polygon (WP)	Low-center polygon surrounded by dry elevated rims formed by freezing and thawing of ice wedges. The proportion of the habitat covered by suitable forage plants for geese is about 58 %.
Polygon channels (PC)	Narrow, steep channels with standing water, located mostly between high-center polygons but sometimes also between low and flat-center polygons. These channels are formed by the expansion and degradation of ice wedges. The proportion of the habitat covered by suitable forage plants for geese is about 5 % and is reduced to a narrow strip (35 cm wide) along the channels.
Lake polygon (LP)	Low-center polygon permanently covered by standing water up to 3 m deep. The proportion of the habitat covered by forage plants for geese is about 7 % and consist of a strip (40 cm wide) along the shore of the lake.
Stream (ST)	On sloppy terrain (<i>brook</i>), strip of vegetation about 2 m wide on both sides of seasonal or permanent stream. The proportion of the ground covered by forage plants for geese is about 90 %. On flat terrain (<i>water track tundra</i>), this habitat is characterized by anastomozed channels (melt-water channels) flooding the area and forming wet meadows of which 95 % of the area is covered with suitable forage plants. Extensive rivers characterized by anastomozed channels (alluvial deposits) were not included in this study.
Lake (L)	Vegetation strips about 2 m wide located around lakes. The proportion of the habitat covered by suitable plants for geese is 25 %. Sparse boulders are often present along the shore. This habitat differs from the <i>lake polygon</i> habitat because lakes are much larger and do not result from the coalescence of polygons.

The surface area of all patches of *water track tundra*, *wet polygon*, *polygon channels*, *lake polygon* and *lake* were determined on aerial photos using a PLANIX7 digital planimeter. The area of *brook* and *lake* (for the perimeter) habitats was measured with a curvimeter also directly on the aerial photos. The estimated area of *water track tundra* and *brook* habitats were subsequently combined at each site. Sometimes, the three types of polygons and *water track tundra* could not be individually mapped when habitat patches were too small on the photos. For patches with mixed habitats types, a visual estimation of the relative area occupied by each habitat type present in the patches was made on the aerial photographs. Many *brooks* were present outside the nine sites where habitats were mapped. To estimate the surface area of wetland habitats associated with

brook outside these sites, we applied the mean percent cover of this habitat obtained for the nine sites to the remaining area of the south plain of Bylot Island, excluding the high sedimentary plateaus (>350 m of altitude) devoid of vegetation. Isolated wetland patches of others habitat types present outside the nine sites were too sparse to be measured in this study.

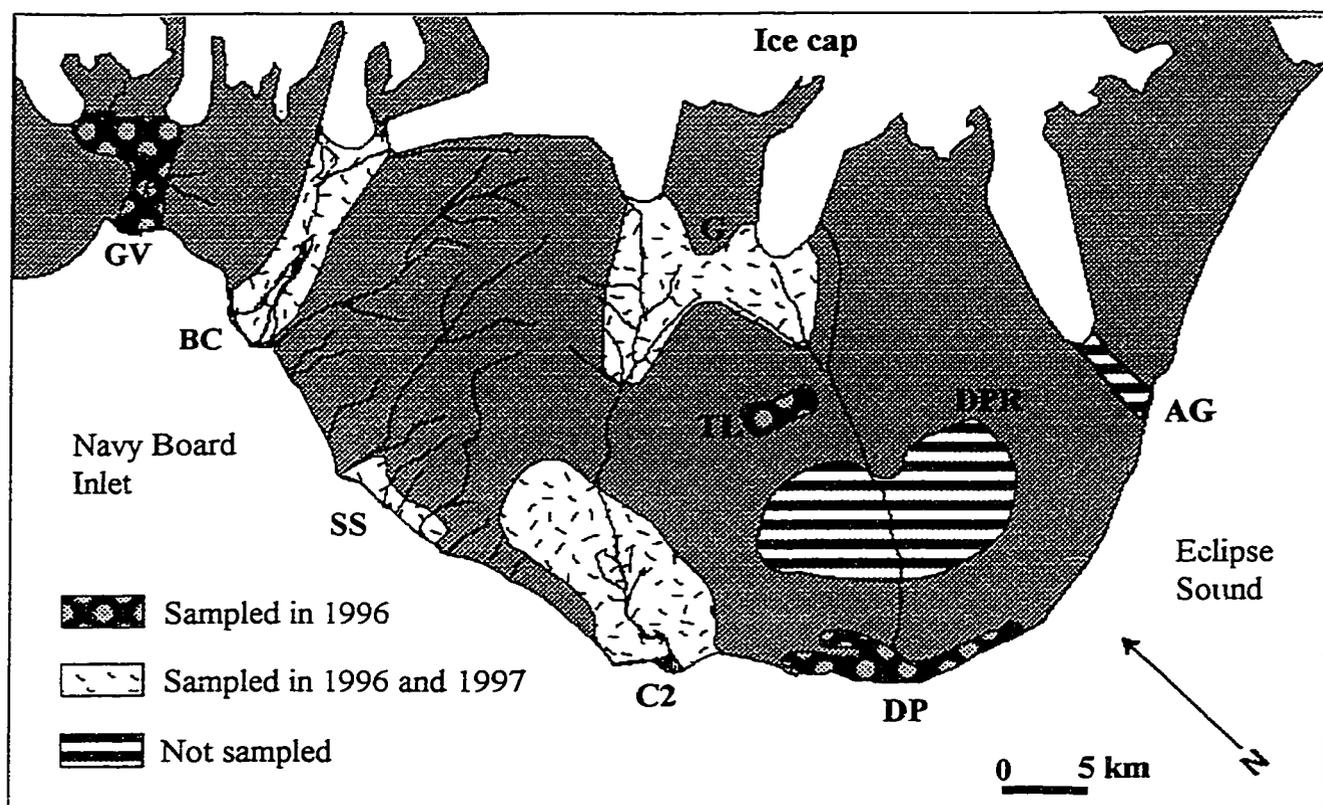


Figure 2: Localization and approximate limits of sites (extensive concentration of wetlands) sampled in 1996, 1996-97 and not sampled but used in the estimation of the carrying capacity of the south plain of Bylot Island. GV = Glacier Valley, BC = Base Camp, SS = Sea Shore, C2 = Camp-2, DP = Dufour Point, DPR = Dufour Point River, AG = Aktinek Glacier, TL = Tundra Lakes, G = Glaciers.

Surface areas measured with the planimeter included areas covered by plants unsuitable for geese (e.g. polygons rims) or devoid of plants (e.g. standing water in *lake polygon*, *polygon channels*, *lake* and *stream*). To estimate the proportion of the habitat covered by suitable forage

plants for geese (Annexe A), the proportion of habitat suitable for wetland plants and the proportion of the wet part actually covered by forage plants for geese were determined by sampling several habitats patches in the field (Table 2).

Table 2: Measurements used in order to estimate the proportion of the habitat suitable for wetland plants and the proportion of the wet part of the habitat covered by forage plants for geese for the different types of wetland habitats on Bylot Island. WP = wet polygon, LP = lake polygon, PC = polygon channels, BR = brook, WT = water track tundra, L = lake.

Parameter	Measurements		Habitat					
			WP	LP	PC	BR	WT	L
Proportion of the habitat suitable for wetland plants (%)	Mean width (m)	Vegetation strip ¹		0.4	0.3			2.0
		Polygon rims ²	2.1	2.2	2.0			
		Half-channel ²			0.2			
		Brook at snow-melt ¹				4.0		
	Proportion of area permanently flooded (%) ¹					88		
Mean length (m)	Side of a polygon ²		14.1	10.6	12.3			
		Side of a channel ²			13.0			
Number of sides	Polygon ²		5	5	5			
		In contact with a water channel ¹			3			
Proportion of the wet part of the habitat covered by forage plants for geese (%) ¹			95	100	100	90	100	50

¹ Measured in the field in 1997

² Obtained from the study of Poulin, Rochefort et Allard (unpublished data)

The mean width of vegetation strips, defined as the distance between the edge of standing water (lake, pond or channel) and the upper limit of the hygrophile vascular plants, was measured on each habitat (n = 27 /habitat). The total surface area of the *brook* habitat included the area temporary flooded in spring and the area of standing water (i.e. the area of the permanent brook).

The width of *brook* at snow-melt (i.e. the width of the area flooded on both sides of the brook) was identified by the limit of the plants tolerant to flooding and was visually estimated using transects (1 m x width of area flooded; n = 48) perpendicular to the slope. The number of sides of polygon in contact with water channels was counted (n = 100). The proportion of the wet part of the habitat covered by suitable forage plants for geese was visually estimated along transects (1 x 5 m; n = 9 /habitat) placed in each type of habitat. Other measurements (perimeter of polygons, area of polygon rims, etc.) were calculated from data presented in Table 2.

Plant biomass and grazing intensity

Plant biomass was sampled in grazed and ungrazed plots using 1 m² exclosures during the summers of 1996 and 1997. Within the nine sites mapped, four sites were chosen for sampling based on their diversity of habitats and their accessibility. Three to ten exclosures made of chicken wire were randomly located in each habitat/site combination at the end of June and the beginning of July (up to the 9th) depending on date of snow-melt. More exclosures were set up in the Base-Camp Valley, our main study area, because of the proximity of the sampling areas. At the end of the summer (from August 6th to 16th; mean sampling date = August 11th), paired samples (grazed and ungrazed) were taken randomly in each habitat/site combination. These samples were a 20 x 20 cm piece of turf. A total of 216 samples (108 grazed and 108 ungrazed) were taken. All live graminoid tillers (*Eriophorum* spp., Graminae (mostly *Dupontia fisheri*) and *Carex* spp) were removed at their base, to the lowest leafing node. Aboveground biomass thus included the green leaves and stems and the white basal stem buried in the moss. On Bylot Island, samples were oven-dried at 55 °C for 24 to 36 hours. In the laboratory, samples were re-dried at 50 °C and weighed to ± 0.001 g. All biomass data are presented as dry mass. Grazed biomass was estimated by the difference in biomass between each paired ungrazed and grazed plots.

Food requirements of geese

Food requirements of geese were derived from the literature. Requirements were calculated using the nutrient that was judged to be the most limiting for the animal. For growing goslings, this was nitrogen until the end of summer (energy was never limiting). Food requirements of goslings were assessed using data on growth of body protein and nitrogen assimilation efficiency (metabolizable nitrogen) obtained from studies previously conducted on Bylot Island. Data on daily body protein content of goslings from Lesage and Gauthier (1997) was used in order to determine the daily accumulation of nitrogen. We determined the amount of plants that had to be consumed by goslings in order to accumulate this amount of nitrogen. This was done using the mean (calculated following the maximum likelihood method; 7.58 mgN/g of plant) of weekly nitrogen assimilation efficiency values of Manseau and Gauthier (1993), which takes into account the decreasing plant quality. Daily food requirement was obtained by dividing the daily nitrogen accumulation by the nitrogen assimilation efficiency (Annexe C and Table 3).

Table 3: Range of values (min.-max.) of the variables used in the calculation of nutritive requirements of growing goslings on Bylot Island.

Variable	Value (min.-max.)
a. Daily protein accumulation (g) ¹	2.33-11.14
b. Daily nitrogen accumulation (a/6.25; g)	0.37-1.78
c. Nitrogen assimilation efficiency (mg/g plant) ²	7.05-9.32

¹ Calculated from Lesage and Gauthier (1997)

² From Manseau and Gauthier (1993)

Gross energy was the nutrient most limiting for adults. Food requirements were calculated based on estimated daily energy expenditure and apparent metabolizable energy (kJ/g of plants) of food obtained from previous studies. Daily energy expenditure of adult geese was obtained using the energy budget of Gauthier et al. (1984) adjusted with the values of metabolic cost of activities measured by Thibault (1994). This yielded an estimate of daily energy expenditure of 1175 kJ/day

(1.7 x BMR; basal metabolic rate) for molting birds and 1320 kJ/day (1.9 x BMR) for birds after the molting period. The lower energy expenditure of molting birds was due to the absence of flight activity. The amount of food consumed by geese in order to fulfill their energy requirement was estimated based on the metabolizable energy of plants. Piedboeuf (1996) estimated the metabolizable energy of plants eaten by goslings in ungrazed sites on Bylot Island between 5.81 and 7.69 kJ/g plant. However, because of the poor quality of plants in the summer of 1994 due to drought conditions, those values were adjusted upwards (1.19 x) based on the ratio of food metabolizability coefficient obtained in the studies of Manseau and Gauthier (1993) and Piedboeuf (1996). Corrected values of plant metabolizable energy were therefore between 6.91 to 9.15 KJ/g of plant. Since no significant variation in the metabolizability of plants occurred during the summer, we used the mean (calculated using the maximum likelihood method) for the five periods sampled (7.87 kJ/g plant; period 4 was excluded in the calculations because of possible biased results for this period). In Greater Snow Geese, metabolizable energy of food by goslings is similar to the one of adults in the laboratory (Gauthier, unpublished data). The decrease in the quality of plants throughout the summer is taken into account in the calculation of the metabolizable energy by Piedboeuf (1996).

Estimation of the carrying capacity

In this study, the carrying capacity was defined as the number of birds that can be maintained by the habitat, based on the total food available to the geese. The total food availability (*TFA*) was calculated on the whole island for 1996 and 1997 by:

$$TFA = \sum (P_i \cdot A_i) \quad (1)$$

where P_i = plant production in habitat i and A_i = area of habitat i .

Aboveground graminoid biomass in exclosures on August 11th was taken as an index of plant production based on the data of Gauthier et al. (1995). The area of each habitat was summed across the nine sites retained.

The total food requirement (*TFR*) of the current population during the summer was estimated as follows:

$$TFR = DFR \cdot L \cdot N \quad (2)$$

where *DFR* = daily food requirements of individual, *L* = length of stay on the island (day) and *N* = number of geese.

The food requirements were estimated separately for young and adults. For the number of geese present on the island, we used the population estimates of the last survey conducted on the island (1993; Gauthier et al. 1996b). The ratio between the total food requirements and the total food availability was an index of the proportion of the carrying capacity reached by the current population.

Validation of the estimate

The ratio between the total food requirements of geese and total food availability represents the predicted amount of food (%) that would have been consumed by geese during the summer. We compared this value to the field measurements of the grazing impact of geese obtained in this study, which provided an independent estimate of the proportion of the biomass grazed by geese. The proportion of total production grazed (*TPG*) by geese on the island was estimated from:

$$TPG = \sum \left(\frac{B_i}{P_i} \cdot A_i \right) \quad (3)$$

where B_i = biomass in habitat i outside enclosure area on August 11th.

RESULTS

Plant resource availability

On the south plain of Bylot Island, the total surface area of wetlands was evaluated at a minimum of about 175 km² (Table 4), representing about 10 % of the study area (1 600 km²). The proportion of each habitat covered by suitable forage plants for geese was highest in *stream* habitat (93 %) and lowest in *polygon channels* (6 %). Dry habitats (e.g. polygon rims) and standing water accounted for most of the area without forage plants for geese in wetland habitats. In absolute terms, the surface area of each habitat covered by forage plants for geese was highest in the *stream* habitat with 41.5 km² and lowest for the *lake* habitat with no more than 0.2 km². The primary production of the different types of habitats varied from 20 g/m² to 54 g/m² (average over two years, 1996 and 1997) but differed significantly only in the *polygon channels* (Chapter 2). The availability of food for geese in *stream* represented about 70 % of the total food supply available which was estimated at 2 004 tons of forage (average over two years, 1996 and 1997), followed by the vegetation of *wet polygons* which accounted for about 24 % of available forage. The vegetation of *lake*, *lake polygon* and *polygon channels* represented together slightly more than 5 % of the total food available for geese on the south plain of Bylot Island (Table 4).

Table 4. Habitat surface area, area covered by suitable forage plants for geese, primary production in mid-August (estimated from dry aboveground plant biomass; mean \pm SE; n = 8 / habitat) and total availability of suitable forage plants for geese in five types of wetland habitats on the south plain of Bylot Island in 1996 and 1997. ST = stream (brook and water track tundra), WP = wet polygon, PC = polygon channels, LP = lake polygon, L = lake.

Habitat type	Habitat surface area (km ²)	Area covered by forage plants (km ²)	Primary production of forage plants (g/m ²)		Total availability of forage plants (kg x1000)			
			1996	1997	Average	1996	1997	Average
ST	44.6	41.5	23.6 \pm 10.4	43.6 \pm 9.4	33.6 \pm 7.5	979 \pm 432	1809 \pm 390	1394 \pm 291
WP	30.2	17.4	18.3 \pm 5.6	37.2 \pm 4.6	27.8 \pm 5.7	318 \pm 96.3	647 \pm 80.0	483 \pm 62.6
PC	30.0	1.9	34.1 \pm 0.5	74.2 \pm 7.0	54.1 \pm 8.2	64.8 \pm 1.0	141 \pm 13.3	103 \pm 6.6
LP	8.4	0.6	20.3 \pm 6.1	43.7 \pm 8.5	32.0 \pm 6.6	12.2 \pm 3.7	26.2 \pm 5.1	19.2 \pm 3.2
L	59.6	0.2	18.6 \pm 1.5	21.8 \pm 8.0	20.2 \pm 3.9	3.7 \pm 0.3	4.4 \pm 1.6	4.1 \pm 0.8
Total	172.8	62.7				1378 \pm 443	2628 \pm 396	2004 \pm 327

Food requirements of geese and proportion of carrying capacity reached

During the summer, goslings are present on Bylot Island from hatching (around July 8; Lepage 1997) to the end of August (around August 27; Blouin 1996) when they leave for the southward migration. This represents a total of 51 days. Using data on daily food requirements (Figure 3), we estimated that total food requirements of goslings over that period was about 8.1 kg of plants/bird (Table 5). It is noted that goslings daily consumption of plant resources was not constant during the summer, reaching a peak around August 9th. For breeding adults, we also set the period of use of wetlands at 51 days. We excluded the laying period because birds mostly feed in upland habitats at that time (Gauthier 1993) and the incubation period because they feed very little overall (Reed et al. 1995). For non-breeders, we restricted their period of use of wetland habitats on Bylot Island to 31 days (from July 8th to August 7th), the approximate length of their flightless period. This yielded an estimated food requirement of 7.6 kg of plants/bird for the breeders and 4.6 kg of plants/bird for the non-breeders during the summer (Table 5). Daily food consumption was assumed to be constant for adults at 147 g during the molting period (from July 8th to August 20th) and 165 g after the molting period (from August 22nd to the end; Figure 3).

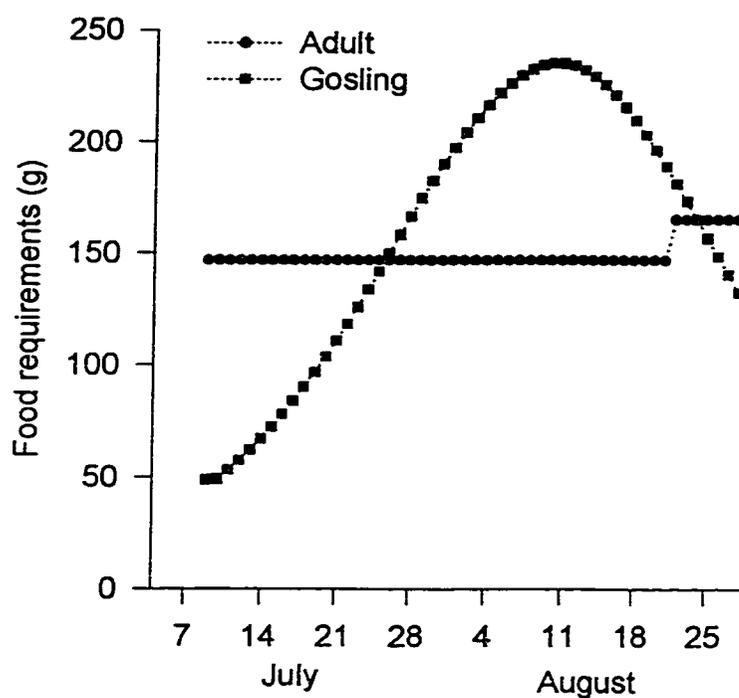


Figure 3: Daily food requirements (g) of growing goslings and adults on Bylot Island between July 8th and August 27th.

Using data from the last population survey on Bylot Island in 1993, we estimated that 698 000 kg of food was required for the total goslings population and 484 000 kg was required by the adults (breeders and non-breeders) during the brood-rearing period. According to this estimation, close to a total of 1 200 tons of plant biomass was required by the goose population of 1993 (Table 5).

Table 5: Total summer food requirements (plant dry biomass) of geese using Bylot Island based on the number of geese censused during the 1993 goose inventory and the food requirements of individual birds during the summer (\pm SE).

	Individual summer food requirement (kg)	Number of birds†	Total summer food requirement (kg x1000)
Gosling	8.07 \pm 0.16	86 470 \pm 8147	698 \pm 67
Breeding adult	7.61 \pm 0	55 000 \pm 5238	419 \pm 40
Non-breeding adult	4.55 \pm 0	14 475 \pm 3405	66 \pm 5
Total			1183 \pm 78

† From Reed (unpublished data) *in* Gauthier et al. (1996b)

Assuming that the goose population on Bylot Island did not increased substantially since 1993, the total food requirements of the goose population of Bylot Island (1 183 tons) represented 59 % (SE = 10 %) of the mean total food supply available in wetland habitats in 1996 and 1997 (2 004 tons).

Validation of the estimate

The difference in biomass between grazed and ungrazed sites was measured around August 11th, approximately 15 days before geese leave the island. We therefore had to adjust the estimation of the food requirements of the geese presented in Table 5 to the time that exclosures were sampled. Note that total food available does not change in the calculation because little aboveground production occurs after mid-August (Gauthier et al. 1995). According to these calculations, geese should have consumed about 40 % (797 tons) of the total food available in wetlands of Bylot Island by August 11th. In comparison, field sampling indicated that geese had

consumed a mean of 696 tons of forage plants in wetland habitats by August 11th in 1996-97 (Table 6), or about 35 % of the biomass available to them.

Table 6: Proportion of primary production consumed and total amount of forage plants consumed by geese (dry biomass; mean \pm SE ; n = 8 /habitat) for five types of wetland habitats on the south plain of Bylot Island in 1996 and 1997. ST = stream (brook and water track tundra), WP = wet polygon, PC = polygon channels, LP = lake polygon, L = lake.

Habitat type	Proportion of primary production consumed ¹ (%)		Total amount of forage plants consumed (kg x1000)	
	1996	1997	Average	Average
ST	28.1 \pm 11.7	41.1 \pm 11.1	34.6 \pm 7.9	275 \pm 167
WP	26.5 \pm 7.3	33.6 \pm 6.8	30.4 \pm 4.9	84.3 \pm 34.5
PC	8.4 \pm 3.8	37.7 \pm 4.9	23.0 \pm 3.2	5.4 \pm 2.5
LP	28.7 \pm 3.3	27.0 \pm 6.0	27.9 \pm 6.3	3.5 \pm 1.1
L	6.8 \pm 2.3	38.3 \pm 10.6	22.6 \pm 7.8	0.3 \pm 0.1
Total			369 \pm 171	1022 \pm 271
				696 \pm 160

¹ Estimated by the ratio of biomass in grazed areas/biomass in ungrazed areas paired plots

DISCUSSION

Plant resources availability

Even though the goose population of Bylot Island has a large area for breeding (1 600 km²), only a small percentage of the land is covered by wetlands (10 %), its preferred feeding habitat during the brood-rearing period (Reed et al. 1992, Hughes et al. 1994a, Gauthier et al. 1996b). Geese also use upland habitats where they can find small isolated wetland patches or some sparse graminoid cover in drier habitats. Although use of upland habitat by geese may largely represent movements between wetland patches (especially shortly after hatch; Hughes et al. 1994b), geese can still find some food in these areas. However, use of these habitats is limited, except perhaps toward the end of brood rearing or after fledging when families may look for seedheads in upland areas (pers. obs.). Thus, even if the breeding area is large, the geese selectively feed on a small portion of the region. Moreover, an important proportion of the surface of wetland is unsuitable for goose feeding because permanent water and patches of drier habitat (e.g. polygon rims) are commonly found within wetland habitats. With the increasing population of geese, one can realize that the grazing pressure will also increase on these key habitats.

The two years of sampling (1996 and 1997) were very different in term of primary production and weather conditions (see chapter 2). The amount of food supply available to the geese which was used in the carrying capacity estimation is thus based on an average between an unfavorable (1996) and a favorable (1997) year for plant growth and should reflect average conditions. *Stream* and *wet polygon* habitats were the habitats providing the bulk of the food available to geese on Bylot Island. This is because those wetland habitats are abundant and are characterized by extensive covers of forage plants suitable for geese (95 % and 58 % respectively). The total availability of forage plants represents a minimum estimate of the food available to the geese because this estimate considered only wetland habitats found in large concentration. Therefore, our estimate of the carrying capacity of the whole south plain of the island is conservative since geese could feed elsewhere (marginal upland habitat and isolated wetland patches; Hughes et al. 1994a), where some food is probably available to the geese.

However, these isolated wetlands may often be too small or too far apart to be used with an energetic profit by geese.

This study is based on two important assumptions. First, we assume that aboveground plant biomass of a habitat in mid-August is a good index of the primary production of this habitat over the summer based on previous comparisons made at the same site by Gauthier et al. (1995). The second assumption is that the difference between grazed and ungrazed areas is a good estimate of the amount of plants ingested by geese. In effect, if grazing by an animal decreases plant production, this will lead to over estimation of production or in contrast, enhancement of plant production by grazing will lead to an estimation below reality. On Bylot Island, Gauthier et al. (1995) and Beaulieu et al. (1996) found that current grazing by geese had no effect on plant production. The production of grazed plants is similar to ungrazed plants. Therefore, the method used in the evaluation of the amount of plants grazed by geese was legitimate.

Carrying capacity of the habitat and goose density

As the predicted and measured food consumption of geese on the whole island by August 11th were in relative accord, this suggests that our evaluation of the carrying capacity was reasonable. Our prediction of the proportion of biomass that should have been consumed by geese in wetlands by mid-August was nonetheless slightly higher than what we measured outside the exclosures (40 % vs. 35 % respectively). This might be because we did not measure food consumption outside areas of wetlands concentrations. The spatial variability of the samples is certainly another important reason for this discrepancy

We have defined the carrying capacity as the number of birds that can be supported on Bylot Island without permanent degradation of the habitats. At the end of August, with a population of about 156 000 individuals, the geese consumed a little more than half of the total food available in wetland habitats (near 60 %). Consequently, one would predict that the south plain of Bylot Island could support 40 % more birds than at present, and perhaps slightly more if

marginal upland habitats were taken into account. This would be expected if one assumes that the increasing density of geese will not have any negative effect on the production of the forage plants. On Bylot Island, regrowth of graminoids has so far compensated for the losses of aboveground tissues by grazing (Gauthier et al. 1995) and, since 1990, the production of graminoids has shown no decreasing trends in preferred brood-rearing areas (Giroux et al. 1998a). However, accumulation of soluble carbohydrate in rhizomes during the summer was found less important in grazed than in ungrazed plants (Beaulieu et al. 1996). As production of new tillers in arctic graminoids is closely related to the amount of below-ground reserves in plants (Mattheis et al. 1976), Gauthier et al. (1996b) suggested that chronic grazing could lead to a decrease in tiller density and maintain primary production at a low level. Future monitoring of plant below-ground reserves on Bylot Island is warranted.

Most plant-herbivore systems are characterized by a close relationship where population demography can increase to the level of resource availability and in turn, this resource will respond to the number of animals using it (Caughley and Sinclair 1994). This assumption is the basic element of the interactive model proposed by Caughley (1976) to explain the interaction between a large herbivore and its forage resources. The model proposes that when a herbivore is introduced to a natural habitat, its population size will increase along with the grazing pressure on the vegetation. At first, plant biomass will diminish and its composition changes with time. After a certain time, the herbivore number and forage resources will reach a “point of equilibrium”, namely the carrying capacity. According to this non-linear model, this latter point of equilibrium is expected to be reached at a lower population density than the point of equilibrium expected if the animal did not have any negative effect on its forage resources.

Because in the interactive model the herbivore decreases the plant production, this leads to low-level production equilibrium between the animal and the plants as suggested for Bylot Island. Preliminary results obtained from the monitoring of long-term exclosures (5 years) on Bylot Island suggested that production of graminoids increased when grazing was stopped for a few years (Gauthier et al. 1996b). Giroux and Bédard (1987) suggested a similar phenomenon in *Scirpus* marshes where grubbing by Greater Snow Geese decreased the plant production to a low level

equilibrium. According to the optimization model of McNaughton (1983), the plants are able to compensate only up to a certain grazing intensity, above which plant production will decrease until the death. With the continuing increase of the Greater Snow Goose population, both in total and at Bylot Island (Gauthier et al. 1996b, Reed et al. 1998), we can expect that the increase in the grazing pressure could exceed the capacity of the graminoids to recover. Another factor of instability in the system is the grubbing by geese. The action of extracting rhizomes and roots of plants could also accelerate the process of degradation of the habitat. Grazing and grubbing by geese could lead to the sudden collapse of the whole system above a certain threshold and result in considerable damage to plant communities as it was recently observed on the west coast of Hudson Bay (Kerbes et al. 1990, Iacobelli and Jefferies 1991, Srivastava and Jefferies 1996, Kotanen and Jefferies 1997).

Despite some biases, our estimate of the carrying capacity of the habitats and the level reached by the actual population on Bylot Island is a first approximation. However, because the total food availability should decrease with the increase in the goose population, the interactive model predicted that our estimate of the carrying capacity of wetland habitats may be too liberal in the long-term. The difference between the actual population size (156 000 birds) and the population size at carrying capacity (265 000 birds; based on the forage availability) represents an interval where the condition of the animals as well as the condition of the habitats could rapidly change if a threshold in the ability of plants to recover from grazing is exceeded. The carrying capacity could also fluctuate with abiotic factors since plant production is closely related to climatic conditions (Gauthier et al. 1996b). For example, in 1996, (a cool summer with a delayed snow-melt in spring), the carrying capacity based on plant production that year could have sustained only 180 000 individuals whereas in 1997 a favorable year for plants growth, the carrying capacity was close to 345 000 individuals.

Even if our quantitative estimate of the carrying capacity of Bylot Island for geese is somewhat imprecise, it is the first estimate for a goose colony in North America before destruction of the nesting habitat by over grazing. It provides a first index of the amount of food available on Bylot Island and of the number of geese that can be supported by the different wetland habitats. It

is essential to determine these parameters because lack of adequate food supply to sustain optimal growth of goslings has already been suggested for Bylot Island. As the summer advances, goose families tend to move from their preferred habitats (wetlands) to upland habitats, possibly a consequence of food depletion in preferred habitats because of grazing (Hughes et al. 1994a). The feeding conditions encountered by goslings during the summer can greatly affect their growth and subsequent survival and thus affect the population demography (Larsson and Forslund 1991, Cooch et al. 1993, Lindholm et al 1994, Lepage et al. 1998, Menu 1998). From 1975 to 1994 Reed and Plante (1997) noted a decline in body mass, size and condition (size related to mass) of Greater Snow Goose goslings shot by hunters at the main fall staging area on the St. Lawrence River (Quebec). These authors suggested that this change was a density-dependant effect probably related to a decrease in food resources per capita on the brood-rearing sites. For several colonies of arctic-nesting geese, declines of body mass, size and condition (Cooch et al. 1991, Larsson and Forslund 1991, Loonen et al. 1997) as well as a decrease in the survival of goslings (pre-fledging or first year survival; Cooch and Cooke 1991, Francis et al. 1992, Williams et al. 1993) have been documented in North America and Europe. These authors generally suggested that these changes were related to density-dependent effects due to large population increase in recent decades. Despite these density-dependent effects, this has not prevented the Lesser Snow Goose population breeding along the West Coast of Hudson Bay to exceed the carrying capacity of the habitat and cause extensive damage to the salt marshes. A reason for this situation is that geese leave the Arctic in fall and benefit from food subsidy from agriculture in winter, thereby enabling them to “cheat” the system and maintain a positive growth despite a shortage of food in summer (Abraham and Jefferies 1997).

CONCLUSION

Our results suggest that the carrying capacity of Bylot Island is not yet reached. Permanent degradation of the habitats has not occurred and few density-dependent effects on goslings and adults have yet been observed on Bylot Island. However, the carrying capacity is not a constant value and is expected to change in response to plant growing condition prevailing during the

summer and plant response to grazing. Plant production of the various habitats and the associated carrying capacity is closely related to the climatic conditions that can be quite variable in the Arctic. For these reasons, the carrying capacity is expected to change on a year to year basis, being higher during favorable years and lower during unfavorable years. Moreover, since grazing by geese can have a deleterious effect on plant production beyond a certain threshold, the carrying capacity of Bylot Island can abruptly decrease beyond a certain population size. Thus, in an attempt to better estimate the number of individuals that can be supported by the different habitats, more investigations are needed. These studies should take into account the plant production in marginal upland habitat of Bylot Island and its importance as a source of food for geese as well as the plant response (production) to different grazing intensities by geese under different climatic conditions. The frequency of favorable and unfavorable years for plant growth and production of young should be considered to take into account the high variability of environmental conditions in the Arctic.

As Greater Snow Geese are causing damage to crops in southern Quebec (Bédard and Lapointe 1991, Filion et al. 1998) and on natural staging and wintering habitats (marshes; Giroux and Bédard 1987, Smith and Odum 1981) there is great pressure to revise the management plan of the population. In order to maintain the long-term integrity of the natural ecosystems used by the Greater Snow Geese throughout its life cycle, some actions should be taken in the near future in order to prevent the destruction of the habitats used by the geese and the deterioration of the population itself. We recommend that the population should be kept at a level below the carrying capacity estimated in this study.

QUATRIÈME CHAPITRE

CONCLUSION GÉNÉRALE

Alors que plusieurs espèces animales tentent vainement de survivre dans des habitats naturels fortement perturbés par l'Homme, les oies à travers le monde bénéficient généralement des changements apportés au milieu par ce dernier. La population mondiale de la Grande Oie des neiges a beaucoup augmenté ces dernières années en réponse aux changements causés par l'Homme (Reed et al. 1998). À l'île Bylot, site principal de nidification de cette espèce, les oies se nourrissent principalement dans les milieux humides à dominance de cypéracées et de graminées (Hughes et al. 1994a, Gauthier et al. 1996b). Le broutement actuel par les oies à l'île Bylot réduit la biomasse aérienne, à la fin de l'été, des plantes graminoides retrouvées dans ces habitats préférés par les oies durant la période d'élevage des jeunes (Gauthier et al. 1995). Puisque le surbroutement dans les habitats arctiques peut conduire à une destruction importante des habitats (Kerbes et al. 1990, Iacobelli and Jefferies 1991, Srivastava et Jefferies 1996, Kotanen et Jefferies 1997), nous faisons face aujourd'hui à un questionnement sur la possibilité de limiter la croissance des populations d'oies et sur le nombre d'individus jugé acceptable pour chaque population. La capacité de support des habitats arctiques de nidification est peut-être une réponse à ces questions. Toutefois, afin de déterminer la capacité de support de l'île Bylot pour la Grande Oie des neiges, la description et la caractérisation de ce milieu était d'abord indispensable.

L'importance d'un site pour l'alimentation des oies et la capacité de support de ce site réside dans la diversité et la quantité d'habitats qui y sont retrouvés. Les habitats *coulée en terrain plat* et *polygone humide* fournissent la quasi totalité des ressources végétales disponibles pour les oies et leur couvée à l'île Bylot. En effet, ces deux habitats fournissent près de 95 % de leur nourriture, étant d'ailleurs les habitats les plus broutés par les oies. Ces deux types d'habitats se retrouvant principalement sur les sites Glaciers, Rivière Pointe Dufour, Pointe Dufour, Camp Secondaire et Vallée des Oies, ces cinq sites s'avèrent donc les plus importants pour les oies en période d'élevage des jeunes à l'île Bylot. Toutefois, les dépenses énergétiques des oies reliées à la recherche de nourriture et aux déplacements d'un endroits à l'autre à l'intérieur d'un même site et entre les sites devront être considérée dans l'éventuelle détermination de la qualité générale de chacune de ces concentrations de milieux humides pour les oies et leur couvée.

Quant à la capacité de support de l'île Bylot pour la Grande Oie des neiges, il apparaît qu'elle n'est pas encore atteinte puisque les oies bénéficient en moyenne de près du double de nourriture nécessaire à leur survie. La destruction des habitats par les oies n'a pas été observée jusqu'à maintenant et seulement quelques effets dépendant de la densité (faible diminution de la taille et du poids des oiseaux) ont été notés. Ceci est donc en accord avec nos résultats. Toutefois, les conditions climatiques ont un impact considérable sur la production des milieux humides et sur la densité des oies. Ainsi, il est important de comprendre que la capacité de support n'est pas une valeur fixe dans le temps, puisqu'elle est appelée à varier selon la réponse des plantes aux différentes conditions de croissance durant la saison estivale. Conséquemment, la capacité de support est susceptible de varier sur une base annuelle, étant élevée lors des années présentant des conditions climatiques favorables à la croissance des plantes (fonte de la neige rapide, taux d'humidité élevé, température chaude, etc) et faible lors des années où la croissance des plantes est peu favorisée. Il a été possible de constater dans le cadre de cette étude que cette variabilité annuelle peut être très importante. En effet, en 1997, année durant laquelle les conditions climatiques étaient plus propices à la croissance des plantes, la capacité de support de l'île Bylot a été près de deux fois supérieure à 1996 qui a été une année où les conditions étaient moins clémentes. Cependant, la densité d'oies est également directement reliée aux conditions climatiques, l'abondance d'oies avec des couvées étant plus élevée lors des années où les conditions sont favorables à la reproduction et à la survie des oisons (fonte de la neige rapide, température plus chaude; Lepage et al. 1996). Puisque les conditions favorables à la croissance des plantes sont généralement similaires à celles favorisant la reproduction des oies et la survie des oisons, une année où la production des plantes est élevée est généralement une année où la densité des oies est également élevée et vice-versa. Ainsi, bien qu'il semble s'établir un certain équilibre annuel entre les oies et les habitats d'élevage qu'elles fréquentent, cet équilibre peut être précaire, et susceptible de se rompre selon les changements du milieu.

En plus de varier selon les conditions climatiques, la capacité de support est appelée à varier selon la réponse des plantes au broutement par les oies. Puisque le broutement par les oies peut avoir un effet négatif sur la production des plantes au-delà d'une certaine intensité de broutement, la capacité de support de l'île Bylot sera peut-être appelée à diminuer avec l'augmentation de la

population. Les résultats préliminaires du suivi à long terme (5 ans) des exclos à l'île Bylot montrent d'ailleurs que la production des plantes graminoides augmente lorsque le broutement est interrompu pendant quelques années. Ceci suggère que le broutement chronique des plantes mène à un équilibre à faible niveau de production entre l'animal et son milieu (Gauthier et al. 1996b).

Ainsi, dans le but d'obtenir une estimation plus précise du nombre d'individus pouvant être supporté par les différents types humides sur l'île Bylot, l'évaluation de certains paramètres non-étudiés dans cette étude devra être effectuée. Ces travaux devront prendre en considération la production des plantes dans les habitats autres que ceux de milieux humides et leur rôle dans l'alimentation des oies ainsi que la réponse des plantes (production) à différentes intensités de broutement par les oies sous différentes conditions climatiques. La fréquence d'années favorables et défavorables pour la croissance des plantes et la production des jeunes devra aussi être considérée afin de prendre en compte la grande variabilité des conditions climatiques estivales en Arctique.

Finalement, puisque la Grande Oie des neiges semble être responsable de certains dommages effectués sur les récoltes dans le sud du Québec (Bédard and Lapointe 1991, Filion 1998), sur les marais naturels des haltes migratoires et des sites d'hivernage (Giroux and Bédard 1987, Smith and Odum 1981), des pressions considérables se font aujourd'hui ressentir afin de réviser les plans d'aménagement de cette population. Dans cette optique et pour maintenir l'intégrité à long terme des écosystèmes naturels utilisés par la Grande Oie des neiges au cours de son cycle de vie, certaines décisions devront être prises dans un futur rapproché afin de prévenir la destruction des habitats utilisés par les oies et la population d'oies elle-même. Enfin, nous suggérons que la population soit maintenue à un nombre d'individus inférieur à celui de la capacité de support du milieu établi dans le cadre de cette étude.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abraham, K. F. et R. L. Jefferies. 1997. High goose populations: causes, impacts and implications. P. 7-22 dans B. D. J. Batt, éd. Arctic Ecosystems in Peril: Report of the Arctic Goose Habitat Working Group. Arctic Goose Joint Venture Special Publication. U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C. and Canadian Wildlife Service, Ottawa, Ontario.
- Abraham, K. F., R. L. Jefferies, R. F. Rockwell et C. D. MacInnes. 1996. Why are there so many white geese in North America? P. 79-92 dans J. Ratti, éd. Proceedings of the 7th International Waterfowl Symposium. Ducks Unlimited, Memphis, Tennessee.
- Ankney, C. D. 1996. An embarrassment of riches: too many geese. *J. Wildl. Manage.* 60:217-223.
- Archer, A. et L. L. Tieszen. 1980. Growth and physiological responses of tundra plants to defoliation. *Arctic Alp. Res.* 12:531-532.
- Bailey, J. A. 1984. Principles of wildlife management. John Wiley and Sons, New York, New York. 373 p.
- Bazely, D. R. et R. L. Jefferies. 1985. Goose faeces: a source of nitrogen for plant growth in a grazed salt marsh. *J. Appl. Ecol.* 22:693-703.
- Beatley, T. 1994. Habitat conservation planning: endangered species and urban growth. University of Texas Press, Austin., Texas. 234 p.
- Beaulieu, J., G. Gauthier et L. Rochefort. 1996. The growth response of graminoid plants to goose grazing in a High Arctic environment. *J. Ecol.* 84:1-10.
- Bédard, J. et G. Gauthier. 1989. Comparative energy budgets of greater snow geese *Chen caerulescens atlantica* staging in two habitats in spring. *Ardea* 77:3-20.
- Bédard, J. et G. Lapointe. 1991. Responses of hayfield vegetation to spring grazing by greater snow geese. *J. Appl. Ecol.* 28:187-193.
- Bédard, J., A. Nadeau et G. Gauthier. 1986. The effects of spring grazing by greater snow geese on hay production. *J. Appl. Ecol.* 23:65-76.
- Begon, M., J. L. Harper et C. R. Townsend. 1990. Ecology : Individuals, Populations and Communities. 2^e éd. Blackwell Scientific Publications, Cambridge, Massachusetts. 945 p.

- Bliss, L.C. 1986. Arctic ecosystems: Their structure, functions, and herbivore carrying capacity. P. 5-26 *dans* O. Gudmundsson, éd. *Grazing Research at Northern Latitudes*. Plenum Press, New-York, New York.
- Blouin, F. 1996. Suivi de la migration automnale de la Grande Oie blanche à l'aide de la télémétrie par satellite, 71 p. Mémoire de maîtrise. Université du Québec à Montréal.
- Cargill, F. S. et R. L. Jefferies. 1984. The effects of grazing by lesser snow geese on the vegetation of a sub-arctic salt marsh. *J. Appl. Ecol.* 21:669-686.
- Caughley, G. 1976. Wildlife management and the dynamics of ungulate populations. P. 183-256 *dans* T. H. Coaker, éd. *Applied Biology*, Vol. 1. Academic Press, London,
- Caughley, G. et A. R. E. Sinclair. 1994. *Wildlife ecology and management*. Blackwell Scientific Publications, Cambridge, Massachusetts. 334 p.
- Clymo, R. S. 1963. Ion exchange in *Sphagnum* and its relation to bog ecology. *Ann. Bot.* 27:309-324.
- Cooch, E. G. et F. Cooke. 1991. Demographic changes in a Snow Goose population: biological and management implications. P. 168-189 *dans* C.M. Perrins, J.-D. Lebreton et G.J.M. Hirons, éd. *Birds Population Studies*. Oxford University Press, Oxford, England.
- Cooch, E. G., R. L. Jefferies, R. F. Rockwell et F. Cooke. 1993. Environmental changes and the cost of philopatry: an example in the lesser snow goose. *Oecologia* 93:128-138.
- Cooch, E. G., D. B. Lank, R. F. Rockwell et F. Cooke. 1989. Long-term decline in fecundity in a snow goose population: evidence for density dependence? *J. Anim. Ecol.* 58:711-726.
- Cooch, E. G., D. B. Lank, R. F. Rockwell et F. Cooke. 1991. Long-term decline in body size in a snow goose population: evidence of environmental degradation? *J. Anim. Ecol.* 60:483-496.
- Crête, M. 1989. Approximation of K carrying capacity for moose in eastern Quebec. *Can. J. Zool.* 67:373-380.
- Dajoz, R. 1975. *Précis d'écologie*. 3^e éd. Dunod, Paris. 549 p.
- Dasman, R.F. 1981. *Wildlife Biology*. 2^e éd. John Wiley & Sons, New York, New York. 212 p.
- Edwards, R. Y. et C. D. Fowle. 1955. The concept of carrying capacity. *Trans. North Am. Wildl. Conf.* 20:589-602.

- Esselink, P., G. J. F. Helder, B. A. Aerts et K. Gerdes. 1997. The impact of grubbing by Greylag Geese (*Anser anser*) on the vegetation dynamics of a tidal marsh. *Aquat. Bot.* 55:261-279.
- Filion, B., D. Luszczyk et G. Allard. 1998. Impact of geese on farmlands. P. 62-68 dans B. D. J. Batt, éd. *The Greater Snow Goose : population, ecosystem concerns, agricultural impacts and recommendations for future management*. Report of the Arctic Goose Habitat Working Group. Arctic Goose Joint Venture Special Publication. U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C. and Canadian Wildlife Service, Ottawa, Ontario.
- Francis, C. M., M. H. Richards, F. Cooke et R. F. Rockwell. 1992. Long-term changes in survival rates of lesser snow geese. *Ecology* 73:1346-1362.
- French, H. M. 1996. *The Periglacial Environment*. 2^e éd. Addison Wesley Longman Limited, Edinburgh Gate, Harlow. 341 p.
- Ganter, B. et F. Cooke. 1996. Pre-incubation feeding activities and energy budgets of snow Geese: Can food on the breeding grounds influence fecundity? *Oecologia* 102:153-165.
- Ganter, B., F. Cooke et P. Mineau. 1996. Long-term vegetation changes in a Snow Goose nesting habitat. *Can. J. Zool.* 74:965-969.
- Gauthier, G. 1993. Feeding ecology of nesting Greater Snow Geese. *J. Wildl. Manage.* 57:216-223.
- Gauthier, G., J. Bédard et Y. Bédard. 1984. Comparison of daily energy expenditure of greater snow geese between two habitats. *Can. J. Zool.* 62:1304-1307.
- Gauthier, G. J.-F. Giroux et J. Bédard. 1992. Dynamics of fat protein reserves during winter and spring migration in greater snow geese. *Can. J. Zool.* 70:2077-2087.
- Gauthier, G., R. J. Hughes, A. Reed, J. Beaulieu et L. Rochefort. 1995. Effect of grazing by greater snow geese on the production of graminoids at an arctic site (Bylot Island, NWT, Canada). *J. Ecol.* 83:653-664.
- Gauthier, G., A. Reed, L. Rochefort et J.-F. Giroux. 1996a. Breeding ecology of Greater snow Geese on Bylot Island (NWT) in 1996: a progress report. Annual report of Bylot Island research project. 16 p.
- Gauthier, G., A. Reed, L. Rochefort et J.-F. Giroux. 1997. Breeding ecology of Greater snow Geese on Bylot Island (NWT) in 1997: a progress report. Annual report of Bylot Island research project. 16 p.

- Gauthier, G., L. Rochefort et A. Reed. 1996b. The exploitation of wetland ecosystems by herbivores on Bylot Island. *Geosciences Canada* 23:253-259.
- Giroux, J.-F. et J. Bédard. 1987. The effects of grazing by greater snow geese on the vegetation of tidal marshes in the St. Lawrence estuary. *J. Appl. Ecol.* 24:773-788.
- Giroux, J.-F., B. Batt, S. Brault, G. Costanzo, B. Fillion, G. Gauthier, D. Luszczyk et A. Reed. 1998a. Conclusions and management recommendations. P. 85-91 *dans* B. D. J. Batt, éd. The Greater Snow Goose: population, ecosystem concerns, agricultural impacts and recommendations for future management. Report of the Arctic Goose Habitat Working Group. Arctic Goose Joint Venture Special Publication. U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C. and Canadian Wildlife Service, Ottawa, Ontario.
- Giroux, J.-F., G. Gauthier, G. Costanzo et A. Reed. 1998b. Impact of geese on natural habitats. P. 32-61 *dans* B. D. J. Batt, éd. The Greater Snow Goose: population, ecosystem concerns, agricultural impacts and recommendations for future management. Report of the Arctic Goose Habitat Working Group. Arctic Goose Joint Venture Special Publication. U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C. and Canadian Wildlife Service, Ottawa, Ontario.
- Graigie, J. S. et W. S. G. Maass. 1966. The cation-exchanger in *Sphagnum* spp. *Ann. Bot.* 30:153-154.
- Gray, J. T. et M. Seppälä. 1991. Deeply dissected tundra polygons on a glacio-fluvial outwash plain, Northern Ungava Peninsula, Québec. *Géog. Phys. Quat.* 45:111-117.
- Hik, D. S. et R. L. Jefferies. 1990. Increase in net above-ground primary production of a salt-marsh forage grass: a test of the predictions of the herbivore-optimization model. *J. Ecol.* 78:180-195.
- Hik, D. S., H. A. Sadul et R. L. Jefferies. 1991. Effects of the timing of multiple grazings by geese on net above-ground primary production of swards of *Puccinellia phryganodes*. *J. Ecol.* 79:715-730.
- Hill, M. R. J. 1992. Movements and habitat use by wintering greater snow geese (*Chen caerulescens atlantica*) on the Delmarva Peninsula. 111 p. Mémoire de maîtrise, Eastern Kentucky University.
- Hobbs, N.T., D. L. Baker, J. E. Ellis, D. M. Swift et R. A. Green. 1982. Energy and nitrogen-based estimates of elk winter-range carrying capacity. *J. Wildl. Manage.* 46:12-21.
- Hobbs, N. T. et T. A. Hanley. 1990. Habitat evaluation: do use/availability data reflect carrying capacity? *J. Wildl. Manage.* 54:515-522.

- Hobbs, N. T. et D. M. Swift. 1985. Estimates of habitat carrying capacity incorporating explicit nutritional constraints. *J. Wildl. Manage.* 49:814-822.
- Hughes, R. J., G. Gauthier et A. Reed. 1994a. Summer habitat use and behavior of Greater Snow Geese *Anser caerulescens*. *Wildfowl* 45:49-64.
- Hugues, R.J., A. Reed et G. Gauthier. 1994b. Space and habitat use by Greater Snow Goose broods on Bylot Island, Northwest Territories. *J. Wild. Manage.* 58:536-545.
- Iacobelli, A. et R. L. Jefferies. 1991. Inverse salinity gradients in coastal marshes and the death of stands of *Salix*: the effects of grubbing by geese. *J. Ecol.* 79:61-73.
- Jefferies, R. L. 1988. Pattern and process in Arctic coastal vegetation in response to foraging by lesser snow geese. P. 341-369 *dans* M.J.A. Werger, P. J. M. van der Aart, H. J. During et J. T. A. Verhoeven, éd. *Plant Form and Vegetation Structure, Adaptation, Plasticity and Relationship to Herbivory*. SBA Academic Publishers, The Hague.
- Kerbes, R. H., P. M. Kotanen, et R. L. Jefferies. 1990. Destruction of wetland habitats by lesser snow geese; a keystone species on the west coast of Hudson Bay. *J. Appl. Ecol.* 27:242-258.
- Klassen, R.A. 1993. Quaternary geology and glacial history of Bylot Island, Northwest Territories. Geological Survey of Canada Memoir no. 429, Ottawa, Ontario. 93 p.
- Kotanen, P. M. et R. L. Jefferies. 1997. Long-term destruction of sub-arctic wetland vegetation by lesser snow geese. *Ecoscience.* 4:179-182.
- Lachenbruch, A. H. 1962. Mechanics of thermal contraction cracks and ice-wedge polygons in permafrost. Geological Society of America, Special Paper No 70. 69 p.
- Lack, D. 1966. *Population Studies of Birds*. Clarendon Press, Oxford. 341 p.
- Larsson, K., et P. Forslund. 1991. Environmentally induced morphological variation in the barnacle goose, *Branta leucopsis*. *J. Evol. Biol.* 4:619-636.
- Lemieux, L. 1959. Histoire naturelle et aménagement de la grande oie blanche *Chen Hyperborea atlantica*. *Nat. can.* 86:133-192.
- Lepage, D. 1998. Variation saisonnière du succès reproducteur chez la Grande Oie des neiges (*Chen caerulescens atlantica*). 160 p. Thèse de doctorat, Université Laval.

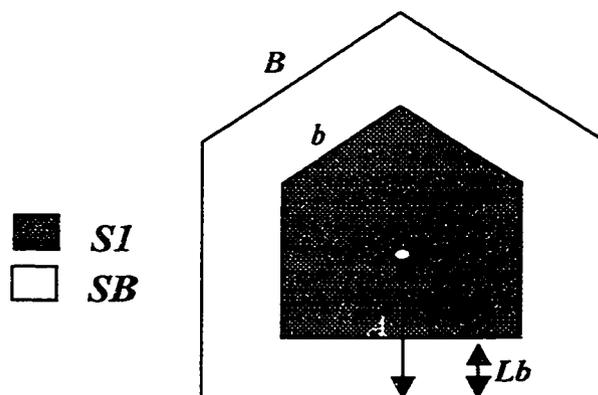
- Lepage, D., G. Gauthier et A. Reed. 1996. Breeding-site infidelity in greater snow geese: a consequence of constraints on laying date? *Can. J. Zool.* 74:1866-1875.
- Lepage, D., G. Gauthier et A. Reed. 1998. Seasonal variation in growth of greater snow goose goslings: the role of food supply. *Oecologia* 114: 226-235.
- Lesage, L. et G. Gauthier. 1997. Growth and organ development in greater snow goose goslings. *The Auk* 114:229-241.
- Lindholm, A., G. Gauthier et A. Desrochers. 1994. Effects of hatch date and food supply on gosling growth in arctic-nesting greater snow geese. *Condor* 96:898-908.
- Loonen, M. J. J. E., K. Oosterbeek et R. H. Drent. 1997. Variation in growth of young and adult size in Barnacle Geese *Branta leucopsis*: evidence for density dependence. *Ardea* 85:177-192.
- MacInnes, C. D. et R. H. Kerbes. 1987. Growth of the Snow Goose, *Chen caerulescens*, colony at McConnell River, Northwest Territories: 1940-1980. *Can. Field-Nat.* 10:33-39.
- MacNab, J. 1985. Carrying capacity and related slippery shibboleths. *Wild. Soc. Bull.* 13:403-410.
- Manseau, M. et G. Gauthier. 1993. Interactions between greater snow geese and their rearing habitat. *Ecology* 74:2045-2055.
- Manseau, M., J. Huot, et M. Crête. 1996. Effects of summer grazing by caribou on composition and productivity of vegetation: community and landscape level. *J. Ecol.* 84:503-513.
- Mattheis, P. J., L. L. Tieszen et M. C. Lewis. 1976. Responses of *Dupontia fischeri* to simulated lemming grazing in an Alaskan Arctic tundra. *Ann. Bot.* 40:179-197.
- McCall, T. C., R. D. Brown et L. C. Bender. 1997. Comparison of techniques for determining the nutritional carrying capacity of white-tailed deer. *J. Range. Manage.* 50:33-38.
- McNaughton, S. J. 1983. Compensatory plant growth as a response to herbivory. *Oikos* 40:329-336.
- Menu, S. 1998. Survie de la Grande Oie des neiges: aspects méthodologiques et implications dans la dynamique de populations. 157 p. Thèse de doctorat, Université Laval.
- Oksanen, L., S. D. Fretwell, J. Arruda et P. Niemela. 1981. Exploitation ecosystems in gradients of primary productivity. *Am. Nat.* 118:240-261.

- Owen, M. 1990. The damage-conservation interface illustrated by geese. *Ibis* 132:238-252.
- Owen, M. et J. M. Black. 1991. Geese and their future fortune. *Ibis* 133 suppl. 1:28-35.
- Percival, S. M. et D. C. Houston. 1992. The effect of winter grazing by barnacle geese on grassland yields on Islay. *J. Appl. Ecol.* 29:35-40.
- Piedboeuf, N. 1996. Qualité nutritive des sites d'alimentation des oisons de la grande oie des neiges: est-il avantageux d'utiliser des sites déjà broutés? 74 p. Mémoire de maîtrise, Université Laval.
- Potvin, F. et J. Huot. 1983. Estimating carrying capacity of a white-tailed deer wintering area in Quebec. *J. Wildl. Manage.* 47:463-475.
- Québec. Ministère du loisir, de la chasse et de la pêche. 1989. La faune menacée au Québec. Les Publications du Québec, Québec. 66 p.
- Reed, A. 1976. Geese, nutrition and farmland. *Wildfowl* 27:153-156.
- Reed, A., H. Boyd, P. Chagnon et J. Hawkings. 1992. The numbers and distribution of Greater Snow Geese on Bylot Island and near Jungersen Bay, Baffin Island, in 1988 and 1983. *Arctic* 45:115-119.
- Reed, A. et P. Chagnon. 1987. Greater Snow Geese on Bylot Island, Northwest Territories, 1983. *J. Wild. Manage.* 51:128-131.
- Reed, A., J.-F. Giroux et G. Gauthier. 1998. Population size, productivity, harvest and distribution. P. 7-31 *dans* B. D. J. Batt, ed. The Greater Snow Goose: population, ecosystem concerns, agricultural impacts and recommendations for future management. Report of the Arctic Goose Habitat Working Group. Arctic Goose Joint Venture Special Publication. U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C. and Canadian Wildlife Service, Ottawa, Ontario.
- Reed, A., R.J. Hughes et G. Gauthier. 1995. Incubation behavior and body mass of female greater snow geese. *Condor* 97:993-1001.
- Reed, A. et N. Plante. 1997. Decline in body mass, size, and condition of Greater Snow Geese, 1975-94. *J. Wildl. Manage.* 61:413-419.
- Robinson, W. L. et E. G. Bolen. 1984. *Wildlife Ecology and Management*. Macmillon Publishing Company, New York, New York. 478 p.

- SAS Institute. 1991. Statistical Analysis System 6.0. ed. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina.
- Shay, J. 1881. Wetland protection in the 80's. P. 19-25 *dans* A. Champagne, éd. Proceedings, Ontario Wetland Conference. Federation of Ontario Naturalists, Toronto, Ontario.
- Smith, T. J. et W. E. Odum. 1981. The effect of grazing by snow geese on coastal salt marshes. *Ecology* 62:98-106.
- Srivastava, D. S. et R. L. Jefferies. 1996. A positive feedback: herbivory, plant growth, salinity and the desertification of an arctic salt marsh. *J. Ecol.* 84:31-42.
- Summers, R. W. 1990. The effect on winter wheat of grazing by Brent Geese *Branta bernicla*. *J. Appl. Ecol.* 27:821-833.
- Thibeault, E. 1994. Coût énergétique de l'activité chez la grande oie des neiges (*Chen caerulescens atlantica*) estimé à partir de la fréquence cardiaque. 89 p. Mémoire de maîtrise, Université Laval.
- Tieszen, L.L. 1972. The seasonal course of aboveground production and chlorophyll distribution in a wet arctic tundra at Barrow, Alaska. *Arct. Alp. Res.* 4:307-324.
- Washburn, A. L. 1973. Periglacial processes and environments. St. Martin Press, New York, New York, 520 p.
- Webber, P.J. 1978. Spatial and temporal variation of the vegetation and its production, Barrow, Alaska. P. 37-112 *dans* L.L. Tieszen, éd. *Vegetation and Production Ecology of an Alaskan Tundra*. Springer-Verlag, New York, New York.
- Williams, T. D., E. G. Cooch, R. L. Jefferies et F. Cooke, F. 1993. Environmental degradation, food limitation and reproductive output: juvenile survival in lesser snow geese. *J. Anim. Ecol.* 62:766-777.
- Zoltai, S.C., K.J. McCormick et G.W. Scotter. 1983. A natural resource survey of Bylot Island and adjacent Baffin Island, Northwest Territories. Parks Canada, Ottawa, Ontario. 176 p.

Annexe A. Calcul de la superficie totale de l'habitat (parties sèches, humides et inondées) recouverte par la végétation consommée par les oies pour les cinq types d'habitats humides.

Polygone humide



A : apothème du polygone

B : longueur d'un côté du polygone

SP : superficie totale du polygone ($SI + SB$)

P : périmètre du polygone

b : longueur d'un côté de la partie humide du polygone (partie centrale)

Lb : largeur des bourrelets d'un polygone

SB : superficie des bourrelets du polygone

nc : nombre moyen de côtés dans un polygone (estimée sur le terrain 1997; = 5)

SI : superficie de la partie centrale humide

$\%SI$: proportion de la superficie du polygone constituant un milieu humide

$S2$: superficie totale de la partie humide d'un ensemble de polygones (parcelle) déterminée à partir d'une superficie mesurée avec le planimètre

SL : superficie mesurée avec le planimètre

$\%V$: proportion moyenne de la partie humide de l'habitat recouverte par la végétation consommée par les oies (estimée sur le terrain 1997; = 95%).

Cette proportion exclue les parties de l'habitat où une profonde couche d'eau demeure en quasi permanence durant l'été, empêchant l'établissement des plantes à l'étude.

$S3$: superficie totale de la partie humide d'un habitat (parcelle) recouverte par la végétation consommée par les oies

(B , nc , P et Lb ont été tirés des études de Poulin, Rochefort et Allard, données non-publiées).

1. Calcul de l'apothème du polygone (pour déterminer l'aire du polygone):

$$A = \tan 55^\circ \cdot \left(\frac{B}{2} \right)$$

Calcul de la superficie totale du polygone :

$$SP = \frac{P \cdot A}{2}$$

2. Calcul de la valeur de b (pour déterminer la superficie des bourrelets):

$$b = \frac{A - Lb}{\tan 55^\circ} \cdot 2$$

Calcul de la superficie des bourrelets (aire d'un trapèze):

$$SB = \frac{(B + b) \cdot Lb}{2} \cdot nc$$

3. Calcul de la superficie d'un polygone constituant un milieu humide (partie centrale):

$$SI = SP - SB$$

4. Calcul de la proportion de la superficie d'un polygone constituant un milieu humide:

$$\%SI = \frac{SI}{SP}$$

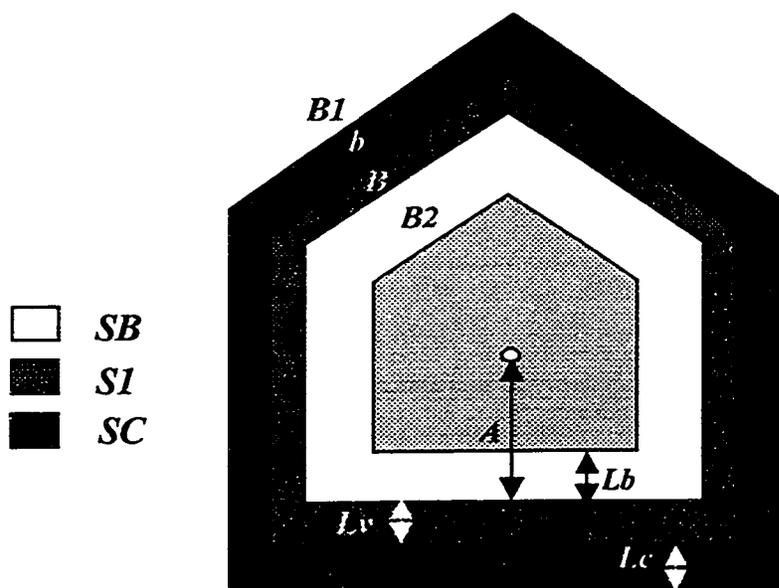
5. Calcul de la superficie humide d'un ensemble de polygones (parcelle) à partir d'une superficie mesurée avec le planimètre:

$$S2 = \%SI \cdot SL$$

6. Calcul de la superficie de la partie humide de l'habitat recouverte par la végétation consommée par les oies pour un ensemble de polygones (parcelle):

$$S3 = \%V \cdot S2$$

Polygone avec canaux



A : apothème du polygone

B : longueur d'un côté du polygone

SP : superficie total du polygone ($SI+SB$)

$B2$: longueur d'un côté de la partie centrale du polygone

Lb : largeur des bourrelets d'un polygone

SB : superficie des bourrelets du polygone

nc : nombre moyen de côtés dans un polygone (= 5)

b : longueur d'un côté de la partie humide (bande de végétation en pourtour du polygone)

SI : superficie de la bande de végétation humide périphérique

Lv : largeur de la bande de végétation en pourtour du polygone (mesurée sur le terrain 1997; = 30cm)

ca : nombre moyen de côtés d'un polygone bordé par un canal (mesuré sur le terrain 1997; = 3)

$B1$: longueur d'un canal

$Lc/2$: demi largeur d'un canal (la largeur du canal est séparée entre deux polygone connexes)

SC : superficie des canaux (associé à un polygone)

P : périmètre du polygone

ST : superficie total (polygone, bande et canaux)

BAI : proportion de la bande de végétation humide d'un complexe polygone/bande/canaux

$S2$: superficie totale de la bande de végétation humide de l'habitat (parcelle) déterminée à partir d'une superficie mesurée avec le planimètre

SL : superficie mesurée avec le planimètre

$\%V$: proportion moyenne de la partie humide de l'habitat recouverte par la végétation consommée par les oies (estimée sur le terrain 1997; = 100%)

$S3$: superficie totale de la partie humide de l'habitat (parcelle) recouverte par la végétation consommée par les oies

(B , nc , Lc , P et Lb ont été tirés des études de Poulin, Rochefort et Allard, données non-publiées).

1. Calcul de l'apothème du polygone (pour déterminer l'aire du polygone):

$$A = \tan 55^\circ \cdot \left(\frac{B}{2} \right)$$

Calcul de la superficie totale du polygone :

$$SP = \frac{P \cdot A}{2}$$

2. Calcul de la valeur de $B2$ (pour déterminer l'aire des bourrelets):

$$B2 = \frac{A - Lb}{\tan 55^\circ} \cdot 2$$

Calcul de la superficie des bourrelets (aire d'un trapèze) :

$$SB = \frac{(B + B2) \cdot Lb}{2} \cdot nc$$

3. Calcul de la valeur de b (pour déterminer l'aire de la bande de végétation):

$$b = \frac{A + Lv}{\tan 55^\circ} \cdot 2$$

Calcul de la superficie de la bande de végétation (aire d'un trapèze)

$$SI = \frac{(B + b) \cdot Lv}{2} \cdot ca$$

4. Calcul de la valeur de $B1$ (pour déterminer l'aire des canaux):

$$B1 = \frac{A + Lv + Lc/2}{\tan 55^\circ} \cdot 2$$

Calcul de la superficie des canaux

$$SC = \frac{(b + B1) \cdot Lc/2}{2} \cdot ca$$

5. Calcul de la superficie totale du complexe polygone-bande-canaux:

$$ST = SP + SI + SC$$

6. Calcul de la proportion de la partie humide d'un complexe polygone-bande-canaux:

$$BAI = \frac{SI}{ST}$$

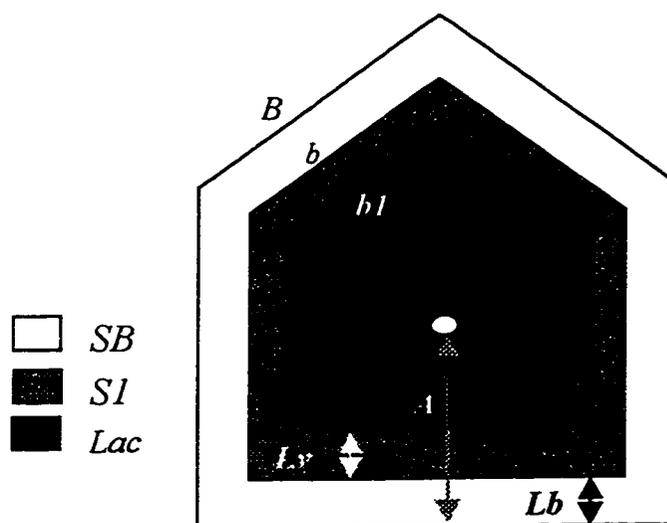
7. Calcul de la superficie de la partie humide d'un ensemble de polygones (parcelle) à partir d'une superficie mesurée avec le planimètre:

$$S2 = BAI \cdot SL$$

8. Calcul de la superficie totale de la partie humide de l'habitat recouverte par la végétation consommée par les oies pour un ensemble de polygones (parcelle):

$$S3 = \%V \cdot S2$$

Polygone lac



- A*: apothème du polygone
B: longueur d'un côté du polygone
SP: superficie totale du polygone
P: périmètre du polygone
b: longueur d'un côté de la partie humide du polygone (bande de végétation en pourtour du plan d'eau)
Lb: largeur des bourrelets d'un polygone
bl: longueur d'un côté du plan d'eau (lac)
Lv: largeur de la bande de végétation (mesurée sur le terrain 1997; = 40 cm)
SI: superficie de la bande de végétation
nc: nombre moyen de côtés dans un polygone (= 5)
BAI = proportion de la bande de végétation humide d'un polygone lac
S2: superficie totale de la bande de végétation humide de l'habitat (parcelle) déterminée à partir d'une mesure prise avec le planimètre
SL: superficie mesurée avec le planimètre
%V: proportion moyenne de la partie humide de l'habitat recouverte par la végétation consommée par les oies (estimée sur le terrain 1997; = 100%)
S3: superficie totale de la partie humide de l'habitat (parcelle) recouverte par la végétation consommée par les oies pour un ensemble de polygones.

(*B*, *nc*, *P* et *Lb* ont été tirés des études de Poulin, Rochefort et Allard, données non-publiées).

1. Calcul de l'apothème du polygone (pour déterminer l'aire du polygone):

$$A = \tan 55^\circ \cdot \left(\frac{B}{2} \right)$$

Calcul de la superficie totale du polygone:

$$SP = \frac{P \cdot A}{2}$$

2. Calcul de la valeur de b (pour déterminer l'aire de la partie humide):

$$b = \frac{A - Lv}{\tan 55^\circ} \cdot 2$$

3. Calcul de la valeur de $b1$ (pour déterminer l'aire de la partie humide):

$$b1 = \frac{A - Lv - Lv}{\tan 55^\circ} \cdot 2$$

4. Calcul de la superficie de la partie humide:

$$SI = \frac{(b + b1) \cdot Lv}{2} \cdot nc$$

5. Calcul de la proportion de la partie humide d'un polygone lac :

$$BAI = \frac{SI}{SP}$$

6. Calcul de la superficie de la partie humide d'un ensemble de polygones (parcelles) à partir d'une superficie mesurée avec le planimètre :

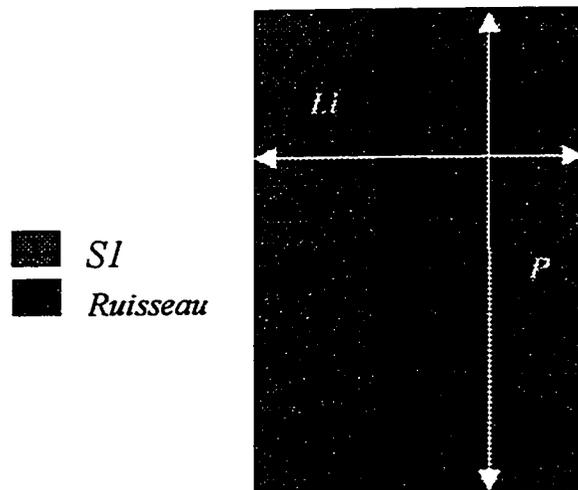
$$S2 = BAI \cdot SL$$

7. Calcul de la superficie de la partie humide de l'habitat recouverte par la végétation consommée par les oies pour un ensemble de polygones (parcelle)

$$S3 = \%V \cdot S2$$

Coulée

Terrain en pente



P: longueur de la coulée (mesurée avec le curvimètre)

Li: largeur du ruisseau à la fonte des neiges (lit d'inondation) permettant l'établissement des plantes à l'étude (mesurée sur le terrain 1997; = 4 m)

ST: superficie de la partie inondée à la fonte des neiges (parties terrestre et aquatique)

%*S1*: pourcentage de la superficie non-inondée en permanence (estimé sur le terrain 1997; 88%)

Cette proportion exclue la superficie occupée par l'eau (ruisseau), soit 12 %

SI: superficie attribuée à la partie humide de l'habitat (sol inondé) à la fonte de la neige

%*V*: proportion moyenne de la partie humide de l'habitat recouverte par la végétation consommée par les oies (estimée sur le terrain 1997; 92 %)

Cette proportion exclue les endroits peu favorables à l'établissement des plantes à l'étude (dénudés de végétation, couverts de roches ou de cailloux, etc.)

S3: superficie totale de la partie humide de l'habitat (sol inondé) recouverte par la végétation consommée par les oies

1. Calcul de la superficie de la partie inondée:

$$ST = P \cdot Li$$

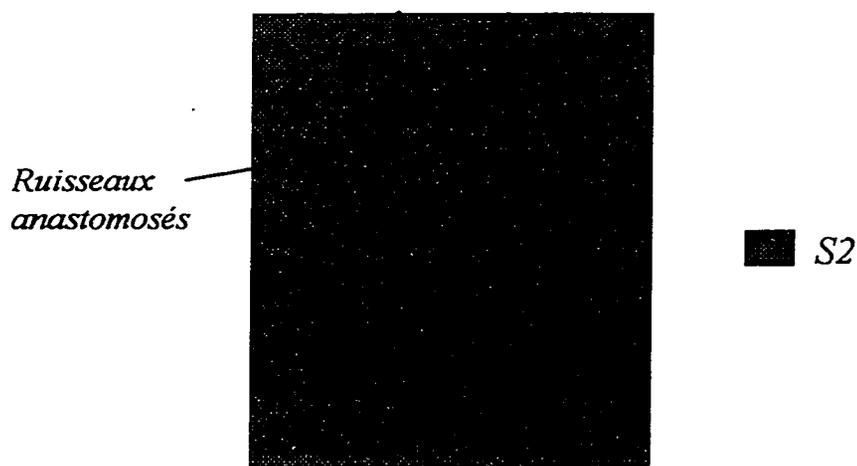
2. Calcul de la superficie attribuée à la partie humide de l'habitat à la fonte de la neige:

$$SI = \%SI \cdot ST$$

3. Calcul de la superficie totale de la partie humide de l'habitat recouverte par la végétation consommée par les oies:

$$S3 = \%V \cdot S1.$$

Terrain plat



$\%S1$: proportion de l'habitat constituant un milieu humide (estimée en 1997; 95 %)

$S1$: superficie de l'habitat constituant un milieu humide

$\%V$: proportion moyenne de la partie humide de l'habitat recouverte par la végétation consommée par les oies (estimée sur le terrain 1997; 100 %).

Cette proportion exclue la superficie occupée par des ruisseaux trop profonds empêchant l'établissement des plantes à l'étude

SL : superficie mesurée avec le planimètre

$S3$: superficie totale de l'habitat recouverte par la végétation consommée par les oies

1. Calcul de la superficie de l'habitat constituant un milieu humide:

$$S1 = \%S1 \cdot SL$$

2. Calcul de la superficie de la partie humide recouverte par la végétation consommée par les oies:

$$S3 = \%V \cdot S1$$

Lac



SR: superficie de la rive du lac

P: périmètre du lac (mesuré avec le curvimètre)

Lr: largeur moyenne de la rive au pourtour du lac (estimée sur le terrain en 1997; 2 m)

%SI: pourcentage de l'habitat (superficie de la rive du lac) constituant un habitat humide (estimé sur le terrain 1997; 50%)

Cette proportion exclue les rives rocailleuses ou très abruptes, peu favorables à l'établissement des plantes à l'étude

SI: superficie totale de l'habitat constituant un milieu humide (en pourtour du lac)

%V: proportion de la partie humide de l'habitat recouverte par la végétation consommée par les oies (estimée sur le terrain en 1997) = 50%

Cette proportion exclue les endroits dénudés de végétation (végétation sporadique)

S3: superficie totale de la partie humide de l'habitat recouverte par la végétation consommée par les oies

1. Calcul de la superficie de la rive en pourtour du lac :

$$SR = P \cdot Lr$$

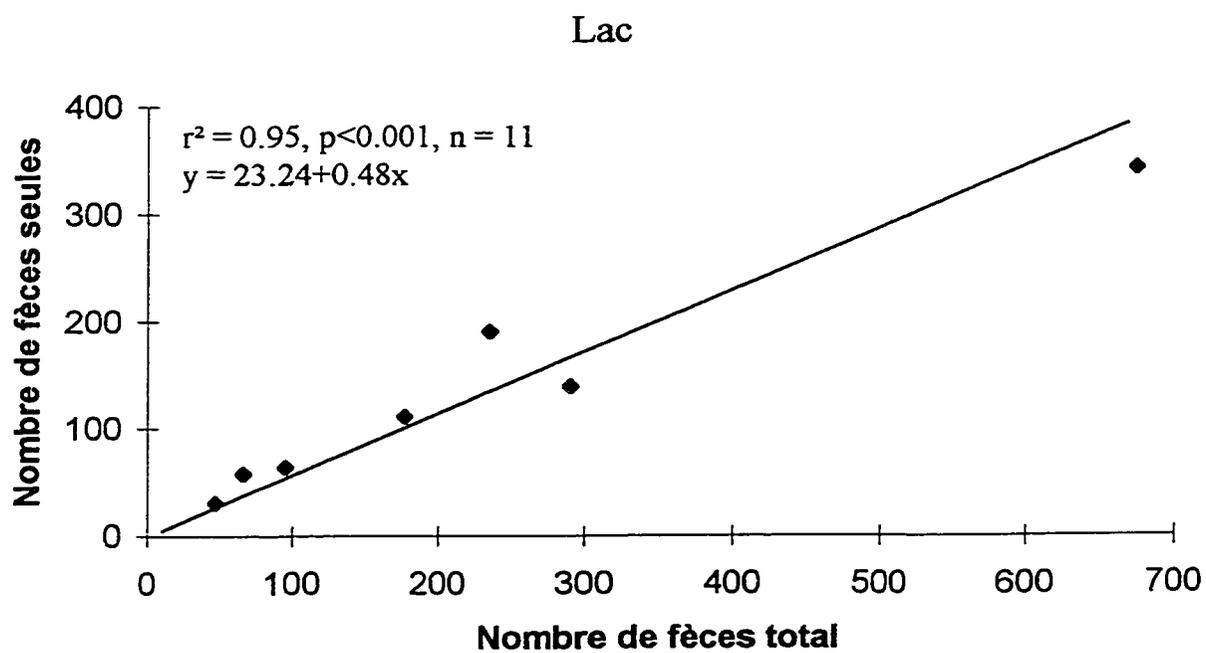
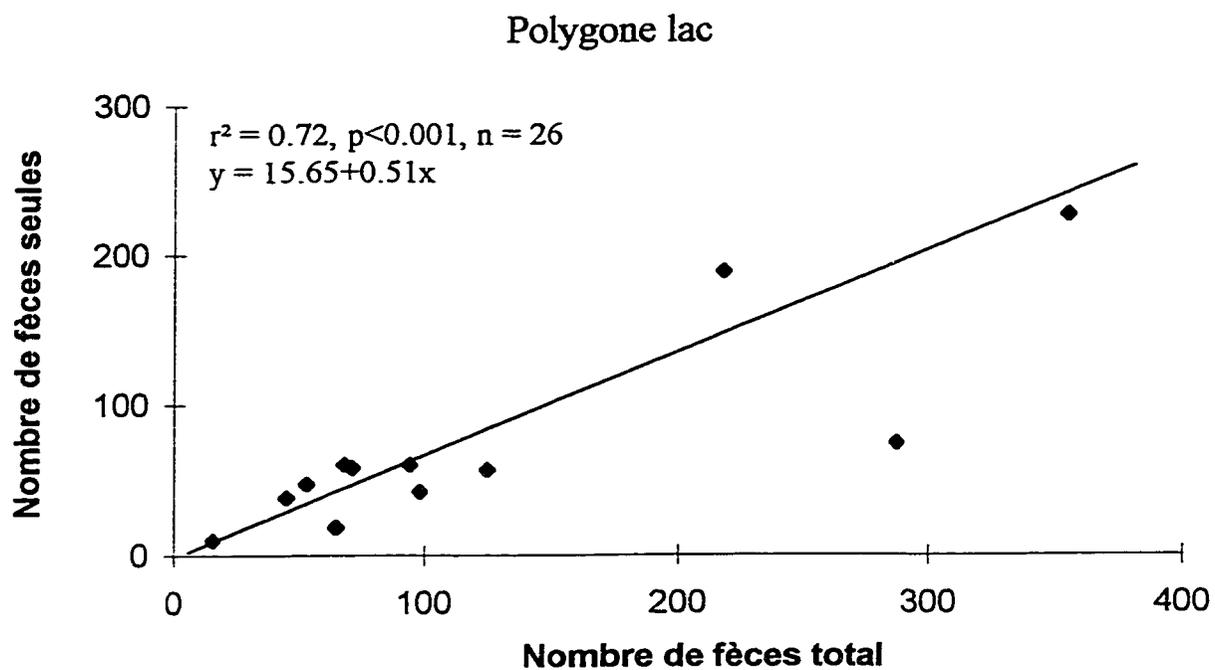
2. Calcul de la superficie de l'habitat constituant un milieu humide:

$$SI = \%SI \cdot SR$$

3. Calcul de la superficie de la partie humide de l'habitat recouverte par la végétation consommée par les oies:

$$S3 = \%V \cdot SI$$

Annexe B: Détermination du facteur de correction pour le nombre total de fèces compté dans les transects (10 m²) des habitats *polygone lac* et *lac* en 1996.



Annexe C: Valeurs journalières utilisées dans le calcul des besoins alimentaire estivaux des jeunes en croissance à l'île Bylot.

Date	Contenu en protéines/jour (g)	Accumulation protéines/jour (g)	Accumulation azote/jour (g)	Qté. de plante à consommer/jour (g)
08-juil	26.09	2.33	0.37	48.81
09-juil	28.42	2.33	0.37	49.10
10-juil	30.93	2.52	0.40	53.19
11-juil	33.66	2.73	0.44	57.56
12-juil	36.61	2.95	0.47	62.24
13-juil	39.79	3.18	0.51	67.21
14-juil	43.23	3.43	0.55	72.51
15-juil	46.93	3.70	0.59	78.12
16-juil	50.91	3.98	0.64	84.05
17-juil	55.19	4.28	0.68	90.30
18-juil	59.78	4.59	0.73	96.86
19-juil	64.69	4.91	0.79	103.72
20-juil	69.94	5.25	0.84	110.87
21-juil	75.55	5.60	0.90	118.28
22-juil	81.51	5.97	0.95	125.93
23-juil	87.85	6.34	1.01	133.78
24-juil	94.57	6.72	1.07	141.79
25-juil	101.67	7.10	1.14	149.92
26-juil	109.16	7.49	1.20	158.09
27-juil	117.04	7.88	1.26	166.25
28-juil	125.29	8.26	1.32	174.33
29-juil	133.93	8.63	1.38	182.25
30-juil	142.93	9.00	1.44	189.93
31-juil	152.27	9.35	1.50	197.28
01-août	161.95	9.67	1.55	204.21
02-août	171.92	9.98	1.60	210.64
03-août	182.18	10.26	1.64	216.48
04-août	192.68	10.50	1.68	221.64
05-août	203.39	10.71	1.71	226.05
06-août	214.27	10.88	1.74	229.65
07-août	225.28	11.01	1.76	232.38
08-août	236.37	11.09	1.78	234.20
09-août	247.51	11.14	1.78	235.07
10-août	258.64	11.13	1.78	234.98
11-août	269.72	11.08	1.77	233.94
12-août	280.71	10.99	1.76	231.96
13-août	291.56	10.85	1.74	229.07
14-août	302.24	10.67	1.71	225.31
15-août	312.70	10.46	1.67	220.76
16-août	322.90	10.21	1.63	215.47

suite

Date	Contenu en protéines/jour (g)	Accumulation protéines/jour (g)	Accumulation azote/jour (g)	Qté. de plante à consommer/jour (g)
17-août	332.83	9.93	1.59	209.52
18-août	342.44	9.62	1.54	202.99
19-août	351.73	9.28	1.49	195.98
20-août	360.66	8.93	1.43	188.56
21-août	369.23	8.57	1.37	180.83
22-août	377.42	8.19	1.31	172.88
23-août	385.22	7.81	1.25	164.78
24-août	392.64	7.42	1.19	156.61
25-août	399.68	7.03	1.13	148.44
26-août	406.32	6.65	1.06	140.34
27-août	412.59	6.27	1.00	132.35