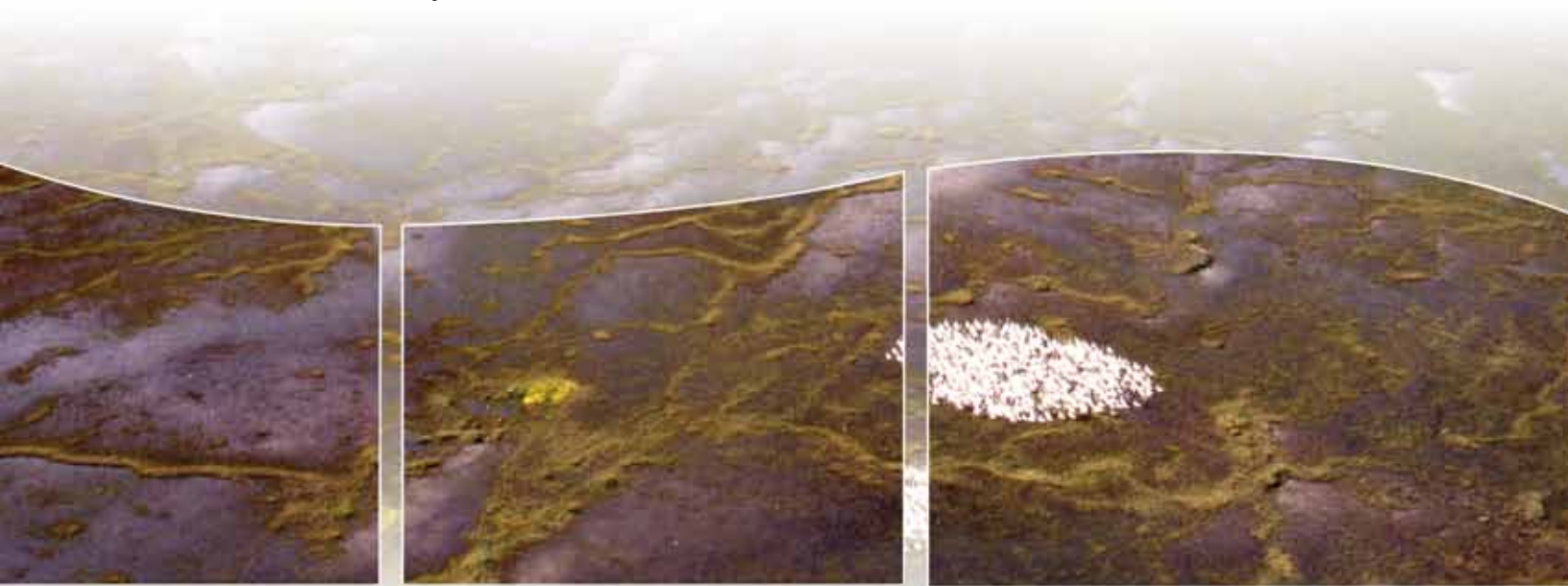




Détection et classification des catégories de couverture terrestre de l'île Southampton, au Nunavut, à l'aide des données du Landsat ETM+

Publication hors série
Numéro 119
Service canadien de la faune
Région des prairies et du nord

Alain J. Fontaine
Mark L. Mallory



Service canadien de la faune Publication hors série

Les Publications hors série font état des résultats de recherches originales effectuées par les membres du personnel du Service canadien de la faune ou appuyées par le Service. Ces publications ont fait l'objet d'un examen par des pairs.

Directeur scientifique en chef du Conseil d'édition

A.J. Gaston
Direction générale des sciences
et de la technologie
Environnement Canada

Conseil d'édition

R.G. Clark
Direction générale des sciences et de la technologie
Environnement Canada

A.W. Diamond
Atlantic Laboratory for Avian Research
University of New Brunswick

R. Letcher
Direction générale des sciences et de la technologie
Environnement Canada

H. Meltofte
National Environmental Research Institute
Danish Ministry of the Environment

P. Mineau
Direction générale des sciences et de la technologie
Environnement Canada

E. Nol
Department of Biology
Trent University

G.J. Robertson
Direction générale des sciences et de la technologie
Environnement Canada

J.-P. Savard
Direction générale des sciences et de la technologie
Environnement Canada

R. Ydenberg
Centre for Wildlife Ecology
Simon Fraser University

Le rôle d'Environnement Canada en matière d'espèces sauvages

Environnement Canada est responsable des questions de compétence fédérale touchant les espèces sauvages. Il est ainsi notamment chargé de la protection et de la gestion des oiseaux migrateurs, des habitats canadiens d'importance nationale et des espèces en péril ainsi que d'autres questions fauniques d'importance nationale et internationale. Le Ministère effectue en outre des travaux de recherche dans nombre de champs d'activité de la biologie des espèces sauvages, et il met en œuvre divers programmes incitatifs visant les espèces sauvages et l'intendance des habitats.

Pour obtenir de plus amples renseignements sur Environnement Canada, pour nous aviser d'un changement d'adresse ou pour nous demander d'ajouter votre nom à notre liste d'envoi ou d'enlever votre nom, prière de communiquer avec la section suivante :

Informathèque
Environnement Canada
Téléphone : 819-997-2800, ou
1-800-668-6767 (sans frais au Canada)
Télécopieur : 819-994-1412
Courriel : enviroinfo@ec.gc.ca
Site Web : www.ec.gc.ca

Les Publications hors série du Service canadien de la faune sont publiées par Environnement Canada. Pour obtenir de plus amples renseignements sur les publications du Service canadien de la faune, prière de visiter le site Web www.ec.gc.ca/publications.

Détection et classification des catégories de couvertures terrestres de l'île Southampton, au Nunavut, à l'aide des données du Landsat ETM+

Alain J. Fontaine¹ et Mark L. Mallory²

**Publication hors série
Numéro 119
Service canadien de la faune
Région des prairies et du nord**

Also available in English under the title
Detection and Classification of Land Cover Classes
of Southampton Island, Nunavut, Using Landsat Etm+ Data

¹ Programme de l'habitat de l'Arctique de l'Est
Service canadien de la faune
Environnement Canada
969, Édifice Qimugjuk
C.P. 1714
Iqaluit (Nunavut) X0A 0H0

² Programme sur les oiseaux de mer de l'Arctique de l'Est
Service canadien de la faune
Environnement Canada
969, Édifice Qimugjuk
C.P. 1714
Iqaluit (Nunavut) X0A 0H0
Courriel : mark.mallory@ec.gc.ca

Ce produit peut être cité comme suit :

Fontaine A.J., Mallory M.L. 2011. Détection et classification des catégories de couvertures terrestres de l'île Southampton, au Nunavut, à l'aide des données du Landsat ETM+. Service canadien de la faune. Publication hors série n° 119, Environnement Canada, Ottawa.

N° de cat. : En84-86/2011F
ISBN: 978-1-100-97764-5

En ligne à l'adresse www.ec.gc.ca/publications
N° de cat. : En84-86/2011F-PDF
ISBN: 978-1-100-97765-2

Le contenu de cette publication ou de ce produit peut être reproduit en tout ou en partie, et par quelque moyen que ce soit, sous réserve que la reproduction soit effectuée uniquement à des fins personnelles ou publiques mais non commerciales, sans frais ni autre permission, à moins d'avis contraire.

On demande seulement :

- de faire preuve de diligence raisonnable en assurant l'exactitude du matériel reproduit;
- d'indiquer le titre complet du matériel reproduit et l'organisation qui en est l'auteur;
- d'indiquer que la reproduction est une copie d'un document officiel publié par le gouvernement du Canada et que la reproduction n'a pas été faite en association avec le gouvernement du Canada ni avec l'appui de celui-ci.

La reproduction et la distribution à des fins commerciales est interdite, sauf avec la permission écrite de l'administrateur des droits d'auteur de la Couronne du gouvernement du Canada, Travaux publics et Services gouvernementaux (TPSGC). Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec TPSGC au 613-996-6886 ou à droitdauteur.copyright@tpsgc-pwgsc.gc.ca.

Photo de la couverture : © Groupe de Petites Oies des neiges en période de mue (*Chen caerulescens*) avec des couvées dans l'habitat des basses terres des aires d'élevage du Refuge d'oiseaux migrateurs de Harry Gibbons, île Southampton, au Nunavut.

Références photographiques : © Toutes les photographies ont été prises par Alain J. Fontaine et Mark L. Mallory

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre de l'Environnement, 2011

Also available in English

Résumé

Les habitats côtiers et les basses terres abritent généralement les espèces sauvages terrestres et une biodiversité de la végétation parmi les plus riches de l'Arctique. Dans certaines régions, la condition et la qualité de ces habitats sont menacées ou endommagées par les populations surabondantes de Petites Oies des neiges (*Chen caerulescens*) et des Oies de Ross (*Chen rossii*), qui broutent excessivement la couverture graminéoïde. Cela peut contribuer à la diminution de la population que l'on constate chez d'autres oiseaux migrateurs qui nichent dans l'Arctique, en particulier les oiseaux de rivage. Par ailleurs, au cours des dernières années, l'intérêt pour l'exploitation des ressources naturelles (p. ex. les métaux communs et précieux, les gemmes, le pétrole et le gaz) a augmenté de façon considérable dans l'Arctique canadien. De tels projets doivent être rigoureusement surveillés afin de réduire au minimum leur empreinte sur les habitats et les espèces sauvages.

L'île Southampton abrite de nombreuses populations d'oiseaux, dont bon nombre sont situées dans le paysage relativement plat, humide et morcellé de la partie sud de l'île. Il existe deux importantes aires de nidification des oies sur l'île : le Refuge d'oiseaux migrateurs de la baie Est et le Refuge d'oiseaux migrateurs de Harry Gibbons. Ces refuges, comme tous les autres refuges d'oiseaux migrateurs, représentent également des aires de reproduction importantes pour les oiseaux migrateurs autres que la sauvagine (en particulier les oiseaux de rivage et les oiseaux aquatiques) et pour d'autres espèces sauvages.

Pour préparer la carte de la couverture terrestre de l'île Southampton, nous avons utilisé des outils de traitement d'images numériques pour améliorer l'imagerie satellitaire obtenue avec l'appareil de cartographie thématique amélioré plus (ETM+) du LANDSAT-7. Les scènes sélectionnées ont été capturées à la fin du mois de juillet et au début du mois d'août 2000, une période jugée adéquate en ce qui concerne la phénologie des plantes, étant donné que la plupart des plantes ont atteint le sommet de leur croissance, mais ne sont pas encore sénescentes. Diverses améliorations et combinaisons de bandes ont d'abord été évaluées. Nous avons sélectionné une amélioration en transformant les bandes 4, 5 et 2 selon une configuration rouge, verte et bleue, car elles représentaient les meilleures images d'ensemble, nous permettant de déterminer les habitats distincts à travers le paysage.

La vérification au sol des images améliorées a été effectuée sur le terrain sur toute la partie de l'île au sud de la latitude 64°31'N, vers la fin du mois de juillet de 2001 et 2002. Nous avons mené des évaluations au sol approfondies sur les habitats de 74 sites et réalisé des évaluations rapides à basse altitude de 1 425 sites. Nous avons ensuite utilisé une variété de techniques afin de classer chaque image et de produire une carte de la couverture terrestre de l'île Southampton.

Nous avons déterminé deux catégories d'eau, deux catégories côtières variables dans les zones intertidales, une catégorie de neige et de glace (qui comprend les glaces de mer) et 18 catégories de couvertures terrestres. Les catégories de couvertures terrestres déterminées dans cette étude

sont celles qui peuvent être aisément distinguées des inspections à basse altitude à l'extérieur des zones de transition entre les catégories. Ces dernières ont affiché des différences distinctes au niveau du substrat, de la communauté végétale, du régime d'humidité et de la position topographique, ce qu'un observateur peut remarquer facilement à l'œil nu. En raison de leur composition caractéristique, ce sont également les habitats qui présentaient le plus grand potentiel d'avoir des communautés ou des assemblages d'espèces sauvages distincts. L'exactitude générale de notre classification était de 96 %. Ce chiffre est élevé grâce à la contribution de nombreuses catégories de couvertures terrestres à l'absorption et à la réflectance élevées qui ont été facilement déterminées et classées et pour lesquelles nous avons obtenu une très bonne précision du producteur et de l'utilisateur.

Ce projet a permis la création d'une carte de l'habitat géoréférencé de base des conditions actuelles de l'habitat de l'île Southampton et grâce à laquelle les changements futurs de cet écosystème arctique pourront être évalués. Malgré la complexité du paysage, nous avons été en mesure de dessiner une carte exacte de la couverture terrestre de l'île, ce qui permettra aux spécialistes de la faune et de l'habitat de définir ou de préciser les cartes de l'habitat pour de nombreuses espèces sauvages, facilitant ainsi la gestion future de leurs populations et la conception et la mise en œuvre de relevés efficaces sur les espèces sauvages.

Abstract

Coastal habitats and lowlands generally support the highest terrestrial wildlife and vegetation biodiversity in the Arctic. In some areas, the condition and quality of these habitats are being threatened or damaged by overabundant Lesser Snow Goose (*Chen caerulescens*) and Ross's Goose (*Chen rossii*) populations overgrazing the graminoid cover. This may be contributing to the decrease observed in the population of other Arctic breeding migratory birds, especially shorebirds. As well, in recent years, interest in natural resource development (e.g., base and precious metals, gems, oil and gas) has increased significantly across the Canadian Arctic. Such projects must be carefully monitored to minimize project footprints on habitats and wildlife.

Southampton Island supports large populations of birds, many of which are located in the relative flat, wet and fragmented landscape of the southern part of the island. The island includes two important goose nesting areas: the East Bay and Harry Gibbons Migratory Bird Sanctuaries (MBSs). These sanctuaries, like all other MBSs, are also important breeding areas for other migratory birds besides waterfowl (especially shorebirds and waterbirds) and for other wildlife.

To prepare a land cover map of Southampton Island, we used a variety of digital image processing tools to enhance LANDSAT 7 Enhanced Thematic Mapping (ETM+) satellite imagery. Selected scenes were captured in late July and early August 2000, a time judged adequate with regard to plant phenology given that most plants have reached their growth peak but are not yet senescent. Various enhancements and band combinations were initially evaluated. We selected an enhancement using transformations of bands 4, 5 and 2 in a red, green and blue configuration, as it provided the best overall images, allowing us to visually identify distinct habitats across the landscape.

Ground-truthing of enhanced images was performed in the field across the whole island south of 64°31'N of latitude in late July of 2001 and 2002. We conducted detailed ground evaluations of habitats at 74 sites, and rapid low-level aerial assessments at 1425 sites. We then used a variety of classification techniques to classify each image and generate a land cover map of Southampton Island.

We identified two water classes, two variable coastal classes in the inter-tidal zone, one snow and ice class (which includes sea ice), and 18 terrestrial land cover classes. The land cover classes identified in this study were those that could be easily distinguished from low-altitude aerial inspections outside of transition zones between classes. These showed distinctive differences in substrate, vegetation community, topographic position, and moisture regime, and could be easily distinguished visually by observers. Due to their characteristic composition, these were also the habitats that had the highest potential to have distinct wildlife communities or assemblages. The overall accuracy of our classification was 96%. This figure is elevated because of the contribution of numerous high reflectance and absorption land cover classes that

were easily identified and classified and for which we obtained high producer and user accuracies.

This project generated a baseline geo-referenced habitat map of the current habitat condition of Southampton Island, against which future changes to this arctic ecosystem can be assessed. Despite the complexity of the landscape, we were able to develop an accurate land cover map of the island, which will allow wildlife and habitat practitioners to define or refine habitat maps for many wildlife species, thereby assisting in future management of their populations and in the design and implementation of effective wildlife surveys.

Remerciements

Ce manuscrit suit en grande partie le format et le texte du projet de cartographie de la couverture terrestre du Refuge d'oiseaux migrateurs du golfe Reine-Maud, paru dans la publication hors série numéro 111 du Service canadien de la faune rédigée par Andrew B. Didiuk et Robert S. Ferguson. La carte de la couverture terrestre du golfe Reine-Maud annonce une série d'autres publications hors série présentant la carte des habitats de refuges d'oiseaux migrateurs importants pour les Oies des neiges. Voici les documents hors série sur la cartographie de la couverture terrestre qui seront bientôt publiés : le refuge d'oiseaux migrateurs de Dewey Soper (à l'ouest de l'île de Baffin), l'île Banks et le refuge d'oiseaux migrateurs de la rivière McConnell (à l'ouest de la baie d'Hudson). Nous avons suivi le format de la publication hors série sur le golfe Reine-Maud afin de conserver l'uniformité de ces documents et nous remercions Andrew et Robert de nous avoir fourni un modèle à suivre.

Les auteurs désirent remercier spécialement Rachel Bryant, Anna Hargreaves, Kerrith McKay, Paul Smith et Iain Stenhouse pour leur aide et leur soutien sur le terrain. Les auteurs ont aussi bénéficié de l'aide et du talent hors pair du pilote Dan Kennedy de Custom Helicopters.

Les auteurs remercient Grant Gilchrist et Myra Robertson du Service canadien de la faune, ainsi que toute leur équipe sur le terrain basée sur le site de la baie Est, dont ils ont apprécié le soutien logistique. Les auteurs remercient également l'Étude du plateau continental polaire, Kenn Borek Air Ltd., Thomas Alogut, Bryce Miller et Josiah Nakoolak pour leur soutien logistique.

Les auteurs remercient Ken Abraham, Mitch Campbell, Andrew Didiuk, Grant Gilchrist, Siu-Ling Han, Vicky Johnston, Jim Leafloor et Kevin McCormick, dont ils ont apprécié l'analyse et les observations au sujet du manuscrit.

Olivia Brown, Andrew Didiuk, Marco Dussault et Géoid Inc. ont participé au traitement des images numériques.

Susan Aiken, du Musée canadien de la nature, a identifié certaines plantes vasculaires et Linda Ley a identifié toutes les bryophytes prélevées au cours des travaux de vérification au sol. Mitch Campbell a participé à l'identification des lichens.

Ce projet a reçu le soutien financier du Service canadien de la faune (Environnement Canada), du Plan conjoint des Oies de l'Arctique et du ministère de l'Environnement du Nunavut.

La présente publication a été produite par la Division des documents scientifiques et techniques du Service canadien de la faune.

Table des matières

1	Introduction	11
1.1	Généralités	11
1.2	Objectifs	13
2	Région étudiée.....	14
2.1	Emplacement géographique	14
2.2	Écorégion et topographie	15
2.3	Géologie	17
2.3.1	Expression superficielle.....	17
2.3.2	Origine	18
2.4	Aires protégées.....	19
2.5	Faune.....	21
3	Méthodes	23
3.1	Données sur les images	23
3.2	Bases de données et géoréférencement	25
3.3	Améliorations des images	25
3.4	Études sur le terrain.....	26
3.5	Classification des images	29
3.6	Mosaïque d'images.....	31
3.7	Évaluation de la précision	32
4	Résultats et analyse	34
4.1	atégories de couvertures terrestres	34
4.2	Interprétation visuelle des améliorations.....	43
4.3	Classification des catégories de couvertures terrestres	45
4.4	Incohérences connues de la classification.....	49
4.5	Précision de la classification	49
5	Possibilités de gestion et de recherche	53
5.1	Pertinence de la recherche.....	53
5.2	Habitat faunique et évaluation environnementale	54
Annexes		63

Liste des figures

Figure 1. Ancienne station baleinière sur la côte est de la baie de la miséricorde (Bay of God's Mercy)	14
Figure 2. Île Southampton, Nunavut, indiquant l'emplacement des terres inuites, du Refuge d'oiseaux migrateurs de la baie Est et du Refuge d'oiseaux migrateurs de Harry Gibbons	15
Figure 3. Relèvement isostatique indiqué par les plages soulevées parallèles à la côte près du cap Low, île Southampton, Nunavut.....	16
Figure 4. Géologie des dépôts meubles de l'île Southampton, Nunavut	18
Figure 5. Origine géologique de l'île Southampton, Nunavut	19
Figure 6. Oiseaux communs de l'île Southampton, Nunavut.....	20
Figure 7. Caribou d'un an dans les hautes terres de la péninsule de Bell, île Southampton, Nunavut.....	22
Figure 8. Carte de l'île Southampton, Nunavut, montrant la couverture approximative de chaque scène de LANDSAT-7 ETM+	24
Figure 9. Répartition de la vérification au sol et des sites d'inspection rapide de l'île Southampton, Nunavut.....	27
Figure 10. Illustration de la consignation des détails d'une vérification au sol et des techniques de collecte des plantes.....	28
Figure 11. Dépression de terrain des polygones concaves dans les basses terres de l'intérieur au sud-est de la baie Est, île Southampton, Nunavut.	36
Figure 12. Exemple d'une amélioration d'image d'une scène prise avec le satellite LANDSAT-7 ETM+ à l'aide d'une transformation auto-clip pour la bande 4, et d'une transformation linéaire pour les bandes 5 et 2, ainsi qu'une diminution de l'eau pour la bande 2, en rouge, en vert et en bleu, respectivement.....	44
Figure 13. Illustration des différentes frontières entre deux catégories de couvertures terrestres, soit de la déflation glaciomarine de la taille de gravier adjacente aux tapis de bruyère	47
Figure 14. Illustration de la couverture terrestre, soit des basses terres côtières présentant des estrans, de petites poches d'eau anastomosée peu profondes et troubles, des baissières graminoides, des sédiments et des tourbes exposés et des tapis de mousse hygrique et hydrique	48
Figure 15. Basses terres côtières très endommagées, adjacentes aux estrans côtiers près du delta de la rivière Boas, Refuge d'oiseaux migrateurs de Harry Gibbons, île Southampton, Nunavut.....	55
Figure 16. Croûtes de sel entre la baie Est et la baie Native, Refuge d'oiseaux migrateurs de la baie Est, île Southampton, Nunavut (prises à une hauteur d'environ 75 m).....	56

Liste des tableaux

Tableau 1. Dates des images, identificateurs de la trajectoire/rangée et couverture nuageuse des scènes de LANDSAT-7 ETM+ utilisés dans la classification de la couverture terrestre de l'île Southampton, Nunavut	24
Tableau 2. Données enregistrées au cours d'une évaluation visuelle de sites de vérification au sol sur l'île Southampton, Nunavut, 2001-2002	29
Tableau 3. Superficie (en km ²) et pourcentage de couverture (en %) des catégories de couvertures terrestres présentes sur l'île Southampton et dans le Refuge d'oiseaux migrants de la baie Est et le Refuge d'oiseaux migrants de Harry Gibbons, Nunavut.....	37
Tableau 4. Sommaire général des caractéristiques enregistrées pour les catégories de couvertures terrestres déterminées à l'aide de l'imagerie satellitaire du LANDSAT-7 ETM+, île Southampton, Nunavut. Consultez l'annexe 1 pour obtenir de plus amples détails.....	38
Tableau 5. Détail de la couverture végétale (en %) des catégories de couvertures terrestres de l'île Southampton, Nunavut	41
Tableau 6. Sommaire général des caractéristiques enregistrées pour les catégories de couvertures terrestres impossibles à discerner des autres catégories au moyen de l'imagerie satellitaire du LANDSAT-7 ETM+, île Southampton, Nunavut. Consultez l'annexe 2 pour obtenir de plus amples détails.	42
Tableau 7. Précision de la classification de l'utilisateur et précision de la classification du producteur des catégories de couvertures terrestres de l'île Southampton, Nunavut	52

1 Introduction

1.1 Généralités

Des recherches réalisées dans différentes parties de l'Arctique canadien ont révélé que certains habitats des basses terres sont actuellement menacés d'une dégradation provoquée par les populations d'oies surabondantes et ravageuses (Kerbes, 1994; Kotanen et Jefferies, 1997; Giroux *et al.*, 1998; Jano *et al.*, 1998; Gauthier *et al.*, 2004; Didiuk et Ferguson, 2005). Par exemple, les changements de végétation dans les terres humides endommagées le long de l'ouest de la baie d'Hudson ont modifié la productivité à long terme de l'habitat de reproduction et de rassemblement des Petites Oies des neiges (*Chen caerulescens*) et des Oies de Ross (*Chen rossii*), ci-après appelées « oies blanches » et d'autres espèces sauvages (Kerbes *et al.*, 1990; Ganter *et al.*, 1996; Strivastava et Jefferies, 1996; Bazely et Jefferies, 1997; Kotanen et Jefferies 1997; Jefferies *et al.*, 2006). L'évaluation et la surveillance de l'habitat sont importantes pour déterminer l'étendue des dommages causés à l'habitat à ce jour, l'ampleur et la hauteur de la végétation, les effets sur les autres espèces sauvages qui restent intactes (Rockwell *et al.*, 2003) et pour faire le suivi des changements de la végétation à long terme, en réponse aux déclinés prévus de l'oie blanche en raison de programmes de régulation des populations pour les récoltes au sud du Canada et aux États-Unis (Plan conjoint des Oies de l'Arctique, 1998; Béchet *et al.*, 2003).

En plus de cette menace, d'autres facteurs d'origine naturelle ou anthropique peuvent avoir des effets nocifs sur les écosystèmes arctiques. Des modèles climatiques laissent entendre que l'Arctique subira une augmentation des températures et des précipitations dans le futur (Balling, 1997; Nadelhoffer *et al.*, 1997; Balling *et al.*, 1998; Hansell *et al.*, 1998; Walsh *et al.*, 2000). Les littoraux tout au long de la région de la baie d'Hudson se soulèvent en raison d'un relèvement glacio-isostatique, qui a une incidence sur le régime d'humidité des basses terres côtières et qui soumet ces habitats à un stress accru (Hunter, 1970; Andrews et Peltier, 1976). Les habitats côtiers sont habituellement les plus diversifiés et les plus productifs des habitats terrestres dans la région de l'Arctique et les changements de disponibilité de l'humidité et des saisons de croissance pourraient avoir une forte incidence sur ceux-ci (Arft *et al.*, 1999). Au cours des dernières années, l'intérêt pour l'exploitation des ressources naturelles (p. ex. les métaux précieux et communs, les gemmes, le pétrole et le gaz) a considérablement augmenté dans l'Arctique canadien, comme l'indique l'augmentation du nombre de réclamations de prospection, de licences d'exploration et de certificats de projet délivrés au cours des dernières années. De tels projets doivent être rigoureusement surveillés afin de réduire au minimum leur empreinte sur les habitats et les espèces sauvages.

L'élaboration de cartes de l'habitat prend en compte la nécessité d'une évaluation de la condition des habitats de base, permet de mettre en place des stations de surveillance de la végétation à forte densité afin d'évaluer le rétablissement de l'écosystème et fournit un cadre pour les futurs

relevés sur la population faunique (Plan conjoint des Oies de l'Arctique, 1998). De plus, des connaissances sur la distribution, l'abondance et la diversité des habitats dans les refuges d'oiseaux migrateurs de tout l'Arctique canadien sont nécessaires pour vérifier que les aires actuellement protégées le sont de manière adéquate, pour les espèces sauvages, pour les collectivités locales et pour les chasseurs et les amateurs des espèces sauvages ailleurs dans l'aire de répartition de l'espèce. Il permet également aux gestionnaires responsables de l'habitat de faire le suivi des changements de l'habitat dans les aires actuellement protégées, afin d'évaluer si ces régions continuent de soutenir les espèces sauvages, raison écologique initiale à la base de leur protection.

Au Nunavut, cinq refuges d'oiseaux migrateurs ont été créés afin de protéger les zones considérées comme importantes pour la reproduction de la Petite Oie des neiges et de l'Oie de Ross (c.-à-d. protéger plus de 75 % et 95 %, respectivement, des populations de l'est et du centre de l'Arctique; Kerbes *et al.*, 2006). La classification et l'évaluation des habitats ont été effectuées pour l'un de ces refuges, le Refuge d'oiseaux migrateurs du golfe Reine-Maud (Didiuk et Ferguson, 2005) et elles sont actuellement en cours pour le Refuge d'oiseaux migrateurs de Dewey Soper (à l'ouest de l'île de Baffin) et le Refuge d'oiseaux migrateurs de la rivière McConnell (à l'ouest de la baie d'Hudson; Didiuk, données inédites). La modification de l'habitat et la nécessité d'une carte de l'habitat sont particulièrement importantes pour les deux autres aires importantes de nidification des oies, soit les Refuges d'oiseaux migrateurs de Harry Gibbons et de la baie Est, sur l'île Southampton. Ces deux refuges, comme tous les autres refuges d'oiseaux migrateurs, représentent également des aires de reproduction importantes pour les oiseaux migrateurs autres que la sauvagine (en particulier les oiseaux de rivage et les oiseaux aquatiques) et pour d'autres espèces sauvages.

Les populations d'oies blanches de l'île Southampton continuent d'augmenter, contrairement aux colonies d'oies de l'ouest de la baie d'Hudson (baie La Pérouse et région de la rivière McConnell) qui, depuis le pic de population au milieu des années 1990, ont connu une dégradation de l'habitat et un déclin du nombre de Petites Oies des neiges et une augmentation du nombre d'Oies de Ross (Comité sur la sauvagine du Service canadien de la faune, 2004). L'état des habitats des basses terres dans l'ouest de la baie d'Hudson peut donner un exemple de ce qui peut se produire sur l'île Southampton si les populations d'oies blanches continuent de croître et de dégrader les écosystèmes nordiques ne faisant pas l'objet d'une vérification. La sauvagine, notamment les oies blanches, et une diversité d'espèces sauvages qui dépendent de la toundra des basses terres représentent une partie importante du régime alimentaire des Premières nations et des populations autochtones des communautés situées autour de la baie d'Hudson (Priest et Usher, 2004). De toute évidence, les changements dans la répartition et l'abondance des oies et leur incidence correspondante sur les habitats et les populations d'autres espèces sauvages de l'île Southampton doivent être pris en compte par les résidents de la collectivité de Coral Harbour et les résidents d'autres communautés le long de la voie de migration des oies blanches dans la baie d'Hudson et le bassin Foxe (Bellrose, 1980; Mowbray *et al.*, 2000). Par conséquent, le fait d'élaborer une carte des habitats sur l'île Southampton pendant l'augmentation de la population des Oies des neiges et de répéter cette action dans plusieurs années fournira des renseignements supplémentaires sur la relation entre la croissance de la population des oies, le pâturage et la dégradation des écosystèmes côtiers de l'Arctique, comme il a été démontré en certains autres endroits de l'Arctique (Didiuk et Ferguson, 2005; Jefferies *et al.*, 2006).

Comme c'est le cas pour la plupart des emplacements de l'Arctique, la vaste superficie et l'éloignement de l'île Southampton posent des difficultés aux gestionnaires de l'habitat et des espèces sauvages qui souhaitent créer des cartes des habitats présents sur l'île. Par conséquent,

L'utilisation de la technologie de télédétection était nécessaire pour la mise en œuvre de ce projet. Le recours à ces technologies pour la cartographie de l'habitat et les relevés géologiques de surface est devenu de plus en plus populaire au cours des dernières années, car cette technologie connaît une évolution et devient avec le temps plus diversifiée et précise tout en tenant compte des besoins de ses utilisateurs et en étant plus abordable au grand public et aux chercheurs (Ferguson, 1991; Joria et Jorgensen, 1996; Morrison, 1997; Jano *et al.*, 1998; Johnston *et al.*, 2000; Nordberg et Allard, 2002; Virtanen *et al.*, 2004). L'acquisition de l'appareil de cartographie thématique amélioré plus (ETM+) du LANDSAT-7 et l'analyse de l'imagerie obtenue avec celui-ci, ainsi que les activités de vérification au sol ont fait partie de ce projet d'évaluation de l'habitat. La résolution saisie par ce satellite est adaptée à la création de cartes de l'habitat à grande échelle pour les régions de l'Arctique et ses types de couverture terrestre, et la vaste gamme de sensibilité spectrale de ses capteurs établit une distinction nette entre les types de végétation et d'humidité de surface des catégories d'habitat.

1.2 Objectifs

L'objectif de ce projet est de produire une carte de référence détaillée de l'habitat illustrant la répartition et l'abondance des divers types de couvertures terrestres présentes sur l'île Southampton, tout comme l'approche utilisée pour cartographier les habitats du golfe Reine-Maud (Didiuk et Ferguson, 2005) et du refuge d'oiseaux migrateurs n° 1 de l'île Banks (Hines *et al.*, 2006). De plus, un travail semblable a été entrepris au refuge d'oiseaux migrateurs de Dewey Soper et au refuge d'oiseaux migrateurs de la rivière McConnell (Didiuk, données inédites).

Les objectifs spécifiques sont les suivants :

- Résumer les facteurs ayant une incidence sur les caractéristiques de l'habitat et l'expression de l'île Southampton.
- Élaborer un système de classification de la couverture terrestre des habitats présents sur l'île Southampton.
- Produire une carte de la couverture terrestre de l'île Southampton, en portant une attention particulière sur le Refuge d'oiseaux migrateurs de la baie Est et sur le Refuge d'oiseaux migrateurs de Harry Gibbons.
- Décrire les caractéristiques physiques et la communauté végétale de chaque type de couverture.
- Fournir un résumé de l'emplacement et l'étendue de chaque type de couverture dans les refuges et sur l'île dans son ensemble.

2 Région étudiée

2.1 Emplacement géographique

Les premiers explorateurs en quête du passage du Nord-Ouest (de 1612 à 1837), puis les baleiniers à partir de 1860 (figure 1), ont enregistré une partie des côtes de l'île Southampton (Bird, 1953). Toutefois, une grande partie de ce que l'on sait de la géologie, de la faune et de la flore de l'île Southampton est fondée sur certaines des premières expéditions de repérage à l'intérieur des terres réalisées par H. T. Munn (1917-1918), T. Mathiassen (1922-1923), G. M. Sutton (1929-1930), T. H. Manning (1933-1941), et J. B. Bird (1950) (Munn, 1919; Mathiassen, 1931; Sutton, 1932; Sutton et Hamilton, 1932; Manning, 1936; Manning, 1942; Bray et Manning, 1943; Bird, 1953).

Figure 1

Ancienne station baleinière sur la côte est de la baie de la miséricorde (Bay of God's Mercy) : a) vue aérienne de la station; b) vue du sol de l'un des gîtes faits de plaques de schiste et d'os de morses et de baleines

a)



b)

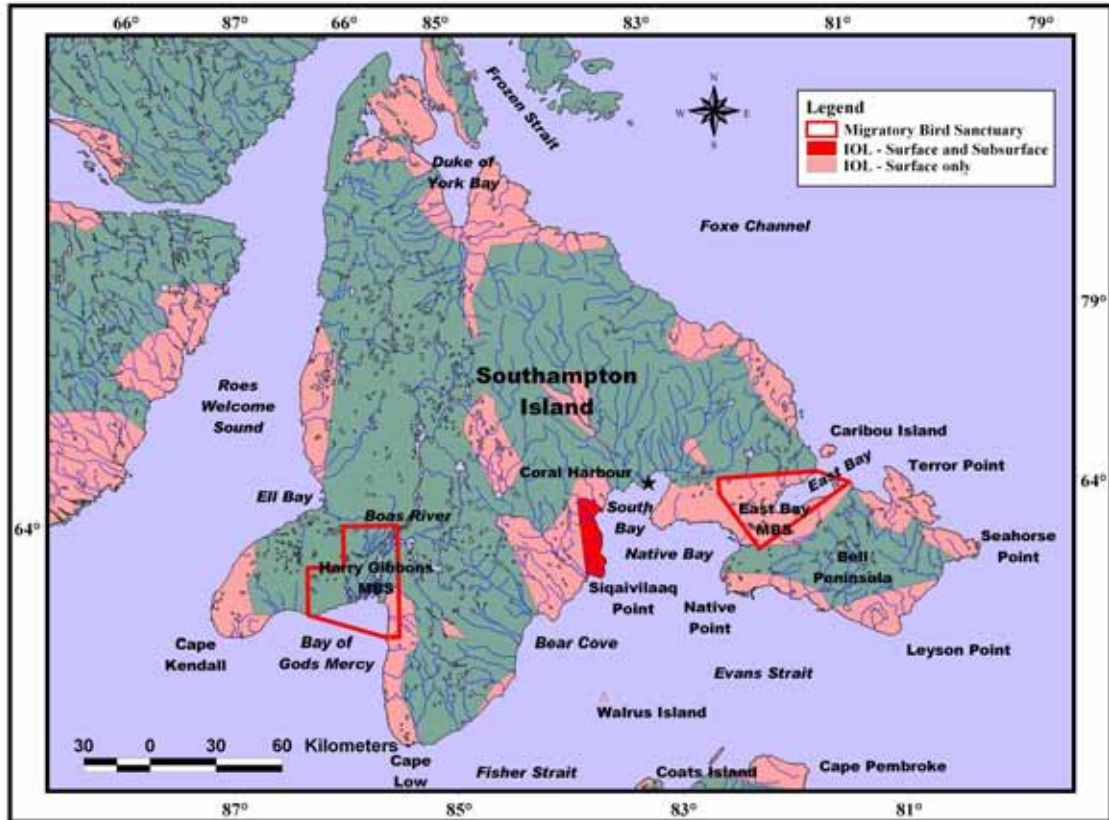


L'île Southampton fait partie de la région de Kivalliq sur le territoire du Nunavut (anciennement Keewatin, Territoires du Nord-Ouest). Elle est située au nord de la baie d'Hudson et est séparée du continent par le détroit de Roes Welcome et le détroit Frozen (figure 2). Il s'agit de la neuvième plus grande île du Canada, qui englobe une surface de 41 214 km². Cette île a été nommée par l'explorateur Thomas Button en 1604, en l'honneur de Earl de Southampton, qui a soutenu les recherches de Button sur le passage du Nord-Ouest (Bird, 1953). La Compagnie de la baie d'Hudson a relocalisé son poste de traite de l'île Coats sur le présent site de Coral Harbour en 1924 (Bird, 1953). Ce poste a attiré des Inuits de toute la baie d'Hudson qui ont commencé à s'installer aux alentours. Coral Harbour, situé à la tête de South Bay, est la seule

collectivité de l'île qui comprend une population d'environ 670 habitants, dont 90 % sont des Inuits. La collectivité a été nommée d'après les coraux fossilisés trouvés dans le port et à Fossil Creek. Les résidents inuits connaissent également la communauté sous le nom de Salliq, ce qui signifie « île plate en face du continent ».

Figure 2

Île Southampton, Nunavut, indiquant l'emplacement des terres inuites, du Refuge d'oiseaux migrateurs de la baie Est et du Refuge d'oiseaux migrateurs de Harry Gibbons



2.2 Écorégion et topographie

À l'exception des hautes terres situées dans la partie nord-est de l'île, l'île Southampton (de même que les îles Coats et Mansel) est située dans la région naturelle des plaines de Southampton (Parcs Canada, 1997). Cette écorégion est classée comme ayant un écoclimat dans le Bas-Arctique. La température annuelle moyenne est d'environ -11 °C, avec une température moyenne de 3 °C en été et de -24,5 °C en hiver. La moyenne des précipitations annuelles se situe entre 200 mm et 300 mm. Elle repose sur du pergélisol continu avec une teneur en glace moyenne.

Les sections les plus importantes de l'habitat des basses terres sont situées entre la baie Est et la baie Native sur le côté est de l'île, et dans les plaines inondables de la rivière Boas sur le côté ouest. De grandes étendues de mousse humide et de cariçaies et de larges replats de marée

brisés et entrecoupés de nombreux étangs peu profonds, de petits ruisseaux et de plages calcaires soulevées caractérisent les plaines côtières et autres basses terres. La plus grande partie des basses terres se situe à moins de 60 m au-dessus du niveau de la mer et présente très peu de relief, à l'exception des plages soulevées et des dépôts calcaires paléozoïques (déflation glaciomarine). Ces dépôts se situent sous la majeure partie des basses terres et apparaissent souvent dans le paysage à des altitudes plus élevées. À environ 25 km de la côte, la rivière Boas devient une rivière anastomosée d'une largeur d'environ 5 km. Durant la fonte printanière (de la mi-juin au début juillet), les méandres de la rivière et la zone des basses terres environnantes sont entièrement inondés. De la même manière, les basses terres de la baie Est et de la baie Native sont souvent presque entièrement recouvertes d'eau durant la fonte printanière. Les basses terres côtières ont souvent peu ou pas de végétation étant principalement composées d'une couverture peu dense de carex, de graminées et de quelques plantes herbacées non graminoides sur les tapis de mousse. Les vastes étendues de cariçaies qui ont déjà été découvertes sur l'île (Abraham, communication personnelle) sont maintenant beaucoup plus réduites, mais certaines peuvent encore se trouver sur les basses terres de l'intérieur de l'Ouest. La végétation graminoides se trouve également sur les terres légèrement plus élevées, en plus des saules, des plantes médicinales et du lichen entrecoupés de soulèvements dus au gel. Les saules atteignent parfois de 1 à 2 m de hauteur le long des bassins versants découverts et dans certaines petites zones localisées de basses terres le long des côtes entre Coral Harbour et Bear Cove.

Le relèvement isostatique qui a suivi le retrait des glaciers peut être observé d'un grand nombre de plages soulevées habituellement situées en parallèle à la côte (Lee, 1968). Le relèvement du sol, bien qu'il soit lent, continue tout de même de soulever la côte autour de la baie d'Hudson et de la baie James à un taux variant entre 1 et 2 m par siècle, selon l'emplacement (Hunter, 1970; Andrews et Peltier, 1976). Le relèvement du sol est particulièrement évident dans le secteur du cap Low (figure 3). Les océans ont inondé la plus grande partie de cette région après le retrait des glaciers, et le remodelage des plages par les vagues a éliminé la plupart des formations glaciaires, à l'exception de quelques eskers dispersés. Les vastes étendues de pierres calcaires fragmentées par gélifraction qui forment de vastes dépôts sur la majeure partie de l'île sont réellement dénudées et n'abritent qu'un petit tapis, ou parfois réseau, de végétation à éricacées – principalement la benoîte de Peck (*Dryas integrifolia*).

Figure 3

Relèvement isostatique indiqué par les plages soulevées parallèles à la côte près du cap Low, île Southampton, Nunavut



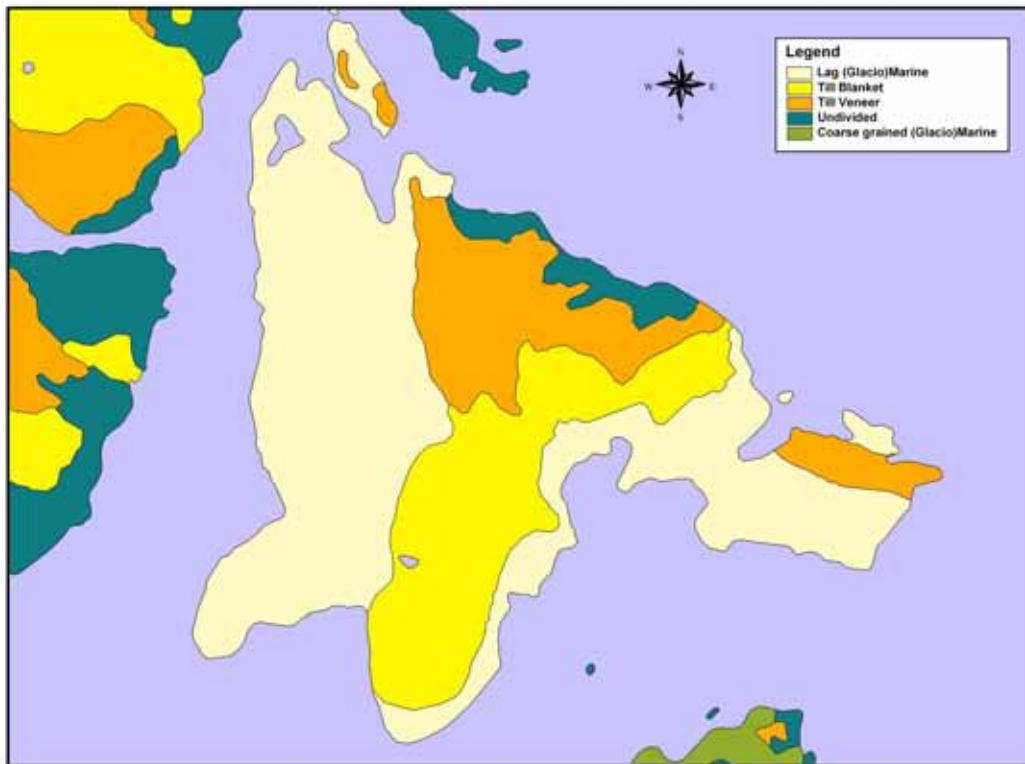
Les hautes terres de l'île Southampton se trouvent dans la région naturelle de la toundra centrale et présentent une topographie et une végétation totalement différente du reste de l'île (Parcs Canada, 1997). Sur l'île Southampton, cette région est principalement composée de grandes crêtes de blocs rocheux parsemés d'une toundra à lichens et éricacées. Les crêtes de blocs rocheux font place à un socle rocheux le long de la côte, mais certains affleurements rocheux peuvent également apparaître tout au long des hautes terres. La topographie est très irrégulière, affichant un relief élevé et marqué par de nombreuses petites vallées fluviales et des zones basses brisant le paysage. Le point le plus élevé de l'île se trouve au nord de South Bay dans les hautes terres centrales, allant jusqu'à un peu plus de 600 m au-dessus du niveau de la mer. La diversité de la végétation de cette région est bien plus riche que celle des basses terres côtières et comprend une diversité d'espèces de graminées, de carex et de fruticées, comme le petit thé du Labrador (*Ledum decumbens*), les saules, de nombreux arbustes du genre *Vaccinium* et d'autres plantes vivaces ou de type bruyère. Les lichens et les mousses des milieux secs sont aussi très diversifiés. De nombreux lacs profonds sont dispersés le long de la côte nord, surtout dans la partie recouverte d'affleurements rocheux.

2.3 Géologie

2.3.1 Expression superficielle

Les dépôts de surface dominants sont les déflations glaciomarines (figure 4) (Lee, 1968; Whitmore et Liberty, 1968; Heywood et Sanford, 1976; Commission géologique du Canada, 2001). Ces secteurs sont recouverts de matières pouvant inclure le sable (ou une matière plus fine), les graviers et d'autres matières de la taille de galets, toutes d'origine glaciaire, formées pendant la submersion marine. Ils couvrent près du tiers de toute la partie ouest de l'île le long du détroit de Roes Welcome, une grande partie de la péninsule nord du cap Low entre la rivière Boas et South Bay, toutes les basses terres de la baie Est et de la baie Native et plus de la moitié de la partie sud de la péninsule de Bell. Certains des dépôts issus de sédiments marins aux particules plus fines ont formé les vastes plaines côtières de Native Bay, de Bear Cove et du delta de la rivière Boas. Les sédiments glaciaires mixtes généralement non stratifiés, connus sous le nom de till, recouvrent la majeure partie du reste de la surface. La partie supérieure de la déflation glaciomarine et des tills exposés a souvent été mélangée à des sédiments marins aux grains fins par le processus périglaciaire et le remodelage par les vagues pendant le relèvement isostatique. La carte réalisée par la Commission géologique du Canada indique que le manteau de till épais et continu recouvre la péninsule nord du cap Low entre la rivière Boas et South Bay, et qu'il s'étend vers l'est en passant par la partie inférieure des hautes terres au nord-ouest de la baie Est (figure 4). À la suite de notre travail, nous avons revu la couverture de la zone couverte d'un manteau de till au sud de la limite avec la pointe Siquivilaaq et au sud vers le cap Low. Bien qu'il existe des poches de till, une grande partie de la géologie des dépôts meubles de cette zone est constituée de déflation glaciomarine, comme le montre clairement notre travail de cartographie de la couverture terrestre. Un placage de sédiments de till fin et discontinu, ainsi que de vastes étendues d'affleurements rocheux (crêtes de socles et de blocs rocheux), recouvre le reste des hautes terres et le nord de la péninsule de Bell. Le socle rocheux non subdivisé suit la côte nord entre la baie Duke of York et la baie Est et le long de la limite nord de la péninsule de Bell. Étant donné l'émergence et le relèvement, les sols dominants de l'île sont des gélisols turbiques et statiques, qui se sont principalement formés à partir des dépôts marins des basses terres (Tarnocai, 1999).

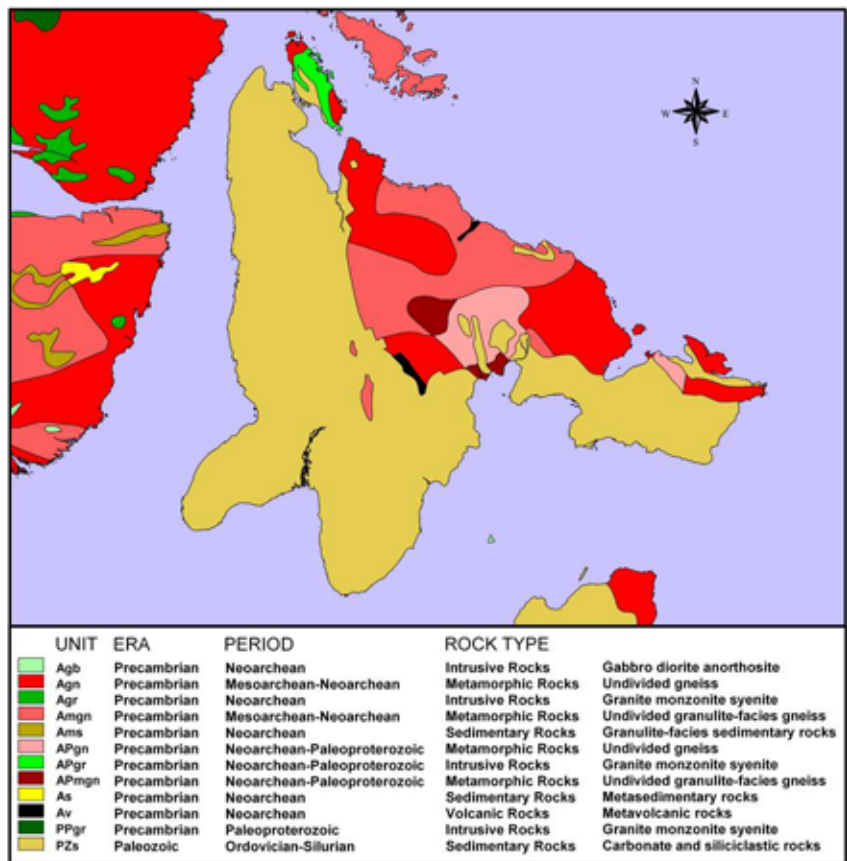
Figure 4
Géologie des dépôts meubles de l'île Southampton, Nunavut



2.3.2 Origine

La géologie de l'île peut être grossièrement divisée deux : les strates carbonatées de l'ère paléozoïque de la partie ouest de l'île et le sud de la péninsule de Bell, et le socle précambrien de la partie nord-est (figure 5) (Lee, 1968; Whitmore et Liberty, 1968; Heywood et Sanford, 1976; Commission géologique du Canada, 1999). La presque totalité du secteur recouvert de résidus de déflation glaciomarine et du manteau de till est composée de pierres calcaires et de grès des périodes de l'Ordovicien, du Silurien et du Dévonien de l'ère paléozoïque (Heywood et Sanford, 1976; Dewing et Copper, 1991). De petites poches de roches paléozoïques peuvent se former dans les hautes terres, mais la majorité de cette zone est recouverte de roches métamorphiques non subdivisées d'origine précambrienne. Les poches de diverses périodes (du Néoarchéen, du Mésoarchéen et du Paléoprotérozoïque) et de composition légèrement différente (gneiss, gneiss du faciès des granulites) sont entremêlées tout au long des hautes terres et au nord de la péninsule de Bell. On peut trouver un petit affleurement de roches volcaniques non subdivisées à l'extrémité sud des hautes terres, à l'ouest de la baie South.

Figure 5
 Origine géologique de l'île Southampton, Nunavut



2.4 Aires protégées

Les Refuges d'oiseaux migrateurs de la baie Est et de Harry Gibbons ont été créés par le gouvernement fédéral sur l'île Southampton en 1959, dans ce qui était alors une partie des Territoires du Nord-Ouest (aujourd'hui le Nunavut) afin de protéger le grand nombre de Petites Oies des neiges et de nombreuses autres espèces d'oiseaux migrateurs durant les périodes de nidification, de mue et d'élevage des couvées (figure 6). Le principal objectif des refuges d'oiseaux migrateurs constitue la conservation des oiseaux migrateurs et, incidemment, d'autres espèces sauvages. À ce titre, seuls les bénéficiaires de revendications territoriales peuvent entrer dans ces refuges du Nunavut et y exercer une quelconque activité lorsque les oiseaux migrateurs sont présents, à moins que la personne y soit autorisée par un permis délivré par le Service canadien de la faune. Cependant, les règlements des refuges s'appliquent uniquement lorsque les oiseaux migrateurs sont présents et ne protègent pas l'habitat en soi. Les zones de la baie Est/baie Native et des basses terres de la rivière Boas sont désignées comme zones importantes pour la conservation des oiseaux par BirdLife International et son partenaire canadien Études d'Oiseaux Canada, et par la Fédération canadienne de la nature (Études d'Oiseaux Canada, 2004).

Figure 6

Oiseaux communs de l'île Southampton, Nunavut : a) Petite Oie des neiges; b) Eider à tête grise (*Somateria spectabilis*), une cane incubant ses œufs

a)



b)



Le Refuge d'oiseaux migrants de la baie Est est situé sur le côté est de l'île Southampton, qui englobe les eaux marines de la baie Est et la majeure partie de la zone terrestre des basses terres à l'ouest de la péninsule de Bell entre la baie Est et la baie Native (figure 2). Le refuge se situe à 60 km à l'est du hameau de Coral Harbour et occupe une superficie d'environ 1 165 km².

Le Refuge d'oiseaux migrants de Harry Gibbons est situé dans la partie sud-ouest de l'île, au nord de la baie de la miséricorde (figure 2). Il s'étend sur la partie sud de la rivière Boas, y compris le delta, les replats de marée adjacents et les zones de basses terres environnantes. Le refuge se situe à 135 km au sud-ouest de Coral Harbour et occupe une superficie d'environ 1 490 km².

La définition des frontières exactes du refuge se trouve dans le *Règlement sur les refuges d'oiseaux migrants* (gouvernement du Canada, 1997).

Les Inuit de Coral Harbour et Nunavut Tunngavik Incorporated ont sélectionné toutes les terres du Refuge d'oiseaux migrants de la baie Est et une petite partie des terres dans le coin sud-est du Refuge d'oiseaux migrants de Harry Gibbons comme terres inuites, dans le cadre de l'Accord sur les revendications territoriales du Nunavut (figure 2) (AINC, 1993). Cela ne modifie pas le statut des refuges. L'article 17 de cet accord stipule que les terres inuites doivent comprendre des zones de valeur pour les ressources renouvelables telles que les zones de ressources fauniques, des zones où la productivité biologique est importante et des zones de valeur aux fins de conservation, ainsi que des zones de valeur pour le développement des ressources non renouvelables et de valeur commerciale, telles que les gisements minéraux (AINC, 1993). Les terres inuites offrent un certain niveau de protection à la faune, étant donné que l'accès à ces terres nécessite un permis délivré par l'Association inuite régionale pertinente.

Les organismes gouvernementaux fédéraux et territoriaux ont exprimé leur intérêt pour la création d'autres aires protégées dans cette région. Par exemple, Parcs Canada n'a pas encore de parc national dans cette région naturelle dans le cadre de son réseau des parcs nationaux (Parcs Canada, 1997). Toutefois, à l'heure actuelle, nous ne sommes pas au courant des autres initiatives en cours. Le présent document vise à soutenir tous les efforts déployés dans ce domaine.

2.5 Faune

Un inventaire photographique des oies nicheuses réalisé en 1997 a compté 721 200 Petites Oies des neiges nicheuses sur l'île Southampton (Kerbes *et al.*, 2006). Lorsque l'île Southampton a été étudiée pour la première fois en 1973, 155 800 oiseaux nicheurs ont été observés (Kerbes, données inédites) et la zone occupée par les colonies de nidification était bien inférieure à la fin des années 1990. Les colonies de nidification de l'île Southampton accueillent environ 12 % de la population reproductrice canadienne de Petites Oies des neiges et représentent le deuxième plus grand site de nidification dans l'est de l'Arctique, après les grandes plaines de Koukdjuak sur l'île de Baffin, et le troisième plus grand site de nidification dans l'Arctique canadien, après le Refuge d'oiseaux migrateurs du golfe Reine-Maud (Comité sur la sauvagine du Service canadien de la faune, 2004). Le nombre d'Oies de Ross a également considérablement augmenté sur l'île, de même que sur d'autres sites de nidification des oies blanches dans leur aire de répartition.

Les Bernaches cravants de l'Atlantique en période de mue (*Branta bernicla hrota*) sont nombreuses de la mi-juillet au début août, surtout le long de la baie Native et de la pointe Native. Toutefois, il est difficile de dire à l'heure actuelle si ces oiseaux ont essayé de se reproduire sur l'île Southampton au cours des dernières années ou s'il s'agit d'oiseaux en échec de reproduction venus d'ailleurs. Entre 2001 et 2004, seules deux couvées de Bernaches cravants ont été observées sur l'île (toutes deux en 2001, dans la baie Est) dans le cadre de ce projet et des opérations de baguage des oies, ainsi que pendant plus de 200 heures de vol en hélicoptère au-dessus de l'île dans le cadre de ce projet (Fontaine et Leagloor, observation personnelle). En revanche, au cours de recherches systématiques de parcelles autour de la baie Est et de la rivière Boas en 1979 et 1980, un grand nombre de nids de Bernaches cravants était enregistré chaque année (455 et 358, respectivement) et un nombre important d'oisons ont été bagués (Abraham et Ankney, 1986). De nombreux nids ont également été observés à la rivière Boas en 1983 (Gaston, observation personnelle).

Les basses terres, plus particulièrement à l'intérieur des refuges, dans les zones environnantes et dans la zone de Bear Cove, abritent un grand nombre d'autres sauvagines en reproduction et en nidification, telles que la Bernache du Canada (*Branta canadensis*), le Cygne siffleur (*Cygnus columbianus*), le Canard pilelet (*Anas acuta*) et le Harelde kakawi (*Clangula hyemalis*). Les basses terres abritent également de fortes densités d'oiseaux de rivage et d'oiseaux chanteurs, les espèces prédominantes étant le Phalarope à bec large (*Phalaropus fulicarius*), le Tourne-pierre à collier (*Arenaria interpres*), le Bécasseau à croupion blanc (*Calidris fuscicollis*), le Plectrophane lapon (*Calcarius lapponicus*) et le Plectrophane des neiges (*Plectrophenax nivalis*), bien que de nombreuses autres espèces d'oiseaux de rivage et quelques autres oiseaux chanteurs occupent également les lieux (Smith et Johnston, données inédites). Le Faucon pèlerin (*Falco peregrinus*), la Buse pattue (*Buteo Lagopus*) et les Corbeaux (*Corvus corax*) peuvent nicher dans les hautes terres, plus particulièrement le long de la côte nord escarpée (Riewe, 1992). À notre connaissance, les Faucons gerfaut (*Falco rusticolus*) ne nidifient pas sur l'île, mais ils peuvent apparaître pendant la période de migration et en hiver (Riewe, 1992).

La zone des lagunes, des crêtes de plage et du littoral est particulièrement importante pour les canards de mer, tels que le Eider à duvet (*Somateria mollissima*) et le Eider à tête grise (*Somateria spectabilis*) ainsi que pour de nombreux autres oiseaux de mer et oiseaux marins tels que le Goéland bourgmestre (*Larus hyperboreus*), le Goéland argenté (*Larus argentatus*), le Goéland arctique (*Larus glaucoides*), la Mouette de Sabine (*Xema sabini*), la Sterne arctique (*Sterna paradisaea*), le Labbe (*Stercorarius* spp.), la Grue du Canada (*Grus canadensis*), le Plongeon du Pacifique (*Gavia pacifica*) et le Plongeon catmarin (*Gavia stellata*). Les Plongeurs

catmarins et les Plongeurs du Pacifique sont particulièrement abondants dans les lagunes dans le secteur de la pointe Native. Les Plongeurs huard (*Gavia immer*) ont également été observés dans les hautes terres en 2002 (Fontaine, observation personnelle).

Les espèces de mammifères dont l'aire de répartition comprend l'île Southampton sont les espèces typiques de l'Arctique canadien, c.-à-d. le lièvre arctique (*Lepus arcticus*), le lemming du Groenland (*Dicrostonyx groenlandicus*), le caribou (*Rangifer tarandus*), l'hermine (*Mustela erminea*), le renard arctique (*Alopex lagopus*) et l'ours blanc (*Ursus maritimus*) (Sutton et Hamilton, 1932; Riewe, 1992). Le caribou et le loup gris (*Canis lupus*) ont été chassés jusqu'à leur extinction sur l'île Southampton à la fin des années 1950. Les caribous ont été réintroduits avec des populations de l'île Coats, en 1967 et leur nombre a suffisamment augmenté depuis pour assurer une petite prise commerciale (figure 7) (Riewe, 1992). Un carcajou (*Gulo gulo*) a été observé à la rivière Boas dans le Refuge d'oiseaux migrateurs de Harry Gibbons, en 2002 (Hargreaves et McKay, observation personnelle.). Nous présumons que les loups gris et les carcajous traversent probablement assez rarement la glace séparée du continent. Les basses terres côtières des Refuges d'oiseaux migrateurs de Harry Gibbons de la baie Est, de Bear Cove et de la baie Native sont particulièrement importantes pour les ours blancs pendant les mois d'été, une fois que la banquise se retire vers les eaux environnantes de l'île Southampton.

Figure 7

Caribou d'un an dans les hautes terres de la péninsule de Bell, île Southampton, Nunavut



Mis à part les phoques annelés (*Phoca hispida*) et les phoques barbus (*Erignathus barbatus*) que l'on trouve fréquemment dans les eaux marines aux alentours de l'île Southampton, les hardes de gros morses (*Odobenus rosmarus*) se traînent jusqu'à l'embouchure de la baie Est et à l'île Walrus à proximité et au cap Pembroke sur l'île Coats (Riewe, 1992; Mallory et Fontaine, 2004). Les eaux de la baie Est abritent environ 350 à 400 bélugas (*Delphinapterus leucas*) pendant les mois d'été (Mallory et Fontaine, 2004).

3 Méthodes

3.1 Données sur les images

La terminologie du système d'information géographique (SIG) utilisée dans le présent document provient du système d'information géographique ArcView (ESRI, 1996), d'ER Mapper (Earth Resource Mapping, 2003), de PCI Geomatica (PCI Geomatics, 2003) et des études générales sur le SIG (p. ex. Congalton, 1991; Tso et Mather, 2001). Veuillez consulter ces textes pour obtenir plus de détails.

La cartographie de la couverture terrestre de l'île Southampton a été effectuée à l'aide de scènes par satellite LANDSAT-7 ETM+. Le satellite LANDSAT-7, lancé en 1999, est un satellite héliosynchrone avec une couverture à intervalle de survol de 16 jours sur une orbite circulaire (chemin) à une altitude de 705 km. Contrairement aux satellites actifs qui possèdent des capteurs fournissant leur propre source d'énergie, LANDSAT-7 est un satellite qui saisit l'énergie solaire réfléchi. Par conséquent, les nuages et le brouillard l'empêchent de saisir les données de terrain de manière efficace.

L'indexation du flux de données à intervalle continu saisi par les capteurs est formulée en scènes individuelles selon leurs orbites (appelées trajectoires) et selon leurs centres de lieux (appelés rangées), ce qui représente 233 trajectoires et 248 rangées d'après le système de référence mondial. L'île Southampton entre dans les trajectoires 25 à 30 et les rangées 14 à 16 de ce système. Une scène standard est d'environ 185 km de large et 180 km de long.

Nous avons eu la chance de disposer de scènes pratiquement dénuées de nuages et de brouillard à un moment approprié de l'année en ce qui concerne le régime d'humidité (eau, glace, neige) et le développement de la végétation. Un total de cinq scènes ont fourni une couverture complète pratiquement sans nuages de l'île Southampton (tableau 1, figure 8). L'ensemble des cinq scènes principales de LANDSAT a été recueilli entre le 18 juillet et le 1^{er} août 2000, l'année avant la première saison de vérification au sol sur le terrain. Ces dates englobent la période de croissance maximale de la végétation dans la région de l'Arctique canadien et coïncident avec le milieu de la période d'élevage des couvées des oies. Deux scènes supplémentaires ont été acquises pour terminer la carte de la couverture terrestre (tableau 1, figure 8). De petites parties de la première scène, 028/015, ont été utilisées pour remplacer deux petites régions obstruées par les nuages sur 029/015 (toutes deux au nord-est de la baie Ell); la deuxième, 027/016, a été utilisée pour insérer une petite partie de continent manquante à cap Low. Dans ce dernier cas, seule une faible partie mesurant environ 100 par 200 pixels était nécessaire et a été utilisée pour achever la masse continentale à cap Low. De plus amples renseignements concernant la date de prise, l'emplacement et la couverture nuageuse de la scène sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1

Dates des images, identificateurs de la trajectoire/rangée et couverture nuageuse des scènes de LANDSAT-7 ETM+ utilisés dans la classification de la couverture terrestre de l'île Southampton, Nunavut

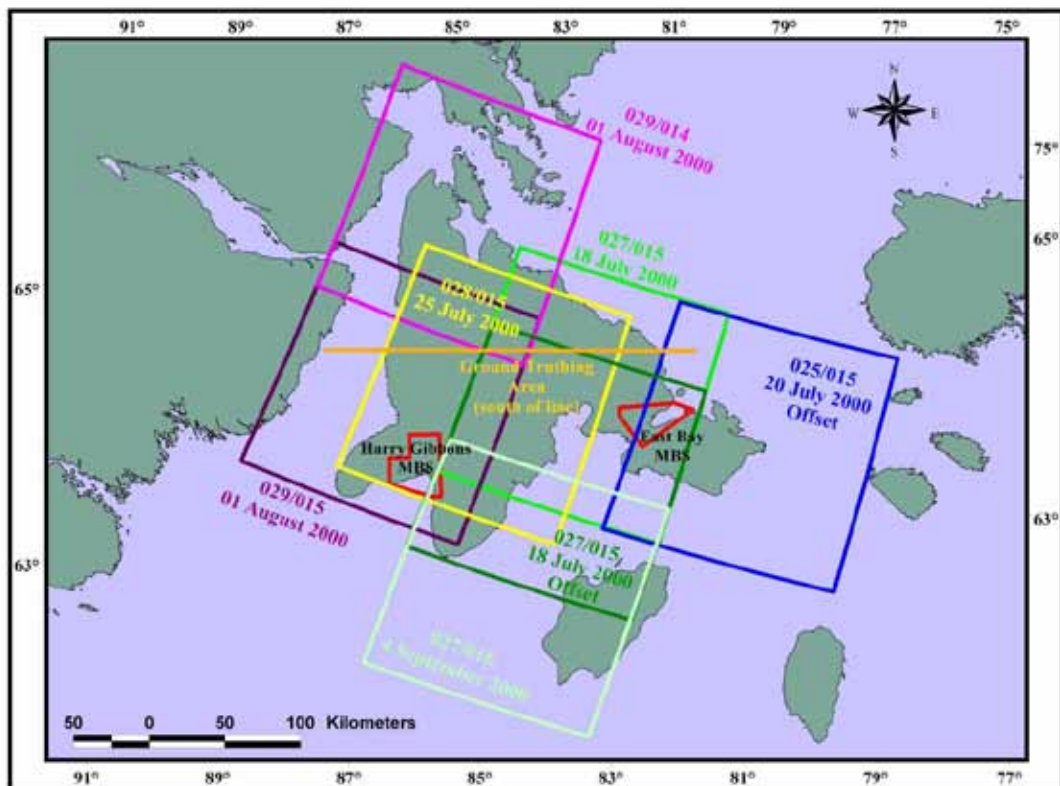
Satellite	Date de l'image	Trajectoire	Rangée	Couverture nuageuse (%) ^a	Décalage
LANDSAT-7 ^b	20 juillet 2000	025	015	< 1	Décalage dans la rangée 16 à 63°44'N, 80°23'O
LANDSAT-7	18 juillet 2000	027	015	< 1	Aucun
LANDSAT-7 ^b	18 juillet 2000	027	015	< 15	Décalage dans la rangée 16 à 63°41'N, 83°31'O
LANDSAT-7	4 septembre 2000	027	016	< 10	Aucun
LANDSAT-7 ^b	25 juillet 2000	028	015	< 20	Aucun
LANDSAT-7	1 ^{er} août 2000	029	014	< 5	Aucun
LANDSAT-7	1 ^{er} août 2000	029	015	< 1	Aucun

^a Couverture nuageuse sur l'ensemble de la scène.

^b Acheté sur le marché. Toutes les autres scènes ont été obtenues à partir de Ressources naturelles Canada.

Figure 8

Carte de l'île Southampton, Nunavut, montrant la couverture approximative de chaque scène de LANDSAT-7 ETM+



3.2 Bases de données et géoréférencement

Le satellite LANDSAT-7 est équipé d'un large éventail de capteurs. Les capteurs infrarouges thermiques saisissent les longueurs d'onde reflétées dans le spectre de 10,4 à 12,5 μm avec une résolution de 60 millions de pixels (bande 6) et le capteur panchromatique saisit les longueurs d'onde reflétées entre 0,50 et 0,90 μm à une résolution de 15 millions de pixels (bande 8). Dans le cadre de ce projet, nous avons utilisé un groupe de capteurs, qui saisissaient les longueurs d'onde reflétées à une résolution de 30 pixels dans la gamme de 0,45 à 2,35 μm de la partie visible de l'infrarouge par réflexion du spectre électromagnétique dans six bandes différentes (1 à 5 et 7). Les bandes 1 à 5 et 7 peuvent être utilisées en combinant les trois couches affichées en rouge, vert et bleu dans le logiciel SIG, pour afficher ou souligner les caractéristiques de surface souhaitées. Étant donné que les différentes surfaces reflètent chacune des longueurs d'onde avec leurs propres variations précises, ces variations peuvent être utilisées afin d'établir les signatures spectrales propres à chaque surface reflétée.

Le traitement de toutes les images initiales a été effectué à l'aide du logiciel ER Mapper 6.3 (Earth Resource Mapping, 2003). Les bandes 1 à 5 et 7 de chaque scène ont été regroupées en ensembles de données intégrés, de sorte que toutes les bandes soient mises à disposition pour les utiliser pendant le traitement des images. Un autre avantage à créer des ensembles de données est que toutes les procédures de modification des données appliquées aux ensembles de données s'appliquent à toutes les bandes à la fois (p. ex. géoréférencement).

Toutes les scènes, à l'exception de deux scènes, 27/15 décalage dans la gamme 16 et 28/15 (tableau 1), ont été obtenues par l'entremise d'une entente de partage des données entre Ressources naturelles Canada et Environnement Canada. Ces scènes étaient déjà géoréférencées précisément grâce à une projection cartographique universelle transverse de Mercator dans le système géodésique nord-américain de 1983 (NAD83). Toutes ces scènes étaient projetées dans la zone 17, à l'exception de la 29/15, qui a été projetée dans la zone 16. Afin que les scènes puissent être montées en mosaïque, cette scène a été reprojétée dans la zone 17. Les scènes 28/15 et 27/15 (décalage) ont été achetées sur le marché et ont nécessité un géoréférencement. Afin de géoréférencer ces scènes, nous avons utilisé des procédures de géoréférencement image par image en utilisant les scènes de Ressources naturelles Canada comme matériel de géoréférencement de base. Nous avons sélectionné 50 points situés dans des emplacements du paysage faciles à repérer et répartis uniformément dans l'ensemble de la scène et nous avons conservé la moyenne quadratique pour chaque point sélectionné sous 0,10.

3.3 Améliorations des images

Nous avons préparé les scènes par satellite pour la vérification au sol en suivant la méthodologie décrite par Didiuk et Ferguson (2005). Avant la campagne sur le terrain, les scènes de LANDSAT-7 ont été améliorées en créant des équidensités colorées affichées en rouge, vert et bleu pour les bandes 4 (de 0,75 à 0,90 μm , proche infrarouge), 5 (de 1,55 à 1,75 μm , infrarouge de courte longueur d'onde) et 2 (de 0,525 à 0,605 μm , voyant vert), respectivement. La distinction entre les types de couvertures a été accentuée en appliquant une transformation auto-clip à la bande 4 et une transformation linéaire aux bandes 5 et 2 ainsi qu'une réduction des projections d'eau de la bande 2. Didiuk et Ferguson (2005) ont trouvé que ces améliorations étaient adéquates pour distinguer les types de couverture des basses terres de ceux des zones sèches.

Les scènes de satellites améliorées ont été utilisées pour produire un carnet de cartes de l'île aux fins d'utilisation pendant les travaux de vérification au sol. Chaque scène était représentée à l'échelle de 1:250 000 et subdivisée en neuf zones représentées à l'échelle de 1:50 000. Les cartes de sous-zones ont ensuite été attribuées à un identificateur unique et regroupées en carnets de cartes appropriés pour la vérification au sol. En raison de la nature localisée et de la vaste surface de couverture de certains types de couverture terrestre (p. ex. la déflation sédimentaire glaciomarine), les cartes des sous-zones ne couvraient pas nécessairement toute la gamme de valeurs spectrales que l'on trouve dans la scène par satellite.

Des échantillons de cibles de vérification au sol distinctes ont été prédéfinis avant d'aller sur le terrain, mais la plupart des parcelles ont été sélectionnées après avoir réalisé quelques vols de reconnaissance afin de confirmer que les couleurs distinctes sur les cartes du terrain pouvaient être liées à des couvertures terrestres distinctes ou à couvertures terrestres différentes en fonction de l'emplacement topographique distinct. Les cibles idéales de vérification au sol sont les zones des images améliorées où un certain nombre de pixels avoisinants portent tous la même signature spectrale (c.-à-d. qu'ils sont tous de la même couleur). Nous avons choisi des parcelles qui étaient situées dans des régions avec un minimum de 5 par 5 pixels portant la même signature; en moyenne, la plupart étaient beaucoup plus importantes. Ces régions étaient généralement faciles à déterminer du haut des airs. En retour, elles représentent des régions-échantillons idéales, que l'on utilise ensuite pour classer l'imagerie satellitaire pendant le processus de classification. Les régions-échantillons sont les polygones dessinés sur l'image matricielle (c.-à-d. la scène de LANDSAT) qui servent à calculer les diverses statistiques spectrales de chaque bande au sein de ces régions (p. ex. la zone, les valeurs minimales, maximales, moyennes, médianes) ou pour déterminer les pixels dans une image qui présentent des signatures spectrales similaires et qui sont par conséquent susceptibles de présenter une couverture de surface similaire (c.-à-d. la classification). En règle générale, de nombreuses régions-échantillons bien réparties sur une image sont nécessaires pour chacune des catégories individuelles pour bien « échantillonner » le processus de classification. Nous avons évité de sélectionner des régions-échantillons présentant des catégories de couvertures mixtes et avec des parcelles présentant d'autres types de couvertures, lorsqu'ils étaient perceptibles.

3.4 Études sur le terrain

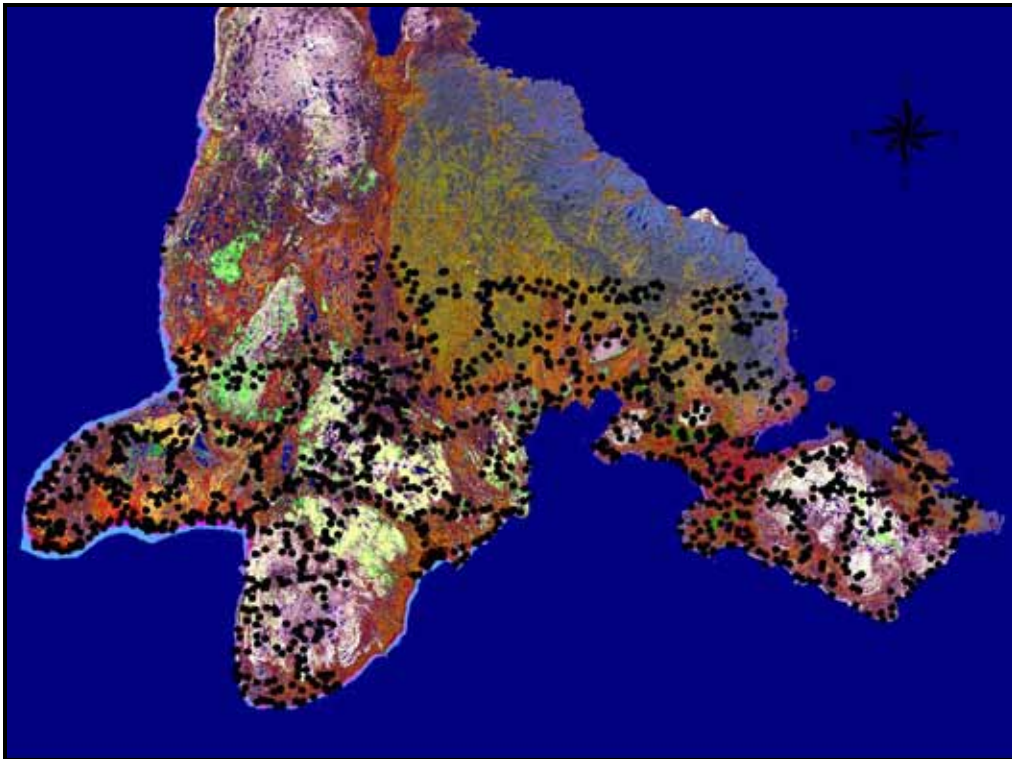
Les travaux de vérification au sol, destinés à évaluer les types de couvertures terrestres associés aux signatures spectrales précises sur les scènes par satellite améliorées, ont été réalisés grâce à des vols en hélicoptère sur la moitié est de l'île en 2001 et sur la moitié ouest en 2002. Le calendrier des études sur le terrain a été sélectionné de manière à correspondre aux dates de prise des principales scènes de LANDSAT-7. Le côté est de l'île, couvert entre le 20 et le 30 juillet 2001, comprenait une zone allant du nord de Bear Cove à la région au nord de Coral Harbour, et à l'est vers la baie Native et la baie de l'Est ainsi que la péninsule de Bell. Nous avons profité de l'été 2002 pour couvrir le côté ouest de l'île et tous les types de couvertures terrestres qui peuvent avoir été échantillonnées de façon inadéquate pendant nos travaux de vérification au sol en 2001. Cette région, couverte entre le 18 et le 23 juillet, comprenait les régions allant du sud de Bear Cove au cap Low, puis la partie ouest allant des basses terres de la rivière Boas au cap Kendall et la rive ouest le long du détroit de Roes Welcome.

Les itinéraires de voyages étaient généralement planifiés à l'avance afin de maximiser l'efficacité et les activités de collecte des données, mais nous nous adaptions aux situations météorologiques locales, aux emplacements d'espace de stockage et aux limites du rayon d'activité de l'hélicoptère. En tout, 41 et 33 débarquements de

vérification au sol ont été réalisés dans les types de couvertures terrestres en 2001 et en 2002, respectivement. Les membres de l'équipage ont jugé par consensus qu'ils représentaient des catégories de couvertures terrestres qui pourraient facilement être distinguées et avec précision les uns des autres selon leurs signatures spectrales et les caractéristiques du terrain. Nous avons atterri et recueilli des données dans au moins deux zones cibles pour chaque type de couverture terrestre. Les débarquements de vérification au sol n'ont pas pu être réalisés dans les catégories de couvertures terrestres des polygones concaves du côté ouest de l'île en 2002. Près de la totalité de la zone couverte par cette catégorie était trop profondément inondée. Une fois que nous avons bien repéré les types de couvertures présents sur l'île, nous avons déterminé plus de 700 régions-échantillons du haut des airs pour chaque année en réalisant une carte de leurs frontières sur les images (figure 9).

Figure 9.

Répartition de la vérification au sol et des sites d'inspection rapide de l'île Southampton, Nunavut



Une évaluation générale des caractéristiques du site a été enregistrée au moment du débarquement de vérification au sol sur chaque emplacement. Ceux-ci sont résumés dans le tableau 2. Les coordonnées de latitude et de longitude des zones d'échantillonnage, un profil de terre végétale au niveau du pergélisol ou de 30 cm, ainsi que la faune observée sur le site ont également été enregistrés. Après cette évaluation initiale des caractéristiques du site, les détails de la couverture végétale ont été enregistrés à l'aide d'un transect linéaire de 100 m établi sur une direction aléatoire. Tous les 10 m, un quadrat de 1 m² était déposé sur le sol et le pourcentage de couverture de chaque type de couverture végétale détaillé (tableau 2; figure 10)

était estimé visuellement. Dix mesures de la largeur et de la hauteur de tous les types de microtrait (buttes, hummocks, marmites de boue et cercles de pierre), s'ils étaient trouvés sur un site, ont également été enregistrées tous les 10 m le long du transect.

Figure 10

Illustration de la consignation des détails d'une vérification au sol et des techniques de collecte des plantes



Une collecte exhaustive de toutes les espèces de plantes vasculaires et de mousses a été réalisée sur chaque site. Des spécimens de plantes vasculaires ont été identifiés à l'aide des travaux de Porsild et Cody (1980) et de Aiken *et al.* (2003). Susan Aiken, du Musée canadien de la nature, a identifié certains spécimens recueillis en 2001 (principalement le carex). La nomenclature des plantes vasculaires suit principalement les travaux d'Aiken *et al.* (2003). Linda Ley a identifié tous les spécimens de bryophyte et la nomenclature suit les travaux de Stotler et Crandall-Stotler (1977), d'Anderson (1990) et d'Anderson *et al.* (1990). Les lichens ont également été recueillis dans le cadre de cet échantillonnage, bien que les collectes n'aient pas été exhaustives. La plupart des espèces de lichens crustacés n'ont pas été recueillies et quelques autres ont probablement été omises. Seuls les spécimens dominants ont été identifiés par espèce et d'autres ont été identifiés par genre en suivant les travaux de Brodo *et al.* (2001). Tous les spécimens collectés en double sont conservés dans des dossiers au bureau d'Environnement Canada à Iqaluit.

Les photographies en couleur ont été prises sur chaque site avec un appareil reflex mono-objectif de 35 mm. Les photographies ont été prises du sol en regardant directement le sol et vers l'horizon. Les photographies ont également été prises d'un hélicoptère, objectif dirigé vers le sol, sur le site, avant ou juste après la collecte des renseignements de vérification au sol, à une hauteur moyenne de 75 à 100 m.

La turbidité et la couverture de glace de nombreuses masses d'eau ont été évaluées visuellement du haut des airs et nous leur avons attribué une catégorie de profondeur à chacune (couverture de glace, profonde, mi-profonde, peu profonde, lit asséché) et de turbidité (pas de turbidité, faible turbidité, turbide, boue/sédiments). Aucune autre mesure spécifique n'a été enregistrée pour les masses d'eau.

Tableau 2

Données enregistrées au cours d'une évaluation visuelle de sites de vérification au sol sur l'île Southampton, Nunavut, 2001-2002

Type général de couverture végétale	Batture côtière, cariçaie humide, prairie de mousse humide, toundra hummockée à graminoides, toundra à buttes de graminoides, toundra de petits arbustes, fourré d'arbustes fermé, fourré d'arbustes ouvert, zone sèche à mousses et lichens, zone sèche à lichens et éricacées, dépôt de graviers et de till, affleurement rocheux, rochers, fonds de lac exposé, galets et sable, autre
Forme du terrain	Moraine, chevron, esker, affleurement rocheux, crête de plage, crête de rochers, résidus mixtes de déflation, résidus de déflation avec triage, basses terres, dépression de basse terre, batture côtière, polygones convexes, polygones concaves, ventres de bœuf, cercles de pierre, buttes de gazon avec cercles de pierre, littoral de rivière, littoral de petit bassin, littoral de lac, littoral d'étang, littoral de karst thermal, crête de graviers, dépôts de till, autre
Courbe	- Supérieure, moyenne, inférieure - Faible, modérée, forte, plate
Expression superficielle	Plate, ondulée, hummockée, en forme de butte de gazon, accidentée/érodée, autre
Substrat	Mesuré soit en fonction du permafrost soit à une profondeur de 30 cm : socle rocheux, déflation glaciomarine, till glaciaire, sable, gravier, blocs rocheux, argile/limon/alluvion, tourbe de laîche, tourbe mousseuse, tourbe de bruyère, autre
Régime d'humidité	Xérique, mésoïque, hygrique, hydrique
Détail de la couverture végétale (en %)	Socle rocheux, blocs rocheux, gravier, sable, limon/argile, tourbe humide, tourbe sèche, eau, coquillages, mousses, lichens, graminoides, plantes herbacées non graminoides, arbustes, déflation glaciomarine

3.5 Classification des images

Avant de sélectionner des régions-échantillons à partir des données numériques, une classification non dirigée des scènes par satellite a été réalisée à l'aide d'un ensemble de données complet (bandes 1 à 5 et 7), ce qui nous a permis de vérifier la validité de nos travaux de vérification au sol grâce à une approche non influencée par notre connaissance du site. Une classification non dirigée alloue automatiquement tous les pixels avec des signatures spectrales semblables à la même catégorie en fonction des paramètres fixés par l'utilisateur ou des valeurs par défaut. D'un autre côté, un processus de classification dirigée utilise les moyennes de la catégorie de l'information spectrale, que l'on trouve dans la bande définie par les régions-échantillons d'une scène, pour trouver tous les autres pixels avec des signatures spectrales semblables et pour les classer en conséquence.

Les décisions de classification prises par le logiciel étaient fondées sur les paramètres fixés avant l'exécution de la classification non dirigée. Le nombre maximum de catégories a été établi à 100, en raison de la vaste étendue de la couverture végétale à forte absorption et forte réflectance sur l'île, le nombre de répétitions (p. ex. le nombre de tentatives de classification par le logiciel) n'a pas été limité (valeur par défaut à 99 999), le pourcentage de classification qui

doit rester identique a été établi à 99,9 %, la taille minimale de chaque catégorie a été établie à 0,25 % de l'ensemble de l'image, l'intervalle d'échantillonnage des rangées a été établi à 1 (échantillons pour chaque rangée de l'image), la distance minimale entre les catégories a été établie à 3,2 et l'écart type maximal a été fixé à 4,5. Les deux derniers paramètres sont les paramètres typiques par défaut pour la classification non dirigée, et les autres paramètres ont été établis pour perfectionner la précision.

La classification non dirigée de chaque scène a ensuite été interprétée d'après les scènes améliorées et les données de la vérification au sol. Ces scènes classifiées (c.-à-d. non dirigées) ont été utilisées conjointement avec les scènes améliorées utilisées pour la vérification au sol afin de sélectionner des régions-échantillons plus précises pour chaque scène. Les pixels isolés ou les petits regroupements de pixels qui n'étaient pas cohérents avec les zones de vérification au sol n'ont pas été inclus dans les régions de formation, afin de réduire au minimum la variabilité. Le nombre et la taille des zones-échantillons utilisées pour chaque catégorie étaient variables et reflétaient la répartition et la fréquence de chaque catégorie pour chaque scène. En général, les catégories de terres avec de vastes couvertures uniformes (p. ex. les eaux profondes, la glace, la déflation sédimentaire glaciomarine) avaient de plus grandes zones-échantillons et un plus grand nombre total de pixels de la zone-échantillon.

Une fois toutes les régions-échantillons sélectionnées, une classification dirigée a ensuite été réalisée sur chaque scène, en utilisant encore une fois l'ensemble de données complet pour chaque scène (bandes 1 à 5 et 7), ce qui a permis au logiciel d'utiliser l'ensemble des signatures spectrales dans toutes les bandes. Un filtre de 20 % a été appliqué au processus de classification dirigée pour retirer 10 % des enclaves à l'extrémité de la distribution des signatures spectrales pour chaque catégorie dans les scènes.

Malheureusement, les efforts visant à obtenir une classification dirigée satisfaisante ont échoué. Les résultats de la première classification dirigée des principales scènes étaient évidemment différents de ce que nous avons observé au sol sur l'ensemble de l'île. À l'exception de quelques catégories de forte absorption et de forte réflectance, quelques catégories étaient compatibles avec nos données de vérification au sol. Un certain nombre de tests a donné des résultats semblables.

Nous avons décidé de retourner à la classification non dirigée de chaque scène et de comparer visuellement chaque catégorie à nos données de vérification au sol et d'attribuer un nom de catégorie à chacune. Cette procédure a produit des images beaucoup mieux classées. Toutes les catégories similaires de chaque scène ont été regroupées en une seule catégorie, car la plupart des catégories de couvertures terrestres, plus particulièrement les surfaces à la réflectance ou à l'absorption élevées, ont souvent été fractionnées en nombreuses catégories par le processus de classification non dirigée (p. ex. sur les 100 catégories d'une scène individuelle, plusieurs pouvaient être classées comme « masses d'eau claire mi-profondes ou profondes » et ont donc toutes été regroupées dans une catégorie étiquetée avec le même nom). Nous avons utilisé l'outil de regroupement des analyses post-classification du logiciel de PCI Geomatica 9.1 pour cette procédure de regroupement (PCI Geomatics, 2003). Tout autre traitement supplémentaire d'images numériques a été effectué à l'aide de PCI Geomatica 9.1, car de nombreux problèmes et de nombreuses contraintes de logiciel ont été rencontrés avec ER Mapper 6.3.

3.6 Mosaïque d'images

Parmi les cinq principales scènes de cartographie, seule une scène, 029/014, a été entièrement exempte de couverture nuageuse au-dessus de la masse continentale de l'île Southampton (tableau 1, figure 8). Néanmoins, toutes les scènes étaient exemptes de couverture nuageuse au-dessus des Refuges d'oiseaux migrateurs. La scène 025/015 présentait une petite zone de nuages et d'ombre nuageuse au nord-ouest de la baie Est ($64^{\circ}18'45''\text{N}$, $81^{\circ}55'55''\text{O}$) et la scène 027/015 présentait une petite zone de nuages et d'ombre de nuages à mi-chemin entre la baie Ell et la baie South ($64^{\circ}07'50''\text{N}$, $84^{\circ}36'49''\text{O}$). Dans les deux cas, les scènes avoisinantes étaient exemptes de nuages dans ces régions et ont été utilisées afin de produire la carte de la couverture terrestre.

Deux petites zones sur la scène 025/015 ont été couvertes par un très faible brouillard ou brume sèche se déplaçant à l'intérieur des terres depuis la glace de mer au-dessus de la pointe est de la péninsule de Bell. La première couvrait le tiers est de la pointe Seahorse ($63^{\circ}45'43''\text{N}$, $80^{\circ}12'59''\text{O}$), une zone composée de plus de 90 % de socle rocheux et d'eau. La seconde couvrait une petite zone à mi-chemin entre la pointe Seahorse et la pointe Leyson ($63^{\circ}40'26''\text{N}$, $80^{\circ}45'26''\text{O}$), une zone composée de plus de 90 % de tapis et de réseaux de bruyère, de résidus de déflation glaciomarine et d'eau. Nous n'avons pas obtenu une imagerie pour corriger la classification de la couverture terrestre dans ces zones, étant donné que les deux ont été jugées comme habitats marginaux pour la sauvagine et les oiseaux de rivage et que la classification n'a pas été considérablement modifiée par cette faible brume sèche.

La scène 029/015 présentait deux petites zones de nuages et d'ombre nuageuse au nord-est de la baie Ell ($64^{\circ}30'10''\text{N}$, $85^{\circ}16'30''\text{O}$ et $64^{\circ}22'25''\text{N}$, $85^{\circ}50'30''\text{O}$) et une autre le long de la côte nord de la baie Ell ($64^{\circ}35'10''\text{N}$, $86^{\circ}23'50''\text{O}$). Cette dernière n'a pas été corrigée, car elle était faible et située au-dessus des eaux océaniques, bas-fonds intertidaux et crêtes de plage sublittorales. Elle s'affiche en gris sur la carte de la couverture terrestre. La scène 028/015 (tableau 1, figure 8) a été achetée pour résoudre le problème des deux petites zones de couverture nuageuse dont nous venons de parler. Cette scène a été traitée en utilisant la même méthodologie que pour les autres scènes et la partie appropriée de la scène 028/015 a été cultivée et utilisée pour remplacer les parties couvertes de nuages de la scène 029/015 au moyen du modélisateur EASI de PCI Geomatica.

Toutes les scènes ont été combinées en une mosaïque continue afin de créer une carte de la couverture terrestre de l'île Southampton. Étant donné que nous n'avons pas mené de vérification au sol au nord de la latitude $64^{\circ}31'\text{N}$, nous présentons la classification au nord de cette latitude comme étant provisoire. Cependant, l'auteur principal a survolé cette zone les 1^{er} et 2 juillet 2002, et nous estimons que la classification est pour la plupart valide, avec certaines réserves sur les zones des basses terres à l'extrémité sud de la baie Duke of York en raison d'erreurs de classification associées aux catégories des basses terres. Des régions vecteurs ont été créées pour chaque scène afin de délimiter les zones à utiliser pour produire la mosaïque d'images. La précision de la classification dans les régions choisies semble être plus cohérente avec nos données de vérification au sol par rapport à d'autres scènes qui se chevauchent. Les scènes ont été assemblées en mosaïque au moyen du logiciel OrthoEngine de PCI Geomatica. Afin de préserver les valeurs de classification, aucune modification ni aucun mélange n'ont été effectués lors de la création de la mosaïque.

Les régions vecteurs ont été définies sur la carte de la couverture terrestre pour reclasser certains groupes de pixels dans d'autres catégories. Ces masques ont été utilisés pour :

- reclasser la glace lacustre et la glace marine dans la catégorie des masses d'eau claire mi-profondes;
- répartir les crêtes de neige et de glace restantes dans une catégorie distincte des estrans et hautes plages côtières d'après la topographie (sur les hautes terres uniquement);
- répartir les dépôts actifs et les masses d'eau drainées dans des catégories distinctes des estrans et hautes plages côtières d'après la topographie;
- reclasser, à partir de la catégorie de socles rocheux, les zones couvertes d'ombres dans les vallées profondes et les autres zones au relief élevé le long de la côte nord-est qui avaient été mal classées comme étant des zones d'eaux profondes ou peu profondes.

Dès que toutes ces modifications ont été appliquées à la mosaïque, une fonction de lissage a été appliquée pour reclasser les pixels simples ou doubles isolés dans la catégorie d'habitat avoisinant dominant. Après un certain nombre d'essais de filtrage, nous avons choisi le filtre SIEVE de PCI Geomatica avec un seuil de trois pixels, car il produisait de meilleurs résultats en retirant efficacement les pixels isolés, tout en préservant les éléments linéaires. Le filtre SIEVE fusionnait les pixels au sein d'un groupe plus petit que les filtres choisis par l'utilisateur (p. ex. 3 sur 3, 5 sur 5) qui avaient tendance à masquer les détails de l'image. Cette procédure réduit au minimum l'effet « moucheté » causé par ces nombreux pixels qui sont, dans tous les cas, probablement mal classés en raison du processus de moyennage des pixels. Néanmoins, nous avons remarqué que la signature spectrale de l'eau était assez précise et différente de celle d'autres types de couvertures (à l'exception des zones d'ombres prononcées dans les vallées profondes), ce qui a donné lieu à une grande précision de la classification pour les pixels dans les catégories d'eau. De plus, elle offre un bon géoréférencement et de bonnes cibles de navigation pendant le survol d'une zone. Par conséquent, nous avons éliminé l'effet des processus de filtration afin de protéger les pixels d'eau, en créant et en enregistrant, dans un fichier distinct, une copie de tous les pixels des catégories d'eau avant d'appliquer le filtre et d'ajouter ensuite la couche de pixels d'eau à nouveau sur le postfiltre.

Étant donné que les pixels de la scène sont de 30 m sur 30 m (aucun rééchantillonnage n'a été effectué pour les scènes), toutes les mesures de la superficie des zones ont été calculées en ajoutant le nombre total de pixels assigné à chaque catégorie dans la zone précise étudiée (tous les pixels de l'île Southampton, du Refuge d'oiseaux migrateurs de la baie Est et de Harry Gibbons) et en multipliant par 900 m^2 ($0,0009 \text{ km}^2$). Les zones de mesure ont été définies à l'aide de régions vecteurs.

3.7 Évaluation de la précision

La précision de la classification peut être établie en comparant les points ou les régions affectés à des catégories de couvertures terrestres déterminées, dans le cadre des études sur le terrain sur les mêmes points ou régions de la carte de la couverture terrestre. Nous avons évalué la précision de notre carte de la couverture terrestre en suivant la technique descriptive des procédures d'évaluation de la précision décrites par Story et Congalton (1986), puis revues par Congalton (1991).

Afin de maximiser le nombre de pixels utilisés dans l'évaluation de la précision, nous avons voulu utiliser une approche par régions fondée sur les régions-échantillons qui ont été définies dans les cartes de terrain établies grâce à la vérification au sol. Toutefois, des contraintes de logiciel ont requis l'utilisation d'une approche par point. Un nombre total de 1 499 points-

échantillons indépendants des 23 catégories de couvertures terrestres (27 à 110 points par catégorie, la plupart avec environ 50 points), ont été choisis et évalués afin de vérifier la précision de la classification (à savoir, la précision avec laquelle chaque pixel a été affecté à chaque catégorie de couverture terrestre). La figure 9 illustre la répartition des points-échantillons.

La statistique descriptive la plus simple tirée d'une évaluation de la précision est la précision générale de la classification, qui est obtenue en divisant le nombre total de classifications correctes (la somme des principales diagonales) par le nombre total de pixels dans la matrice de confusion.

De la même manière, la précision de chaque catégorie de couverture terrestre individuelle peut aussi être calculée. Toutefois, le producteur a le choix de diviser le nombre de pixels corrects dans cette catégorie par le nombre total de pixels dans la colonne correspondante (données de référence) ou rangée correspondante (données classifiées) (Congalton, 1991). Dans le deuxième cas, il s'agit d'une mesure de l'erreur d'exclusion (omission), que l'on appelle la précision du producteur, car elle indique la probabilité qu'une zone sur le sol puisse être classée correctement. Les producteurs sont généralement plus intéressés par la mesure dans laquelle une superficie terrestre donnée peut être cartographiée adéquatement. Dans ce dernier cas, il s'agit d'une mesure de l'erreur d'inclusion (erreur réelle), que l'on appelle la précision de l'utilisateur, car elle indique la probabilité qu'un pixel d'une carte classifiée représente réellement cette catégorie de couverture terrestre sur le terrain. Les utilisateurs des cartes classifiées sont généralement plus intéressés par la mesure dans laquelle la carte correspond réellement à ce qui se trouve sur le terrain.

Les producteurs de classification de couverture terrestre manquent souvent de reconnaître que, même si une évaluation de la précision est effectuée, cette évaluation n'est valide qu'en fonction de la sélection (ou de l'indépendance) des données sur les points ou régions utilisés pour sa production. Ce processus de sélection est sujet à une subjectivité intrinsèque due au fait que les producteurs utilisent des points ou régions pour lesquels ils sont les plus confiants, et ce sont les points ou régions qui sont habituellement correctement classés.

4 Résultats et analyse

4.1 Catégories de couvertures terrestres

Nous avons identifié deux catégories d'eau, deux catégories côtières variables dans la zone touchée par les marées montantes et descendantes, une catégorie de neige et de glace (y compris les glaces de mer) et 18 catégories de couvertures terrestres pour la classification des scènes par satellite et la création de la carte de la couverture terrestre de l'île Southampton et des Refuges d'oiseaux migrateurs (tableaux 3 et 4). Ces catégories ont été en grande partie fondées sur l'adaptation et l'expansion des catégories de couvertures terrestres décrites par Didiuk et Ferguson (2005) et Parker (1975). La superficie de la zone et sa couverture relative couverte par chaque catégorie sont définies dans le tableau 3. Les caractéristiques générales de chaque catégorie, ainsi que les détails de la couverture végétale, se trouvent dans les tableaux 4 et 5, respectivement. Les vues au sol et aériennes de chaque catégorie de couverture terrestre ainsi que la description de leur couleur sur les scènes améliorées, de la position topographique, de l'expression superficielle, du substrat, du régime d'humidité et une brève description de la végétation se trouvent à l'annexe 1. Les noms des couleurs suivent la légende de couleurs de Stanley Gibbons (Stanley Gibbons, 1979).

D'autres catégories ont également été observées et échantillonnées pendant le travail sur le terrain, mais pour diverses raisons (p. ex. les petites parcelles dispersées, la signature spectrale similaire à d'autres catégories), nous n'avons pas pu les classer comme catégories distinctes au cours du processus de classification. Les caractéristiques générales de certaines de ces catégories sont définies dans le tableau 6 et des détails et images supplémentaires se trouvent à l'annexe 2.

Nous avons trouvé 90 espèces de plantes vasculaires de l'île Southampton, dont 26 étaient des plantes graminoides, 51 étaient des plantes herbacées non graminoides, 6 étaient des arbustes de la famille des éricacées et 7 étaient des arbustes. Nous avons également recueilli 66 espèces de mousses, 5 hépatiques et 14 lichens. Il convient de souligner les deux spécimens fertiles de *Bryum marratti* (recueillis au même endroit) qui ont été les premiers spécimens confirmés observés en Amérique du Nord. Tous deux ont été vérifiés indépendamment par deux spécialistes (Spence et Ley). Les détails sur les plantes vasculaires, les mousses et les lichens consignés dans chaque catégorie se trouvent à l'annexe 3.

Les catégories de couvertures terrestres déterminées dans cette étude sont celles qui peuvent être aisément distinguées des inspections à basse altitude à l'extérieur des zones de transition entre les catégories. Elles ont montré des différences marquées au niveau du substrat, de la communauté végétale, de la position topographique et du régime d'humidité, et ont pu facilement être distinguées visuellement par les observateurs (Didiuk et Ferguson, 2005). D'après ces caractéristiques, nous avons également jugé qu'elles avaient la meilleure possibilité d'être facilement distinguées et avec précision à l'aide de la classification et du traitement des

images par satellite. Des travaux de vérification au sol plus approfondis pourraient déterminer un certain nombre de sous-catégories pour certaines couvertures terrestres, en particulier dans les basses terres et les zones sèches avec des régimes d'humidité de mésoïques à hygriques, ainsi que dans les zones de transition. En raison de leur composition caractéristique, ce sont également les habitats qui présentaient le plus grand potentiel d'avoir des communautés ou des assemblages d'espèces sauvages distincts.

Une grande partie des Refuges d'oiseaux migrateurs est recouverte de basses terres, soit légèrement plus de 37 % et de 39 % pour la baie Est et Harry Gibbons, respectivement (voir le tableau 3). Les basses terres et leurs habitats environnants abritent une abondance et une diversité de faune et de flore terrestres parmi les plus riches de l'Arctique (CAFF, 2001). Étant donné qu'elles constituent le noyau des habitats de bonne qualité pour la faune, leur protection est essentielle pour atteindre les objectifs de conservation des refuges. Toutefois, nous croyons que la structure des basses terres de l'île Southampton a considérablement changé depuis la création des refuges. Nous suggérons que la surabondance d'oies blanches et éventuellement des caribous a causé des dommages considérables sur la communauté végétale des grandes étendues de prés graminoides, à la fois à l'intérieur des terres et le long de la côte. Comme il a été démontré dans d'autres colonies de reproduction et de halte migratoire dans la baie d'Hudson, le broutage intensif et les méthodes d'alimentation des oies blanches (essouchement et arrachage des pousses) provoquent un remplacement de la couverture graminoides par des mousses et certaines plantes herbacées non graminoides (Handa *et al.*, 2002; Jefferies *et al.*, 2006). Dans les cas extrêmes, même les mousses disparaissent, laissant derrière elles une tourbe exposée et des résidus souvent couverts d'une croûte saline. Les conversations avec d'autres chercheurs ayant travaillé sur l'île Southampton de façon intermittente au cours des 20 dernières années (p. ex. Abraham, communication personnelle et données inédites) renforcent notre avis selon lequel les conditions actuelles de l'habitat dans une bonne partie de la végétation des basses terres représentent un remplacement de faible qualité de la communauté de prés graminoides qui était présente à l'origine. Une étude distincte sur les modifications de la végétation selon une analyse multi-temporelle à l'aide de l'imagerie satellitaire, qui se concentre sur les habitats des basses terres de la baie Est et de la rivière Boas, est en cours (Fontaine et Mallory, données inédites).

Moins de 7 % du Refuge d'oiseaux migrateurs de la baie Est était couvert par des prés graminoides ou des polygones concaves, dont la plupart affichaient des signes de broutage intensif par les oies. Les autres parties des basses terres (plus de 31 % de la superficie du refuge) étaient couvertes d'une faible végétation constituée de tapis de mousse, de tourbe exposée, de limon et d'argile des grands fonds exposés et de croûtes de sel. De 15 à 18 % de la surface du Refuge d'oiseaux migrateurs de Harry Gibbons étaient recouverts de prés graminoides qui étaient en relativement bon état. On trouve principalement ces prés loin de la côte. Le long de la côte, les conditions des habitats étaient similaires à celles de la baie Est, la majorité des basses terres affichant des signes de dommages considérables. Plus de 21 % du refuge était couvert de tapis de mousses et de sédiments exposés.

Étant donné que les débarquements de vérification au sol n'ont pas pu être réalisés dans les catégories de couvertures terrestres de polygones concaves du côté ouest de l'île en 2002, en raison de niveaux d'eau élevés, nous n'avons pas pu évaluer la qualité de l'habitat de cette catégorie dans cette région, comme nous l'avons fait sur le côté est de l'île en 2001. Entre la baie Est et la baie Native, la plupart des centres de basses terres montraient des signes évidents de broutage intensif par les oies et présentaient un faible couvert de plantes vasculaires (figure 11). Comme pour les autres catégories de basses terres, la couverture végétale dominante était constituée de mousses (souvent recouverte d'algues séchées). Les cicatrices

dues au gel étaient généralement bien végétalisées, avec des plantes de type bruyère, des plantes herbacées non graminoides et quelques plantes graminoides, mais présentaient des signes de broutage sur les plantes les plus sapides (Gauthier, 1993; Handa *et al.*, 2003). D'après ce que nous avons pu observer en 2002 du haut des airs et au sol depuis l'orée de ces habitats, les polygones concaves semblent avoir une meilleure couverture végétale sur le côté ouest de l'île que sur le côté est.

Figure 11.

Dépression de terrain des polygones concaves dans les basses terres de l'intérieur au sud-est de la baie Est, île Southampton, Nunavut. La couverture végétale dominante se compose de mousse recouverte d'algues séchées (de couleur noire) et le reste de la végétation est pauvre et généralement dans les massifs soulevés.



Tableau 3

Superficie (en km²) et pourcentage de couverture (en %) des catégories de couvertures terrestres présentes sur l'île Southampton et dans le Refuge d'oiseaux migrateurs de la baie Est et le Refuge d'oiseaux migrateurs de Harry Gibbons, Nunavut

Catégorie de couverture terrestre	île Southampton		Refuge d'oiseaux migrateurs de la baie Est ^a		Refuge d'oiseaux migrateurs de Harry Gibbons	
	Superficie (km ²)	%	Zone	%	Zone	%
1. Masses d'eau ^b						
1.1 Masses d'eau claire profondes à mi-profondes	2357,62	5,39	335,64	29,36	78,00	5,42
1.2 Masses d'eau turbides ou peu profondes	1674,25	3,83	102,61	8,98	177,09	12,31
1.3 Crêtes de glace et de neige	149,85	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
2. Sédiments exposés						
2.1 Masses d'eau drainées (lacs thermokarstiques)	16,21	0,04	0,00	0,00	4,24	0,29
2.2 Estrans côtiers	113,12	0,26	2,85	0,25	6,70	0,47
2.3 Hautes plages côtières	356,35	0,81	16,12	1,41	70,06	4,87
2.4 Dépôts actifs	281,69	0,64	2,30	0,20	17,01	1,18
3. Hautes terres						
3.1 Affleurements rocheux	3312,05	7,57	16,68	1,46	0,07	0,00
3.2 Crêtes de blocs rocheux	3064,82	7,01	1,27	0,11	0,01	0,00
3.3 Toundra à lichens et éricacées	4286,43	9,80	23,20	2,03	121,79	8,47
3.4 Mélange de crêtes de blocs rocheux et de lichens et éricacées	2809,06	6,42	10,98	0,96	27,73	1,93
4. Zones sèches : résidus de déflation glaciomarine dénudée						
4.1 Fragments de dépôts de la taille d'une main ou de taille plus grosse	1393,93	3,19	23,19	2,03	24,70	1,72
4.2 Fragments de dépôts de la taille de graviers	2049,13	4,68	15,25	1,33	5,33	0,37
4.3 Déflation recouverte d'algues	1458,62	3,33	3,54	0,31	9,81	0,68
5. Zones sèches : sol géométrique						
5.1 Tapis de bruyère	4660,62	10,65	17,07	1,49	16,65	1,16
5.2 Réseaux de bruyère	3976,89	9,09	19,83	1,73	25,02	1,74
5.3 Réseaux d'arbustes ou de bruyère denses	2195,01	5,02	8,86	0,77	72,12	5,01
5.4 Toundra mixte (bruyère/plantes graminoides/arbustes)	3237,65	7,40	111,24	9,73	215,23	14,97
6. Basses terres						
6.1 Tourbe et sédiments exposés	1914,69	4,38	67,05	5,86	169,03	11,75
6.2 Mousse hydrique et tapis de tourbe	2017,92	4,61	241,18	21,10	98,98	6,88
6.3 Tapis de mousse hygrique	569,14	1,30	48,79	4,27	36,54	2,54
6.4 Prés de plantes graminoides	1442,19	3,30	24,49	2,14	225,63	15,69
6.5 Polygones concaves	389,05	0,89	51,13	4,47	36,36	2,53
7. Non classifié	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8. Nuages ^c	17,87	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	43 744,16	100,00	1143,27	100,00	1438,10	100,00

^a Ces chiffres comprennent l'île Mitiq (64°1'46"N, 81°47'18"O) dans le Refuge d'oiseaux migrateurs de la baie Est.

^b Ces chiffres comprennent les parties des eaux océaniques des Refuges d'oiseaux migrateurs de la baie Est et de Harry Gibbons, car elles font partie des refuges. Toutefois, les chiffres de l'île Southampton ne comprennent pas les parties des eaux océaniques.

^c Les chiffres relatifs aux nuages comprennent les parties situées au-dessus des eaux océaniques.

Tableau 4

Sommaire général des caractéristiques enregistrées pour les catégories de couvertures terrestres déterminées à l'aide de l'imagerie satellitaire du LANDSAT-7 ETM+, île Southampton, Nunavut. Consultez l'annexe 1 pour obtenir de plus amples détails.

Catégorie de couverture terrestre	Améliorations des bandes 4, 5, 2 ^a	Position topographique	Expression superficielle	Substrat	Régime d'humidité	Végétation dominante
1. Masses d'eau						
1.1 Masses d'eau claire profondes à mi-profondes	De noir à bleu noir	Eaux océaniques au large des côtes et étangs dans des terres plus élevées	Fond habituellement non visible	s.o.	s.o.	Aucune
1.2 Masses d'eau turbides ou peu profondes	De violet bleuté à violet vif	Eaux de marée sublittorales, étangs côtiers et petits cours d'eau	Fond évident ou eau trouble	s.o.	s.o.	Quelques plantes graminoides émergentes
1.3 Crêtes de glace et de neige ^b	Magenta vif	Glace de mer; glace lacustre et bancs de neige dans les hautes terres	Glace de mer dans de vastes étendues; bancs de neige habituellement longs et étroits	s.o.	s.o.	Aucune
2. Sédiments exposés						
2.1 Masses d'eau drainées ^b	De rose clair à rose brun	Lacs thermokarstiques dans les basses terres	Étangs drainés et plats, non végétalisés pour la plupart	Limons, argile et matière organique	De mésoïque à hydrique	Aucun lorsqu'elle a récemment été drainée; mousses et graminoides là où la végétation a eu le temps de coloniser
2.2 Estrans côtiers	De rose clair à rose mat	Longue bande étroite au-dessus des hautes plages	Vasières non végétalisées sur terrain plat	Limons marins et argiles des grands fonds	Hygrique à hydrique	Non échantillonnée; principalement des algues
2.3 Hautes plages côtières	Magenta vif	Large bande d'estrans	Vasières non végétalisées sur terrain plat	Limons marins et argiles des grands fonds	Hygrique	Non échantillonnée; principalement des algues
2.4 Dépôts actifs ^b	De rose vif à rose clair	Rives de cours d'eau en érosion; alluvions et cônes	Bandes étroites le long des cours d'eau et larges dépôts à l'embouchure des rivières	Galets arrondis, gravier et sable	Xérique en surface	Plantes herbacées non graminoides
3. Hautes terres						
3.1 Affleurements rocheux	Vert foncé	Large bande le long de la côte nord	Accidentée avec des changements abrupts dans les pentes et dans l'aspect	Roches métamorphiques non subdivisées	Xérique	Non échantillonnée; semblable aux crêtes de blocs rocheux, mais avec une couverture clairsemée
3.2 Crêtes de blocs rocheux	Jaune vert	Couvre la plupart des hautes terres	Accidentée avec des changements abrupts dans les pentes et dans l'aspect	Grands blocs arrondis ou angulaires de roches métamorphiques	Xérique	Mousses avec des quantités semblables de lichens, de plantes herbacées non graminoides, de graminoides et d'arbustes
3.3 Toundra à lichens et éricacées	De jaune orangé à orange mat	Petites et moyennes parcelles dans les hautes terres	De la mi-pente jusqu'au haut des pentes dans les hautes terres, surface inégale	Blocs rocheux, grands rochers, galets et till parsemé	De xérique à mésoïque	Lichens et plantes herbacées non graminoides
3.4 Mélange de crêtes de blocs rocheux et de lichens et éricacées	D'ocre à brun ocre	Presque tous dans les hautes terres, souvent dans de grandes superficies avec du till exposé	Sur un terrain plat et en tant que zone de transition entre les crêtes de blocs rocheux et la toundra à lichens et éricacées	Till, galets et grands rochers	Mésoïque	Mousses, plantes herbacées non graminoides et arbustes
4. Zones sèches : résidus de déflation glaciomarine dénudée						
4.1 Fragments de dépôts de la taille d'une	De blanc à	Avec le point 4.2, constitue	Dépôts entièrement dénudés	Déflation accidentée	Xérique	Pratiquement dénudée, à

main ou de taille plus grosse	jaune clair	la plupart des zones sèches sur les 2/3 de la partie sud de l'île	avec une surface plane à ondulée	(pierre calcaire et grès)		l'exception de quelques petits tapis de plantes herbacées non graminoides
4.2 Fragments de dépôts de la taille de graviers	De jaune clair à jaune vif	Avec le point 4.1, constitue la plupart des zones sèches sur les 2/3 de la partie sud de l'île	Dépôts entièrement dénudés avec une surface plane à ondulée	Déflation accidentée (pierre calcaire et grès)	Xérique	Pratiquement dénudée, à l'exception de quelques petits tapis de plantes herbacées non graminoides
4.3 Déflation recouverte d'algues	Vert lime vif	Dépressions avec des niveaux d'eau spasmodiques sur les dépôts de till et les résidus de déflation	Facilement identifiable par sa coloration noire due à la croûte algoïde	Déflation et till mixte	Variable	Variable
5. Zones sèches : sol géométrique						
5.1 Tapis de bruyère	De rose à « chair » (rose beige)	Zones sèches sur un manteau de till mixte et une déflation de la taille de graviers	Vastes étendues avec un terrain plat à ondulé; tapis bien séparés	Manteaux de till mixte et résidus de déflation	De xérique à mésoïque	Plantes herbacées non graminoides
5.2 Réseaux de bruyère	De « chair » (rose beige) à cannelle/vert sauge	Zones sèches sur des manteaux de till à grains fins	Vastes étendues avec un terrain plat à ondulé; réseaux de végétation claire	Manteaux d'argile/limon et de till à grains fins et résidus de déflation	Mésoïque	Plantes herbacées non graminoides et arbustes
5.3 Réseaux d'arbustes ou de bruyère denses	De vert sauge à jaune vert mat	Bassins versants peu profonds des zones sèches sur des manteaux de till à grains fins	En général, formations linéaires le long des zones peu profondes des zones sèches entourées par des étendues de réseaux de bruyère	Manteaux d'argile/limon et de till à grains fins et résidus de déflation	Mésoïque	Arbustes, plantes herbacées non graminoides et graminoides
5.4 Toundra mixte (bruyère/plantes graminoides/arbustes; sol géométrique)	De jaune vert mat à jaune orangé	Tout au long des zones sèches et à des altitudes plus élevées dans les basses terres	Variable; mélange d'autres catégories fortement influencées par le gel (marmites de boue et autres formes provoquées par le soulèvement par le gel)	Variable; généralement du till à grains fins	De mésoïque à hygrique	Mousses variables, arbustes, plantes herbacées non graminoides et graminoides avec quelques lichens
6. Basses terres						
6.1 Tourbe et sédiments exposés	De rose vif à rouge carmin	Basses terres hygriques et hydriques	Terrain plat dans les vastes étendues de tourbe exposée; bassins versants à l'intérieur des terres et le long de la côte	Tourbe sur du limon marin et de l'argile des grands fonds	Hydrique à hygrique; le plus souvent avec de l'eau de surface	Mousses
6.2 Mousse hydrique et tapis de tourbe	De rouge écarlate à rouge orangé	Basses terres et bassins versants d'hydriques à hygriques; habituellement le long de la côte	Terrain plat dans les vastes étendues de mousse et de tourbe dénudées; les mousses sont souvent mortes	Tourbe sur du limon marin et de l'argile des grands fonds	Hydrique à hygrique; le plus souvent avec de l'eau de surface	Mousses avec une couverture graminioïde variable
6.3 Tapis de mousse hygrique	D'orange vif à orange jaune	Basses terres hygriques; le long de la côte et à l'intérieur des terres	Terrain plat dans les vastes étendues de mousses vivantes dénudées	Tourbe sur du limon marin et de l'argile des grands fonds	Hygrique; parfois avec de l'eau de surface	Mousses avec une couverture graminioïde variable

6.4 Prés de plantes graminoides	D'orange jaune à jaune verdâtre	Tout au long de basses terres; maintenant surtout à l'intérieur des terres	Vastes étendues de terrain plat avec une communauté de végétation bien développée	Tourbe sur du limon marin et de l'argile des grands fonds	Hygrique; parfois avec de l'eau de surface	Plantes graminoides et mousses
6.5 Polygones concaves	De jaune vert vif à vert	Basses terres de l'intérieur	Vastes étendues facilement identifiables du haut des airs par le guillochis	Tourbe sur du limon marin et de l'argile des grands fonds	Hydrique à hygrique; centres couverts de nappes d'eau les années humides	Mousses et plantes graminoides
7. Non classifié	Diverses	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
8. Nuages	De rose clair à rose vif pour les nuages et de noir à noir brunâtre pour les ombres des nuages	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.

^a Les noms de couleurs suivent Stanley Gibbons (1979).

^b Bien que ces catégories n'aient pas pu être différenciées des catégories de hautes plages et d'estrans côtiers en fonction de leur signature spectrale, leur position topographique et leurs formes régulières leur ont permis d'être facilement identifiées et séparées durant le processus de classification.

Tableau 5
 Détail de la couverture végétale (en %) des catégories de couvertures terrestres de l'île Southampton, Nunavut

Catégorie de couverture terrestre ^a	Catégorie du détail de la couverture végétale (%)														
	Socle rocheux	Bloc rocheux	Gravier	Sable	Argile/limon	Tourbe humide	Tourbe sèche	Eau	Coquillages	Mousses	Lichens	Plantes graminoides	Plantes herbacées non graminoides	Arbustes	Déflation
2.1 ^b					85-95	0-10				0-10		< 5			
2.2 ^b					5-95										
2.3 ^b					5-95										
2.4 ^b		5-10 ^c	80-95 ^c	0-15 ^c	0-15 ^c								< 5		80-95 ^c
3.1 ^b	85-95	5-15								< 5	< 5	< 5	< 5		
3.2	< 5	75-85					< 5			5-10	< 5	< 5	< 5	< 5	
3.3	< 5	< 5	5-15	5-15		< 5	5-10			5-10	20-60	5-15	25-60	< 5	
3.4		15-30					5-10			10-40	5-10	5-15	5-25	< 5	
4.1													< 5		95-100
4.2													< 5		95-100
4.3 ^d													< 5		95-100
5.1					5-40						< 5	< 5	5-15	< 5	40-90
5.2					15-40		5-10			5-10	5-10	5-10	5-15	5-20	30-45
5.3			5-10		10-45	5-10	< 5			0-10		5-20	5-20	10-20	10-20
5.4		< 5	0-10	< 5	< 5	5-20	5-20		< 5	5-20	5-10	10-30	20-45	5-25	0-10
6.1					5-10	60-95		0-10		5-15		0-15	< 5	< 5	< 5
6.2					5-10	5-20		0-10		60-95	< 5	5-20	< 5		< 5
6.3										60-95	< 5	5-40	< 5		< 5
6.4						0-25	< 5	< 5		5-50	< 5	35-75	5-10	< 5	
6.5						0-10	0-10			40-95	< 5	5-35	< 5	< 5	

^a Catégorie de couverture terrestre : 2.1 = masses d'eau drainées (lacs thermokarstiques), 2.2 = estrans côtiers, 2.3 = hautes plages côtières, 2.4 = dépôts actifs, 3.1 = affleurements rocheux, 3.2 = crêtes de blocs rocheux, 3.3 = toundra à lichens et éricacées, 3.4 = mélange de lichens et éricacées et de crêtes de blocs rocheux, 4.1 = fragments de dépôts de la taille d'une main ou de taille plus grosse, 4.2 = fragments de dépôts de la taille de graviers, 4.3 = déflation recouverte d'algues, 5.1 = tapis de bruyère, 5.2 = réseaux de bruyère, 5.3 = réseaux denses d'arbustes et de bruyère, 5.4 = toundra mixte (bruyère/plantes graminoides/arbustes), 6.1 = tourbe exposée, 6.2 = mousse hydrique et tapis de tourbe, 6.3 = tapis de mousse hygrique, 6.4 = prés de plantes graminoides, 6.5 = polygones concaves.

^b 2.1 à 3.1 – non mesuré, les chiffres ne sont que des estimations.

^c 2.4 – les chiffres dépendent de la position des dépôts, à savoir s'ils sont situés à l'intérieur ou aux alentours de dépôts de till (bloc rocheux, gravier, sable, argile/limon) ou de résidus de déflations glaciomarines (argile/limon, déflation).

^d 4.3 – la couverture végétale de cette catégorie est très variable le long des grands bassins versants tels que la rivière Boas et peut inclure l'argile/le limon, les plantes herbacées non graminoides et graminoides et les arbustes. Cependant, lorsqu'elle se trouve au sein de vastes étendues de déflations glaciomarines, la couverture végétale est identique à celle qui l'entoure, à l'exception du revêtement d'algues séchées.

Tableau 6

Sommaire général des caractéristiques enregistrées pour les catégories de couvertures terrestres impossibles à discerner des autres catégories au moyen de l'imagerie satellitaire du LANDSAT-7 ETM+, île Southampton, Nunavut. Consultez l'annexe 2 pour obtenir de plus amples détails.

Catégorie de couverture terrestre	Améliorations des bandes 4, 5, 2 ^a	Position topographique	Expression superficielle	Substrat	Régime d'humidité	Végétation dominante
1. Fourré arbustif	D'orange vermillon à rouge orangé	Bassins versants abrités sur des terrains plus élevés et en tant que petites parcelles sur la côte ouest de la baie South au sud de la pointe Siquivilaaq	Longues bandes étroites sur la partie supérieure des pentes des bassins versants ou petits fourrés isolés	Tourbe sur du till mixte éparpillé	D'hygrique à mésoïque	Arbustes et plantes herbacées non graminoides
2. Gazons côtiers	Orange jaune (mais souvent ce sont des couleurs mélangées)	Exclusivement le long des côtes des basses terres dans la zone souvent inondée par les fortes marées	Terrain plat dans les parcelles accidentées parsemées de sédiments marins exposés et de bassins saumâtres	Limon marin et argile des grands fonds	Hygrique à hydrique	Mousses
3. Cariçaies humides (bassins versants)	De cramoiisé à carmin	Bassins versants et dépressions dans les zones sèches	Petites poches localisées sur un terrain plat à légèrement incliné avec un mauvais drainage; communauté végétale diversifiée	Horizon de tourbe profonde sur une couche de limon et d'argile, dont la partie inférieure est souvent mélangée à du till	Hygrique à hydrique	Plantes graminoides, mousses et arbustes
4. Toundra hummockée à graminoides/toundra à buttes de graminoides	De brun orangé et d'olive-sépia à brun roux	Basses terres de l'intérieur et partie inférieure des zones sèches habituellement associés aux rives de lac	Légèrement ondulée avec une surface accidentée en raison de la tourbe exposée entre les hummocks et les buttes de gazon	Tourbe sur une fine couche de limon marin et d'argile des grands fonds, suivie d'une déflation ou d'un till accidentés	De mésoïque à hygrique	Plantes herbacées non graminoides et graminoides
5. Toundra d'arbustes/de schiste (déflation)	D'ocre à brun ocre	Petites parcelles isolées dans les basses terres de l'intérieur, souvent sur les bords des résidus de déflation des zones sèches	Sol géométrique; surface plane entrecoupée d'hummocks et de buttes recouverts d'arbustes et d'éclats de schiste (déflation)	Tourbe sur des silts marins et de gros éclats de déflation	De mésoïque à hygrique	Arbustes et graminoides

^a Les noms de couleurs suivent Stanley Gibbons (1979).

4.2 Interprétation visuelle des améliorations

Les améliorations obtenues avec les bandes 4, 5 et 2 (affichées en rouge, vert et bleu, respectivement) ont fourni une séparation globale adéquate des catégories de couvertures terrestres (figure 12). Cette amélioration avait également l'avantage de fournir des images d'une palette de couleurs chaudes « naturelles » qu'il est facile de lier intuitivement aux habitats sur le terrain. Les cibles avec une réflectance ou absorption élevées étaient les plus faciles à différencier en utilisant les cartes de terrain. Toutefois, nous avons observé un chevauchement de couleurs pour les catégories de couvertures terrestres qui étaient extrêmement différentes sur le terrain (p. ex. les habitats de la toundra des basses terres et des zones sèches étaient tous les deux affichés en nuances d'orange). Cela a entraîné une certaine confusion au départ dans le cadre des études sur le terrain et, par la suite, pendant l'examen des cartes et des données de terrain. L'annexe 1 énumère la gamme et les nuances de couleurs associées à chaque catégorie de couverture terrestre à l'aide de l'amélioration des bandes 4, 5 et 2.

Nous estimons que l'efficacité et l'exactitude des études sur le terrain pour l'île Southampton auraient pu être grandement améliorées et simplifiées en utilisant une approche différente. Bien qu'elle entraîne plus de travail, l'utilisation de cartes de terrain créées à partir des procédures de classification avant les études sur le terrain ou à partir d'une combinaison de multiples améliorations propres aux trois régions principales de l'île (les hautes terres, les tills et déflations des zones sèches et les basses terres) aurait atténué ce problème. Des essais ultérieurs ont révélé que les améliorations propres aux vastes zones avaient rendu un taux plus élevé de séparation des catégories.

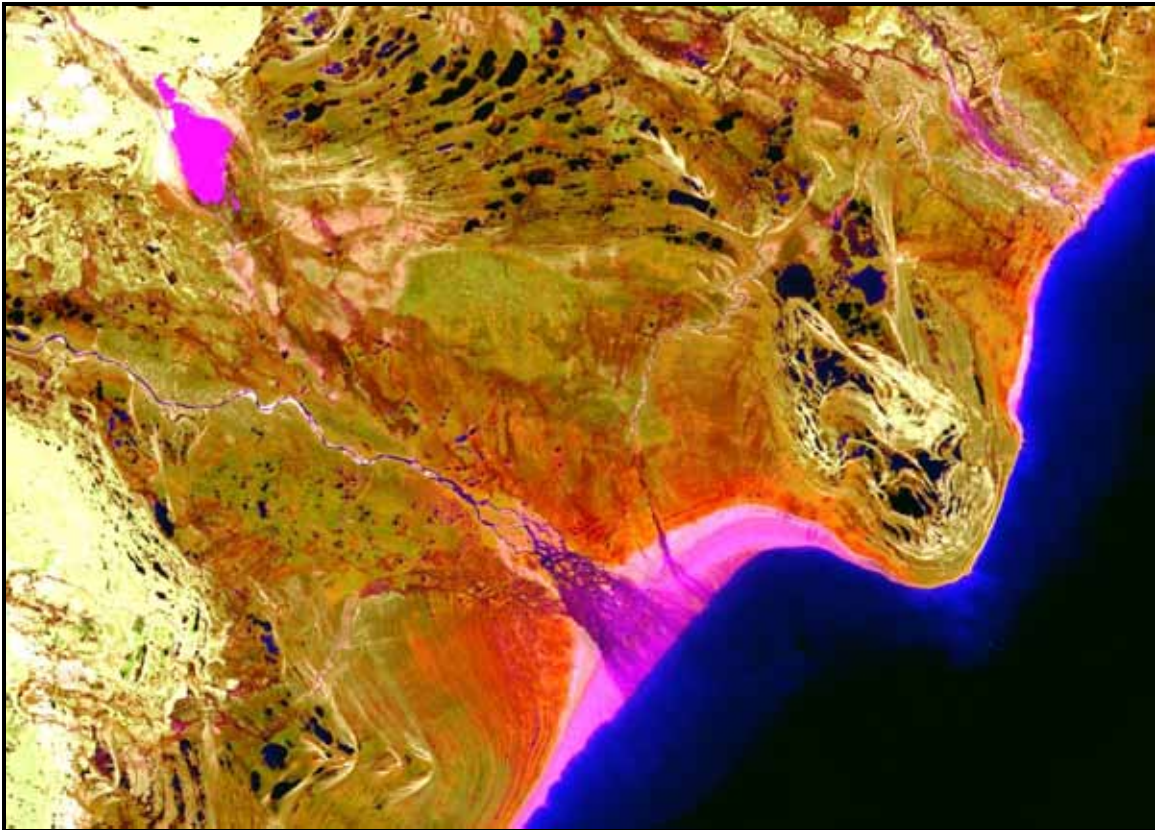
Les masses d'eau se distinguaient facilement par leurs marges nettes et leur signature spectrale unique, allant du noir pour les masses d'eau claire et profonde à des nuances de violet pour les masses d'eau turbides et peu profondes.

Les sédiments, la neige et la glace exposés se distinguaient facilement de toutes les autres catégories de couvertures terrestres en raison de leur réflectance élevée, de leurs marges nettes et de leur position topographique. Toutefois, au sein de ce grand groupe, les signatures spectrales de la glace de mer, des crêtes de neige, des estrans côtiers et hautes plages côtières, des dépôts actifs et des masses d'eau drainées au fond exposé ont toutes affichées de grandes portions de chevauchement et il était par conséquent difficile de les distinguer les unes des autres selon la couleur, qui était toujours dans des nuances de magenta vif à rose clair. Néanmoins, leur position topographique ou leurs formes distinctes ont permis de séparer ces catégories. Toutes les crêtes de neige, affichées en nuances de magenta vif, étaient de longues bandes étroites de deux à quatre pixels de largeur sur le côté abrité des dépressions ou pentes dans les hautes terres. La glace était également représentée en magenta vif, mais elle était facilement identifiée, car elle était située en mer dans la baie d'Hudson et grâce à certains lacs profonds isolés dans les hautes terres. Les estrans côtiers également affichés pour la plupart en magenta vif, mais en raison de leur position le long de la côte ils étaient faciles à distinguer. Les fonds exposés des masses d'eau drainées étaient facilement identifiés, étant donné qu'ils étaient tous à l'intérieur des terres et présentaient des marges nettes typiques des masses d'eau, mais ils partageaient une grande partie de leur signature spectrale avec les estrans côtiers, car ils affichaient tous deux des nuances de rose clair à rose mat. Toutefois, les estrans côtiers avaient souvent une petite touche de vert turquoise, mais restaient difficiles à distinguer des hautes plages côtières en raison des longues zones de transition entre les deux catégories et parce que les estrans étaient généralement étroits. Les dépôts actifs de galets arrondis, de sable et de gravier étaient affichés dans des couleurs

similaires aux masses d'eau drainées (de rose vif à rose clair), mais ils étaient situés dans les coudes des cours d'eau et autres bassins versants tout au long de l'île et dans les cônes alluviaux où les cours d'eau rejoignent l'océan dans les zones de pente modérée.

Figure 12

Exemple d'une amélioration d'image d'une scène prise avec le satellite LANDSAT-7 ETM+ à l'aide d'une transformation auto-clip pour la bande 4, et d'une transformation linéaire pour les bandes 5 et 2, ainsi qu'une diminution de l'eau pour la bande 2, en rouge, en vert et en bleu, respectivement



Les résidus de déflation glaciomarine à la réflectance élevée, composés de fragments de la taille d'une main, étaient blancs avec une transition graduelle vers le jaune vif au fur et à mesure que la taille des fragments diminuait vers la taille de graviers. Dans les zones de niveaux d'eau éphémères, ces résidus étaient souvent recouverts d'algues noires, qui sont affichées en nuances de vert lime vif à vert pomme. Les marges de déflation et de dépôts de till étaient généralement bien définies. La déflation et les dépôts de till étaient végétalisés avec des tapis ou réseaux de bruyère, généralement composés d'un pourcentage élevé de benoîtes de Peck et de saules, étaient également facilement distingués. Ces croûtes végétalisées avec des tapis ou de minces croûtes de végétation parsemée étaient affichées en nuances claires de rose à rose beige, au fur et à mesure que le pourcentage de couverture végétale augmentait en réseaux de bruyère, les couleurs passaient à des nuances plus foncées de rose beige à rose brunâtre clair qui se transformaient en nuances de cannelle et vert sauge là où les réseaux étaient plus denses. La classification non dirigée a facilement identifié tous les dépôts de till et les résidus de déflation et a confirmé nos travaux de vérification au sol.

Les catégories de tapis de mousse, de prés de graminoides et de diverses toundras se sont avérées difficiles à distinguer au départ parce que leur signature spectrale était affichée dans des nuances d'orange qui se chevauchaient sur les améliorations. Nous avons rapidement appris à faire la distinction entre les deux sur le terrain en fonction de leur position topographique, bien que des différences de nuances aient également été utiles. La classification non dirigée a facilement identifié le cœur de ces catégories de couvertures terrestres, mais nous avons rencontré des problèmes avec les zones de transition ou mixtes. Toutes ces catégories de couvertures terrestres présentaient souvent de vastes zones de transition tout au long des zones sèches et des basses terres, en raison de la faible pente.

La tourbe exposée composée principalement de mousses mortes ou mourantes était affichée en rose vif à rouge écarlate le long de la côte et en rouge plus foncé dans des nuances de cramoisi à rouge cramoisi les basses terres de l'intérieur. Les tapis de mousse hydrique légèrement moins endommagés étaient affichés en rouge écarlate à rouge orangé et les couleurs changeaient progressivement vers l'orange vif et le jaune orangé au fur et à mesure que les conditions du régime d'humidité devenaient plus hygriques. Bien qu'ils soient de plus en plus courants le long des côtes, les tapis de mousse hygrique étaient également présents dans les basses terres sur les terrains plats ou en contrebas. Au fur et à mesure que la végétation de surface augmentait et que les basses terres se transformaient en prés graminoides, généralement bien loin de la côte, les couleurs affichées devenaient plus foncées, de sorte que l'orange jaune à jaune verdâtre des prés graminoides laissait place à des polygones concaves d'un vert jaunâtre vif à vert.

Les couleurs affichées par les zones sèches et les hautes terres à la végétation abondante se chevauchaient avec les prés graminoides, même s'ils tendaient à afficher une couleur plus olive ou ocre. La toundra mixte s'affichait dans des nuances de jaune vert mat à jaune orangé et se trouvait généralement dans la vaste couverture sur terrain plat ou en légère pente juste en dessous des hautes terres et dans les zones des basses terres où le terrain est plus élevé. La toundra de lichens et éricacées était observée le plus souvent dans les hautes terres, entremêlée de crêtes de blocs rocheux et s'affichait dans des nuances de jaune orangé à orange mat. Sa zone de transition avec les crêtes de blocs rocheux s'affichait en nuances d'ocre à brun ocre.

Nous avons trouvé qu'il était difficile de distinguer visuellement les nuances vert jaunâtre des crêtes de blocs rocheux et les nuances de vert foncé du socle rocheux sur les images améliorées. La classification non dirigée a montré un certain chevauchement entre ces deux catégories, mais a facilement identifié leur noyau. La position topographique a de nouveau joué un rôle important pendant la vérification au sol. Les crêtes de blocs rocheux et les affleurements rocheux ont été trouvés presque exclusivement dans les hautes terres du Nord et au Nord de la péninsule de Bell, avec un socle rocheux dans une bande le long de la côte se transformant en crêtes de blocs rocheux vers l'intérieur. Malgré tout, de petits affleurements rocheux sont également apparus tout au long des hautes terres, au nord-est du Coral Harbour, autour de la périphérie de la péninsule de Bell et dans une formation en forme de flèche au centre de l'île.

4.3 Classification des catégories de couvertures terrestres

Les collectes approfondies de renseignements de vérification au sol se sont montrées efficaces dans la création d'une carte de la couverture terrestre de l'île Southampton. Les photos prises à chaque vérification au sol ont représenté un outil important dans le cadre des travaux de traitement numérique et nous soulignons leur importance pour des études futures. Les catégories de couvertures terrestres sélectionnées dans le cadre de nos travaux de vérification au sol ont fourni un niveau approprié de détails du paysage et ont satisfait les besoins futurs pour les relevés

sur les espèces sauvages et les évaluations de l'habitat. Il est important de noter que nous avons réussi à identifier les zones fortement endommagées par le broutement excessif des oies blanches.

Parfois, des marges nettes existaient entre les différentes catégories de couverture, en particulier en ce qui concerne les hautes terres et les résidus de déflation ou de till (figure 13). Plus souvent, une zone de transition progressive et irrégulière séparait les couvertures terrestres là où la signature spectrale d'une couverture se mélangeait à celle d'une autre (figure 14). Ces zones de transition et leur fréquence, en particulier dans les basses terres, ont compliqué la sélection de parcelles uniformes ou « inaltérées » servant à la vérification au sol. L'attribution des pixels de ces zones de transition à la catégorie de couverture terrestre avec la signature spectrale la plus proche a provoqué des erreurs et altéré la précision de la classification.

Nous avons réussi à séparer efficacement une seule catégorie de zone de transition, celle qui se situe entre les crêtes de bloc rocheux et les zones sèches à lichens et éricacées. Cela n'a été possible qu'en raison du faible nombre de catégories se trouvant dans les hautes terres, de leurs différentes signatures spectrales et de leur vaste étendue.

La classification de la couverture terrestre de l'île Southampton a été compliquée par l'hétérogénéité des couvertures et la variabilité des régimes d'humidité sur les couvertures qui présentaient une expression superficielle semblable. Le paysage de l'île Southampton est assez différent de celui du golfe Reine-Maud et du Refuge d'oiseaux migrateurs de Dewey Soper, où l'on trouve de grandes étendues de terrain homogène, permettant aux activités de cartographie de la couverture terrestre sur ces sites d'atteindre des niveaux élevés de séparation entre les catégories de basses terres. En revanche, l'île Southampton présente quelques étendues continues de couverture végétale uniforme, avec un régime d'humidité constant, surtout dans l'est des basses terres. Les changements de la couverture végétale et du régime d'humidité étaient très fréquents et chaotiques, ce qui a rendu difficile d'affiner la classification pour obtenir des types de terrain moins complexes et vastes. La plupart des basses terres de l'île Southampton sont si endommagées que leurs signatures spectrales sont grandement influencées par un certain nombre de caractéristiques de la surface, telles que la teneur en eau de la mousse et de la tourbe, les petits étangs et petites nappes d'eau souvent éphémères, les parcelles de mousse très accidentées, la tourbe et les sédiments, les croûtes salines et des petites bandes ou poches intermittentes de sol légèrement surélevé et les anciennes crêtes de plage partiellement recouvertes de végétation composée d'éricacées et de saules.

Au cours de nos travaux, nous nous sommes également rendu compte que la classification de la toundra et des basses terres de l'Arctique est principalement influencée par le régime d'humidité et les substrats exposés. Les catégories d'habitat qui semblaient souvent quasi identiques sur le terrain (p. ex. les tapis de mousse hydrique et hygrique) présentaient des signatures spectrales différentes en raison de leur régime d'humidité variable, tandis que les catégories d'habitat avec des communautés végétales et une expression superficielle distinctes, mais avec le même régime d'humidité (p. ex. les prés graminoides à l'intérieur des terres et de la toundra mixte), se sont avérées difficiles à séparer.

Figure 13

Illustration des différentes frontières entre deux catégories de couvertures terrestres, soit de la déflation glaciomarine de la taille de gravier adjacente aux tapis de bruyère : a) photographie aérienne prise à une altitude de 100 m; b) amélioration des bandes 4, 5 et 2 d'une scène par satellite du LANDSAT-7 ETM+ du même site affiché en rouge, vert et bleu

a)



b)

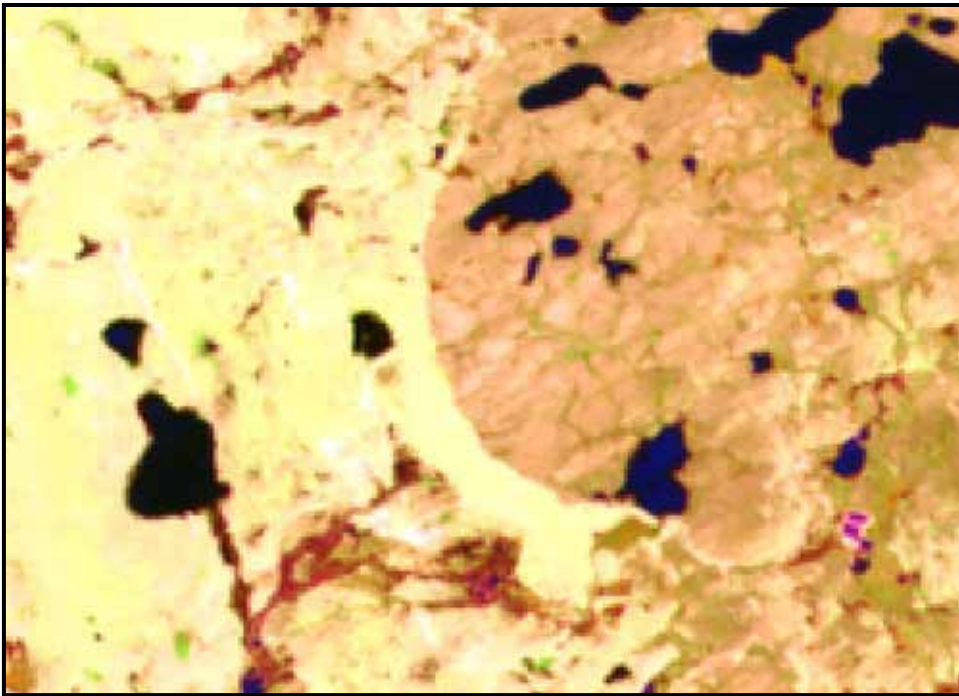


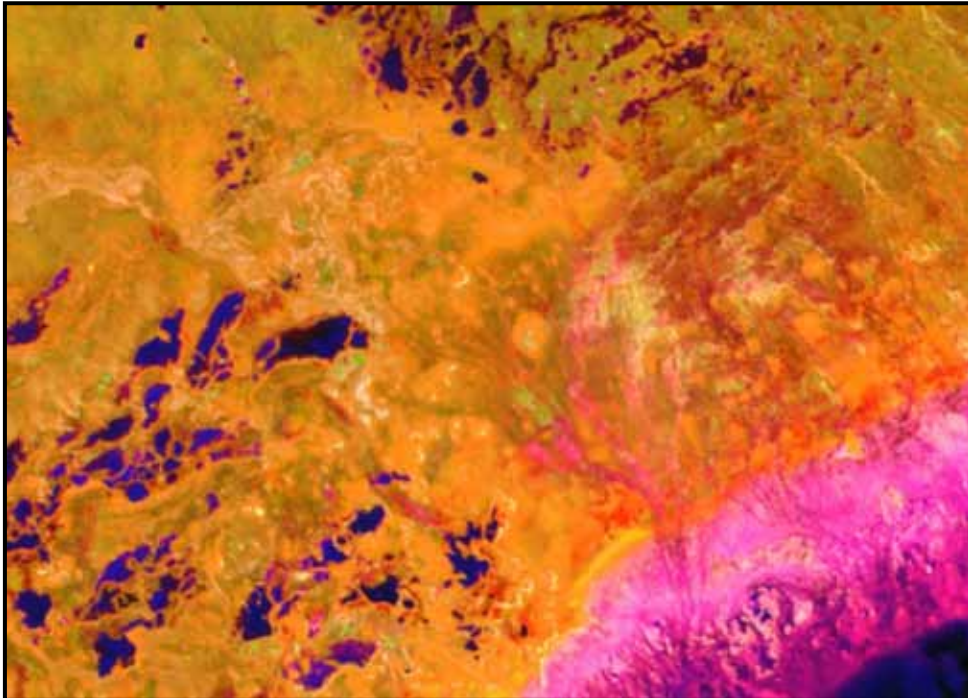
Figure 14

Illustration de la couverture terrestre, soit des basses terres côtières présentant des estrans, de petites poches d'eau anastomosée peu profondes et troubles, des baissières graminoïdes, des sédiments et des tourbes exposés et des tapis de mousse hygrique et hydrique : a) photographie aérienne prise à 100 m d'altitude; b) amélioration pour les bandes 4, 5 et 2 d'une scène prise avec le satellite LANDSAT-7 ETM+ du même site, en rouge, vert et bleu

a)



b)



4.4 Incohérences connues de la classification

Les différences de niveaux de marée entre certaines scènes (certaines scènes ayant été prises à des périodes différentes du cycle des marées) ont eu des répercussions sur la superficie des catégories de couvertures terrestres présentes dans les zones côtières, surtout les étangs peu profonds le long de la côte de la baie Est, les zones d'estrans côtiers et de hautes plages côtières (vasières de marée) et les barres de marée de brise-mer. Cela a également créé des « ruptures » distinctes dans la classification des battures et des eaux côtières où les scènes prises à différents niveaux de marée fusionnaient.

Certaines parties des basses terres dans la scène 027/015 (figure 8) ont été classées comme toundra mixte alors qu'elles étaient en fait des prés graminoides. Cela est particulièrement vrai dans les zones adjacentes aux polygones concaves entre la baie Native et la baie Est ainsi que dans les basses terres de Bear Cove et les anses de chaque côté de la pointe Siqavilaaq. Il se peut que cela ait été causé en partie par les conditions plus sèches de ces sites en raison d'une pente plus abrupte ou d'un sol surélevé, qui à son tour a affecté la composition végétale (p. ex. une faible proportion de mousses absorbant l'eau et une plus grande proportion de plantes herbacées non graminoides et de plantes éricacées).

La précision de la classification de la région ouest de l'île Caribou et du nord de la baie Est est touchée par une combinaison très hétérogène de bassins végétalisés, de crêtes de blocs rocheux, d'une faible couverture végétale sur des placages de sédiments de till et des eaux peu profondes. Dans notre classification, d'importantes portions ont été classées comme eaux peu profondes, mais, en fonction des conditions d'humidité au cours d'une année donnée, certaines de ces zones peuvent être mieux classées comme mélange de lichens et éricacées et de blocs rocheux.

Les zones des basses terres situées le long de la rivière Boas risquent de subir de fortes inondations dans les années à venir. En se retirant, les eaux de crue laissent souvent derrière elles un dépôt de sédiments (limon et argile), de la tourbe, de la végétation morte et autres débris flottants, et la condition des eaux peu profondes favorise la croissance d'algues sur tous les substrats (p. ex. la végétation, les roches, la déflation, etc.), ce qui entraîne une faible précision de la classification dans cette zone. Étant donné la variabilité inhérente des catégories de couvertures terrestres, les dépôts qui les recouvrent et le régime hydrique, il est difficile de prédire quelles catégories sont attribuées à une couverture végétale précise dans un emplacement précis au cours du processus de classification.

4.5 Précision de la classification

Nous pensons tous que la précision générale de 96 % est raisonnable, bien qu'il est possible qu'elle soit légèrement à la hausse (tableau 7). Les plus grandes erreurs étaient associées aux catégories d'habitat avec un régime d'humidité variable (p. ex. les basses terres) et les erreurs les moins importantes étaient associées aux catégories avec des régimes d'humidité xériques (p. ex. la déflation glaciomarine). Quatre principaux facteurs ont contribué à augmenter la précision générale de la classification : les contraintes relatives au logiciel, l'utilisation d'un filtre, l'évitement des zones de transition et le nombre important de catégories avec une réflectance ou une absorption spectrale élevées. Chaque facteur est abordé ci-dessous.

Tel qu'il est mentionné dans la partie sur les méthodes, les limites des régions-échantillons (groupes de pixels) ont été dessinées sur les cartes de terrain pendant les travaux de vérification au sol. En raison des contraintes de logiciels, nous avons dû utiliser une approche par point

(pixels uniques) au lieu d'une approche par région (groupes de pixels) afin de produire l'évaluation de la précision. Un des problèmes de cette approche est qu'il existe une subjectivité intrinsèque, étant donné que le producteur place le point au sein de la région-échantillon pour laquelle la classification est, selon lui, la plus exacte, ce qui contribue à accroître les valeurs de précision.

La carte de la couverture terrestre a été améliorée en ayant recours à une fonction de lissage du filtre SIEVE appliquée après la classification pour supprimer les pixels uniques et doubles isolés au sein des grands blocs d'une catégorie de couverture terrestre uniforme (PCI Geomatics, 2003). Ces pixels isolés sont souvent mal classifiés en raison du processus de moyennage des pixels. Par conséquent, l'exécution de l'évaluation de la précision sur la carte de couverture terrestre « filtrée » augmentait les valeurs de précision de la classification en réduisant le risque de placer un point sur ces mêmes pixels.

Les utilisateurs doivent reconnaître la présence de zones de transition entre les catégories et le fait que le producteur a dû prendre une décision pour affecter ces pixels à la catégorie possédant la signature spectrale la plus proche. Ce fut, par exemple, le cas pour la déflation glaciomarine, car des lits de fragments qui étaient plus gros que du gravier, mais plus petits que des galets (taille d'une main) étaient également présents sur l'île. Ces rares zones de transition (ou zones mixtes) ont été évaluées au cours de la vérification au sol, ce qui a réduit les erreurs, bien qu'elles fassent partie intégrante du paysage de l'île Southampton.

En raison de leur signature spectrale unique, nous avons facilement identifié les catégories de couvertures terrestres à forte absorption ou réflectance. De plus, ces catégories couvraient souvent de grandes superficies et présentaient des formes régulières, des bords limitrophes nets, un régime d'humidité xérique, une faible végétation ou une combinaison de l'un de ces facteurs, ce qui a renforcé notre capacité à les classer avec précision. Bon nombre de ces catégories ont été définies et leur nombre important a contribué à augmenter la précision générale de la classification.

La précision de la classification pour les deux catégories d'eau était de 100 % pour la précision de l'utilisateur et du producteur (tableau 7). Nous avons prévu des valeurs de précision de la classification élevées pour les catégories d'eau, en raison de leur forte absorption spectrale, de la forme régulière de leurs masses d'eau et des positions topographiques souvent prévisibles. Les lacs d'eau claire et profonde se trouvaient le plus fréquemment dans les zones favorables aux rivages stables, comme les zones sèches et les hautes terres. Les étangs peu profonds se trouvaient fréquemment dans les basses terres intérieures et le long des côtes. De plus, à l'exception des cours d'eau (ruisseaux, rivières, petits bassins versants, plaines alluviales), nous avons observé très peu de masses d'eau trouble pendant la vérification au sol des images, ce qui a réduit les erreurs de classification.

La réflectance élevée des estrans côtiers et hautes plages côtières, de la glace (des lacs et de l'océan) et des crêtes de neige a entraîné une très grande précision de la classification (100 % pour tous) et ces régions ont donc été facilement classées. Leur position topographique bien définie ou facilement identifiable a également contribué à la précision de la classification élevée.

La précision de la classification générale des catégories de couvertures terrestres était élevée : de 74 à 100 % pour la précision du producteur et de 82 à 100 % pour la précision de l'utilisateur, ce qui montre que la plupart des catégories de couverture terrestre ont été convenablement classifiées. La plus haute précision a été obtenue pour les catégories situées sur de grandes zones de couverture uniforme avec des régimes d'humidité xériques et une réflectance élevée ou peu de

végétation (ou les trois), comme des résidus dénudés de déflation glaciomarine et des tapis de bruyère.

La classification des zones sèches et des basses terres mésoïques (hygriques et hydriques) a été guidée par la composition de leur couverture végétale et par leur régime d'humidité. Les variations dans les proportions de sols, de mousses, de graminoides, d'arbustes et de plantes herbacées non graminoides exposés (surtout les plantes éricacées) ont influencé les résultats du classement. Cela a entraîné des erreurs de commission lorsqu'une catégorie de couverture terrestre était attribuée à une autre avec une signature spectrale qui se chevauchait. Ces erreurs étaient probablement dues à la variabilité de la couverture végétale au sein des catégories (p. ex. des prés de graminoides présentant des conditions légèrement plus sèches et une proportion plus élevée de plantes herbacées non graminoides et d'arbustes classés par erreur comme toundra mixte). Quoiqu'il en soit, la précision de la classification des catégories de zones sèches et basses terres végétalisées est demeurée élevée (de 74 à 100 % pour la précision du producteur et de 82 à 100 % pour la précision de l'utilisateur).

En résumé, nous pensons que la précision moyenne de 96 % de la carte moyenne décrit vraiment à la capacité globale d'un utilisateur à prendre notre carte et à évaluer le type de couverture végétale dans la majeure partie de l'île Southampton, d'après l'apport proportionnel des différentes couvertures terrestres sur l'ensemble de l'île (tableau 7). Cependant, s'il fallait restreindre cette évaluation aux habitats fauniques clés, il faudrait tenir compte du fait que la précision dans certaines de ces zones sera légèrement moins importante.

Tableau 7

Précision de la classification de l'utilisateur et précision de la classification du producteur des catégories de couvertures terrestres de l'île Southampton, Nunavut

	Données de référence (nombre de sites échantillonnés) ^a																									Total rangée	Précision de l'utilisateur (% correct)
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	3.4	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	5.3	5.4	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5				
Données classifiées ^a	1.1	56																							56	100	
	1.2		72																							72	100
	1.3			44																						44	100
	2.1				27																					27	100
	2.2					49																				49	100
	2.3						50																			50	100
	2.4							73																		73	100
	3.1								1	65	1															67	97
	3.2										50															50	100
	3.3									1			43						2		3				1	50	86
	3.4											1		70												71	99
	4.1														78											78	100
	4.2															86										86	100
	4.3															2	55	4								61	90
	5.1								1																	107	99
	5.2									1																103	99
	5.3																									52	98
	5.4											1														120	83
	6.1																									57	100
	6.2																									74	96
	6.3																									45	96
	6.4																									55	82
	6.5																								2	52	96
	Total colonne	56	72	44	27	49	50	76	66	51	45	70	78	88	55	110	102	53	103	59	71	50	61	63		1499	
	Précision du producteur (% correct)	100	100	100	100	100	100	96	98	98	96	100	100	98	100	96	100	96	97	97	100	86	74	79			

Précision générale = 96 %

^a Numéros de référence des catégories de couvertures terrestres pour les données classifiées et les données de référence : 1.1 = masses d'eau claire mi-profondes à profondes, 1.2 = masses d'eau turbides ou peu profondes, 1.3 = crêtes de neige et de glace, 2.1 = masses d'eau drainées (lacs thermokarstiques), 2.2 = estrans côtiers, 2.3 = hautes plages côtières, 2.4 = dépôts actifs, 3.1 = affleurements rocheux, 3.2 = crêtes de blocs rocheux, 3.3 = toundra à lichens et éricacées, 3.4 = mélange de lichens et éricacées et de crêtes de blocs rocheux, 4.1 = fragments de dépôts de la taille d'une main ou de taille plus grosse, 4.2 = fragments de dépôts de la taille de graviers, 4.3 = déflation recouverte d'algues, 5.1 = tapis de bruyère, 5.2 = réseaux de bruyère, 5.3 = réseaux denses d'arbustes et de bruyère, 5.4 = toundra mixte (bruyère/plantes graminoides/arbustes), 6.1 = tourbe exposée, 6.2 = mousse hydrique et tapis de tourbe, 6.3 = tapis de mousse hygrique, 6.4 = prés de plantes graminoides, 6.5 = polygones concaves.

5 Possibilités de gestion et de recherche

5.1 Pertinence de la recherche

La nécessité d'une échelle de la carte pour n'importe quel projet donné est un facteur clé dans l'évaluation de la pertinence de l'imagerie satellite du LANDSAT. Par exemple, les scènes du LANDSAT offrent aux utilisateurs la possibilité de travailler au niveau du paysage permettant de produire de façon efficace des cartes de base détaillées des catégories de couvertures terrestres. Cependant, au niveau des pixels, la taille des pixels et le processus de moyennage des pixels font en sorte que les pixels individuels situés dans la marge des catégories de couvertures terrestres ou dans les zones de transition portent une signature spectrale qui est un amalgame de ces catégories. Au cours du processus de classification, ces pixels peuvent être attribués à une catégorie qui est très différente de celle de la catégorie « parente ».

La pertinence d'une carte de classification de la couverture terrestre est souvent déterminée selon le moment de l'acquisition d'images par satellite, le type de recherche en cours et la biologie des espèces à l'étude. À titre d'exemple, dans le cadre de ce projet, nous avons utilisé des images qui ont été prises par le satellite de la mi-juillet jusqu'au début du mois d'août. La phénologie de la végétation sur les images prises à ce moment-là était appropriée pour évaluer les habitats utilisés pendant les périodes de mue et d'élevage des couvées des oies. Toutefois, ces dates d'acquisition des images sont trop tardives pour des projets sur les oiseaux de rivage de l'Arctique, qui exigent une description des habitats plus tôt dans la saison. De tels projets sont mis en place à la mi-juin, lorsque les oiseaux de rivage généralement discrets sont plus faciles à détecter grâce aux chants, aux parades nuptiales et au marquage du territoire. Les images obtenues à cette période de l'année, bien qu'elle convienne aux études sur les habitats et sur la nidification des oiseaux de rivage, produiraient une carte de la couverture terrestre très différente. De grandes zones tout au long de l'île seraient encore recouvertes de neige, d'importantes portions des basses terres seraient inondées, de nombreux lacs seraient encore recouverts de glace et la phénologie des plantes se trouverait à un stade de croissance précoce, produisant une classification différente de la végétation.

Bien que le coût de cette technologie soit encore relativement élevé, les prix ont diminué de façon constante. Pour aider le processus de classification et accroître la précision des cartes de couverture terrestre, des études sur le terrain doivent être menées pour établir la réalité de terrain de l'imagerie. Dans les régions éloignées, les frais associés à ces activités de vérification au sol, à leur planification et à leur logistique, sont importants. Dans l'Arctique canadien, ces études sur le terrain nécessitent des vols en hélicoptère, ce qui englobe la planification précoce et les dépenses pour l'achat de carburant et la mise en place de caches à carburant.

Étant donné que les coûts associés à la production de cartes de l'habitat grâce à l'imagerie par satellite sont élevés, des efforts doivent être déployés pour améliorer la communication entre les

ministères du gouvernement et au sein de ceux-ci pour les projets nécessitant l'utilisation de cette technologie. Les projets de recherche concertée doivent être mis en œuvre pour réduire au minimum les chevauchements et pour diminuer les coûts globaux, à la fois en termes d'allocations financières des programmes et en termes de temps nécessaire au traitement de l'imagerie (qui peut être considérable).

La production de telles cartes de base des habitats offre de nombreux avantages en ce qu'elles peuvent facilement être transformées en vue de répondre aux besoins de l'utilisateur, qu'elles demeurent dans la matrice initiale (pixel) ou qu'elles soient converties au format du vecteur. Étant donné qu'elles représentent un produit numérique géoréférencé, l'échelle de la carte peut être automatiquement ajustée et les autres produits (cartes numériques ou papier) peuvent facilement être générés. Le format de fichier peut être facilement modifié pour permettre aux dossiers d'être importés dans le logiciel standard SIG, comme ArcView (ESRI, 1996) ou un logiciel graphique. Diverses analyses spatiales de la cartographie complète des habitats ou des sous-ensembles peuvent être effectuées, telles que les analyses des superficies et de la fragmentation ainsi que les calculs de la dimension d'une parcelle.

5.2 Habitat faunique et évaluation environnementale

La production d'une classification de la couverture terrestre de l'île Southampton, y compris les caractéristiques physiques détaillées de chaque catégorie, respecte les objectifs principaux de cette étude. Cette carte de l'habitat s'avérera un outil indispensable pour une variété de programmes de recherche et de surveillance des espèces sauvages et de l'habitat. Étant donné l'exploration grandissante des ressources naturelles sur le territoire, ce projet fournit des données de référence qui seront utiles pour les études d'impact environnemental. La cartographie de l'habitat de référence peut également avoir une utilisation à long terme en matière de gestion des espèces sauvages, étant donné qu'elle a trait aux changements climatiques.

Ces cartes de l'habitat peuvent être intégrées aux relevés sur la sauvagine et sur d'autres espèces sauvages dans un SIG afin d'améliorer l'évaluation des relations entre l'habitat et les espèces sauvages. L'une des utilisations principales sera de déterminer les parties de l'île qui sont soit essentielles sur le plan écologique pour les espèces d'oiseaux migrateurs, notamment les oies blanches pour lesquelles les données issues des relevés sur leur population actuelle et passée sont disponibles (Kerbes, 1975; Abraham et Ankney, données inédites, 1979-1980; Reed *et al.*, 1980; Reed *et al.*, 1987; Bazin *et al.*, données inédites, 1993-1995; Kerbes *et al.*, 2006), soit qui contiennent tout simplement des habitats considérés comme importants selon les préférences générales des espèces étudiées pour l'habitat. Il s'agit d'un processus particulièrement important compte tenu de l'augmentation considérable des populations d'oies blanches (Comité sur la sauvagine du Service canadien de la faune, 2004) et de la diminution de nombreuses espèces d'oiseaux de rivage dans l'Arctique canadien au cours des 20 dernières années (Gratto-Trevor *et al.*, 1998; Donaldson *et al.*, 2000; Morrison *et al.*, 2001a, 2001b). Des programmes de surveillance sont en place pour ces deux groupes d'oiseaux migrateurs, le Plan nord-américain de gestion de la sauvagine et le Plan canadien de conservation des oiseaux de rivage (Donaldson *et al.*, 2000; Comité du Plan nord-américain de gestion de la sauvagine, 2004), et les cartes de couverture terrestre amélioreront considérablement la surveillance en permettant de répartir les activités de relevé. De plus, des habitats propices peuvent être facilement identifiés et les parcelles peuvent être sélectionnées et cartographiées avant le travail sur le terrain sans passer par les frais logistiques et financiers relatifs aux nombreux vols de reconnaissance nécessaires.

Cette carte de la couverture terrestre fournit également une référence pour une comparaison avec l'imagerie précédente et future, dans le but d'examiner l'étendue des modifications spatiotemporelles dans la couverture terrestre, notamment la portée et le taux d'augmentation de la dégradation de l'habitat causée par le broutement des oies blanches surabondantes. Nous avons trouvé des preuves incontestables de dommages des prés graminoïdes et autres habitats des basses terres hydriques mésoïques de l'île Southampton, en particulier dans les principaux habitats situés dans les aires d'élevage des deux Refuges d'oiseaux migrateurs (figures 15 et 16). Nous suggérons que la majeure partie de chaque zone subit une conversion en mousse et tourbe exposées et dénudées avec peu ou pas d'autre végétation, en raison des habitudes alimentaires des oies blanches entraînant le déracinement des plantes et l'arrachage des pousses, qui ne donnent aucune chance de survie à la plante (Handa *et al.*, 2002). Ces dommages, en particulier dans le Refuge d'oiseaux migrateurs de la baie Est, semblent être semblables à ceux qui ont été observés sur la côte ouest de la baie d'Hudson (Kerbes *et al.*, 1990; Ganter *et al.*, 1996; Strivastava et Jefferies, 1996; Bazely et Jefferies, 1997; Kotanen et Jefferies, 1997; Giroux *et al.*, 1998). Ce type de dégradation de l'habitat a également été consigné dans d'autres lieux de reproduction des oies blanches de l'Arctique (Kerbes, 1994; Didiuk et Ferguson, 2005; Gauthier *et al.*, 2004). L'ouest de la baie d'Hudson sert d'aire de reproduction aux oies blanches et de site de halte migratoire pour les oies en route vers le nord de l'île Southampton et l'ouest de l'île de Baffin (Bellrose, 1980). Cela signifie que la presque totalité des trois millions d'oiseaux des colonies de Petites Oies des neiges de l'Arctique de l'Est se déplace dans cette région pendant la migration, aggravant ainsi les effets sur les habitats (Kerbes *et al.*, 2006). Par conséquent, il est logique que de l'île Southampton, la prochaine halte sur la route de la migration vers le Nord pour les oies blanches de l'Arctique de l'Est (Bellrose, 1980), montre des signes de dommages importants.

Figure 15

Basses terres côtières très endommagées, adjacentes aux estrans côtiers près du delta de la rivière Boas, Refuge d'oiseaux migrateurs de Harry Gibbons, île Southampton, Nunavut

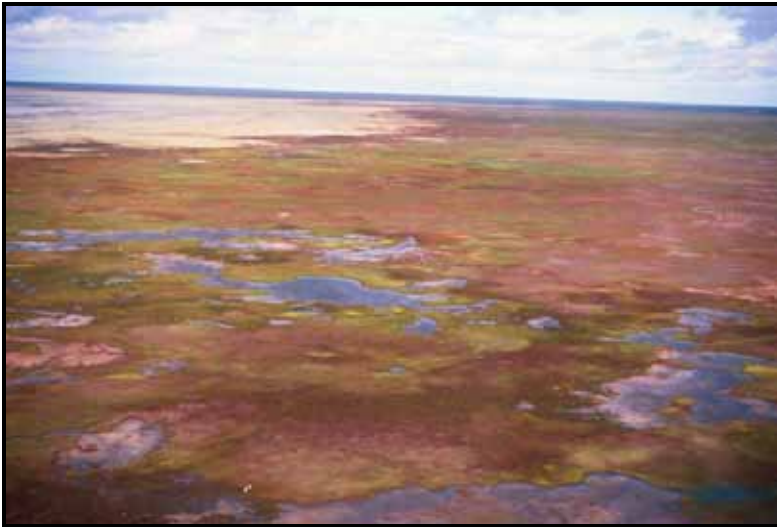


Figure 16

Croûtes de sel entre la baie Est et la baie Native, Refuge d'oiseaux migrateurs de la baie Est, île Southampton, Nunavut (prises à une hauteur d'environ 75 m)



Ouvrages cités

- Abraham, K.F., Ankney, C.D. 1986. Summer birds of East Bay, Southampton Island, Northwest Territories, *Can. Field-Nat.* 100:180-185.
- Aiken, S.G., Dallwitz, M.J., Consaul, L.L., McJannet, C.L., Gillespie, L.J., Boles, R.L., Argus, G.W., Gillett, J.M., Scott, P.J., Elven, R., LeBlanc, M.C., Brysting, A.K., Solstad, H. 2003. Flora of the Canadian Arctic Archipelago: Descriptions, Illustrations, Identification, and Information Retrieval. <http://www.mun.ca/biology/delta/arcticf> (en anglais seulement).
- Affaires indiennes et du Nord Canada. 1993. Accord entre les Inuits de la région du Nunavut et Sa Majesté la Reine du chef du Canada. Tungavik Inc. et AINC, Ottawa (Ontario), 282 p.
- Anderson, L.E. 1990. A checklist of *Sphagnum* in North America north of Mexico, *Bryologist* 93:500-501.
- Anderson, L.E., Crum, H.A., Buck, W.R. 1990. List of the mosses of North America north of Mexico, *Bryologist* 93:448-499.
- Andrews, J.T., Peltier, W.R. 1976. Collapse of the Hudson Bay ice center and glacio-isostatic rebound, *Geology* 4:73-75.
- Arft, A.M., *et al.* 1999. Response patterns of tundra plant species to experimental warming: a meta-analysis of the International Tundra Experiment, *Ecol. Monogr.* 69:491-511.
- Balling, R.C., Jr. 1997. Analysis of daily and monthly spatial variance components in historical temperature records, *Phys. Geogr.* 18:544-552.
- Balling, R.C., Jr., Michaels, P.J., Knappenberger, P.C. 1998. Analysis of winter and summer warming rates in gridded temperature time series, *Clim. Res.* 9:175-181.
- Bazely, D.R., Jefferies, R.L. 1997. Trophic interactions in Arctic ecosystems and the occurrence of a terrestrial trophic cascade. *In*: Woodin, S.J., Marquiss, M. (éditeurs), *Ecology of Arctic Environments*, p. 183-207, Special Publication Number 13 of the British Ecological Society, Blackwell Science, Oxford (Royaume-Unis).
- Béchet, A., Giroux, J.-F., Gauthier, G., Nichols, J.D., Hines, J.E. 2003. Spring hunting changes the regional movements of migrating Greater Snow Geese, *J. Appl. Ecol.* 40:553-564.
- Bellrose, F.C. 1980. Ducks, geese and swans of North America, 3^e édition), Stackpole Books, Harrisburg (Pennsylvanie), 540 p.

- Bird, J.B. 1953. Southampton Island, Canada, ministère des Mines et des Relevés techniques, Ottawa (Ontario), Geographical Branch Memoir 1, 84 p.
- Bray, R., Manning, T.H. 1943. Notes on the birds of Southampton Island, Baffin Island and Melville Peninsula, *Auk* 60:504-536.
- Brodo, I.M., Duran Sharnoff, S., Sharnoff, S. 2001. Lichens of North America, Yale University Press, New Haven (Connecticut), 828 p.
- CAFF. 2001. Arctic flora and fauna: status and conservation. Conservation of Arctic Fauna and Flora. Helsinki (Finlande) : Edita. Helsinki (Finlande), 272 p.
- Comité sur la sauvagine du Service canadien de la faune. 2004. Situation des populations d'oiseaux migrateurs considérés comme gibier au Canada – Novembre 2004, Rapport du SCF sur la réglementation concernant les oiseaux migrateurs, numéro 13, Environnement Canada, Ottawa (Ontario), 94 p.
- Comité du Plan nord-américain de gestion de la sauvagine. 2004. Plan nord-américain de gestion de la sauvagine 2004. Orientation stratégique : Renforcer les fondements biologiques, Service canadien de la faune, U.S. Fish and Wildlife Service, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 24 p.
- Commission géologique du Canada. 1999. Nunavut bedrock geology and faults. *In*: Canada-Nunavut Geoscience Office, Nunavut Geoscience Sampler, octobre 2002 (base de données sur CD-ROM), Bureau géoscientifique Canada-Nunavut, Iqaluit (Nunavut).
- Commission géologique du Canada. 2001. Nunavut surficial geology. *In*: Canada-Nunavut Geoscience Office, Nunavut Geoscience Sampler, octobre 2002 (base de données sur CD-ROM), Bureau géoscientifique Canada-Nunavut, Iqaluit (Nunavut).
- Congalton, R.G. 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data, *Remote Sens. Environ.* 37:35-46.
- Dewing, K., Copper, P. 1991. Upper Ordovician stratigraphy of Southampton Island, Northwest Territories, *Can. J. Earth Sci.* 28:283-291.
- Didiuk, A.B., Ferguson, R.S. 2005. Carte de la couverture terrestre du Refuge d'oiseaux migrateurs du golfe Reine-Maud, Nunavut, Publication hors série du Service canadien de la faune n° 111, Environnement Canada, Ottawa (Ontario) 32 p.
- Donaldson, G.M., Hyslop, C., Morrison, R.I.G., Dickson, H.L., Davidson, I. 2000. Plan canadien de conservation des oiseaux de rivage, Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa (Ontario), 34 p.
- Earth Resource Mapping. 2003. ER Mapper 6.4: User guide, Earth Resource Mapping Pty Ltd., San Diego (Californie), 922 p.
- ESRI. 1996. ArcView GIS: the geographic information system for everyone, Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands (Californie), 340 p.

- Études d'Oiseaux Canada. 2004. Zones importantes pour la conservation des oiseaux au Canada, base de données en ligne, Études d'Oiseaux Canada, Port Rowan (Ontario). <http://www.bsc-eoc.org/iba/IBAsites.html> (en anglais seulement).
- Ferguson, R.S. 1991. Detection and classification of muskox habitat on Banks Island, Northwest Territories, Canada, using Landsat Thematic Mapper data, *Arctic* 44:66-74.
- Ganter, B., Cooke, F., Mineau, P. 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., Bêty, J., Giroux, J.-F., Rochefort, L. 2004. Trophic interactions in a high Arctic snow goose colony, *Integr. Comp. Biol.* 44:119-129.
- Giroux, J.-F., Gauthier, G., Costanzo, G., Reed, A. 1998. Impact of geese on natural habitats. In: Batt, B.D.J. (éd.), *The Greater Snow Goose: report of the Arctic Goose Habitat Working Group*. Arctic Goose Joint Venture, Special Publication, p. 32-57. U.S. Fish and Wildlife Service, Washington D.C. et le Service canadien de la faune, Ottawa (Ontario).
- Gouvernement du Canada. 1997. Règlement sur les refuges d'oiseaux migrateurs (C.R.C. ch. 1036), ministre des Approvisionnements et Services, Canada, Ottawa (Ontario).
- Gratto-Trevor, C.L., Johnston, V.H., Pepper, S.T. 1998. Changes in shorebird and eider abundance in the Rasmussen Lowlands, Territoires du Nord-Ouest, *Wilson Bull.* 110:316-325.
- Handa, I.T., Harmsen, R., Jefferies, R.L. 2002. Patterns of vegetation change and the recovery potential of degraded areas in a coastal marsh system of the Hudson Bay lowlands, *J. Ecol.* 90:86-99.
- Hansell, R.I.C., Malcolm, J.R., Welch, H., Jefferies, R.L., Scott, P.A. 1998. Atmospheric change and biodiversity in the Arctic, *Environ. Monit. Assess.* 49:303-325.
- Heywood, W.W., Sanford, B.V. 1976. Geology of Southampton, Coats, and Mansel Islands, District of Keewatin, Northwest Territories, Énergie, Mines et Ressources Canada, Commission géologique du Canada, mémoire n° 382, 35 p.
- Hines, J.E., Latour, P.B., Squires-Taylor, C., Moore, S. 2006. Survey and mapping of lowland habitat conditions in Banks Island Sanctuary Number 1, 1999-2001, rapport inédit du Service canadien de la faune, Yellowknife (Territoires du Nord-Ouest), 47 p.
- Hunter, G.T. 1970. Postglacial uplift at Fort Albany, James Bay, *Can. J. Earth Sci.* 7:547-548.
- Jano, A.P., Jefferies, R.L., Rockwell, R.F. 1998. The detection of vegetational change by multitemporal analysis of LANDSAT data: the effects of goose foraging, *J. Ecol.* 86:93-99.
- Jefferies, R.L., Jano, A.P., Abraham, K.A. 2006. A biotic agent promotes large-scale catastrophic change in the coastal marshes of Hudson Bay, *J. Ecol.* 94:234-242.

- Johnston, V.H., Gratto-Trevor, C.L., Pepper, S.T. 2000. Assessment of bird populations in the Rasmussen Lowlands, Nunavut, publication hors série du Service canadien de la faune n° 101, Environnement Canada, Ottawa (Ontario), 56 p.
- Joria, P.E., Jorgenson, J.C. 1996. Comparison of three methods for mapping tundra with Landsat digital data, *Photogram. Eng. Remote Sens.* 62:163-169.
- Kerbes, R.H. 1975. Lesser snow geese in the eastern Canadian Arctic. Série de rapports n° 35 du Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa (Ontario), 47 p.
- Kerbes, R.H. 1994. Colonies and numbers of Ross's geese and lesser snow geese in the Queen Maud Gulf Migratory Bird Sanctuary, Publication hors série du Service canadien de la faune n° 81, Environnement Canada, Ottawa (Ontario), 47 p.
- Kerbes, R.H., Kotanen, P.M., Jefferies, R.L. 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.
- Kerbes, R.H., Meeres, K.M., Alisauskas, R.T., Caswell, F.D., Abraham, K.F., Ross, R.K. 2006. Surveys of nesting mid-continent lesser snow geese and Ross's geese in eastern and central Arctic Canada, 1997-98. Série de rapport n° 447 du Service canadien de la faune, Environnement Canada, Région des Prairies et du Nord, Saskatoon (Saskatchewan), 54 p.
- Kotanen, P., Jefferies, R.L. 1997. Long-term destruction of sub-arctic wetland vegetation by lesser snow geese, *Écoscience* 4:179-182.
- Lee, H.A. 1968. Chapter 9, Part 1, Quaternary Geology. In: Beals, C.S. (éd.), Science, History and Hudson Bay, Volume 2. p. 503-504. Ottawa (Ont.) : ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources. 1058 p.
- Mallory, M.L., Fontaine, A.J. 2004. Habitats marins clés pour les oiseaux migrateurs au Nunavut et dans les Territoires du Nord-Ouest, Publ. hors série du SCF n° 109, Environnement Canada, Ottawa (Ontario), 92 p.
- Manning, T.H. 1936. Some notes on Southampton Island, *Geogr. J.* 88:232-242.
- Manning, T.H. 1942. Remarks on the physiography, Eskimo and mammals of Southampton Island, *Can. Geogr. J.* 24:16-33.
- Mathiassen, T. 1931. Contributions to the physiography of Southampton Island. Report of the fifth Thule expedition 1921-24, Vol. 1, No. 2. Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag, Copenhagen (Danemark), 30 p.
- Morrison, R.I.G. 1997. The use of remote sensing to evaluate shorebird habitats and populations on Prince Charles Island, Foxe Basin, Canada, *Arctic* 50:55-75.
- Morrison, R.I.G., Aubry, Y., Butler, R.W., Beyersbergen, G.W., Donaldson, G.M., Gratto-Trevor, C.L., Hicklin, P.W., Johnston, V.H., Ross, R.K. 2001a. Declines in North American shorebird populations, *Wader Study Group Bull.* 94:34-38.

- Morrison, R.I.G., Gill, R.E., Harrington, B.A., Skagen, S., Page, G.W., Gratto-Trevor, C.L., Haig, S.M. 2001b. Estimates of shorebird populations in North America, Publication hors série du SCF n° 104, Environnement Canada, Ottawa (Ontario), 64 p.
- Mowbray, T.B., Cooke, F., Ganter, B. 2000. Snow goose (*Chen caerulescens*). No. 514. In: Poole, A., Gill, F. (éditeurs), *The Birds of North America*, The Birds of North America Inc., Philadelphie (Pennsylvanie).
- Munn, H.T. 1919. Southampton Island, *Geogr. J.* 54:52-55.
- Nadelhoffer, K.J., Shaver, G.R., Giblin, A., Rastetter, E.B. 1997. Potential impacts of climate changes on nutrient cycling, decomposition, and productivity in arctic ecosystems. In: Oechel, W., Callaghan, T., Gilmanov, T., Holten, J.I., Maxwell, B., Molau, U., Sveinbjörnsson, B. (éditeurs), *Global change and Arctic terrestrial ecosystems*, Ecological Studies, vol. 124, p. 349-364, Springer, Berlin (Allemagne).
- Nordberg, M.-L., Allard, A. 2002. A remote sensing methodology for monitoring lichen cover, *Can. J. Remote Sens.*, 28:262-274.
- Parcs Canada. 1997. Plan de réseau des parcs nationaux, Patrimoine canadien, Parcs Canada, Ottawa (Ontario), 106 p.
- Parker, G.R. 1975. An investigation of caribou range on Southampton Island, NWT. Rapp. du SCF n° 33, Environnement Canada, Ottawa (Ontario), 81 p.
- PCI Geomatics. 2003. Geomatica 9, software solutions, PCI Geomatics, Richmond Hill (Ontario), 330 p.
- Plan conjoint des Oies de l'Arctique. 1998. Science needs for the management of increasing snow goose populations, Service canadien de la faune, Ottawa (Ontario).
- Porsild, A.E., Cody, W.J. 1980. Vascular plants of continental Northwest Territories, Canada, Musée national des sciences naturelles, Musées nationaux du Canada, Ottawa (Ontario), 667 p.
- Priest, H., Usher, P.J. 2004. The Nunavut Wildlife Harvest Study, août 2004. Conseil de gestion des ressources fauniques du Nunavut, Iqaluit (Nunavut), 822 p.
- Reed, A., Dupuis, P., Fisher, K., Moser, J. 1980. An aerial survey of breeding geese and other wildlife in Foxe Basin and northern Baffin Island, Northwest Territories, juillet 1979, cahier de biologie du SCF n° 114, Environnement Canada, Ottawa (Ontario), 21 p.
- Reed, A., Dupuis, P., Smith, G.E.J. 1987. A survey of lesser snow geese on Southampton and Baffin Islands, NWT, 1979, Publ. hors série du SCF, n° 61, Environnement Canada, Ottawa (Ontario), 24 p.
- Riewe, R. (éd.). 1992. Nunavut Atlas, Fédération Tunngavik du Nunavut et l'Institut circumpolaire canadien, Edmonton (Alberta), 259 p.

- Rockwell, R.F., Witte, C.R., Jefferies, R.L., Weatherhead, P.J. 2003. Response of nesting savannah sparrows to 25 years of habitat change in a snow goose colony, *Écoscience* 10:33-37.
- Stanley Gibbons. 1979. Stanley Gibbons stamp colour key, Stanley Gibbons Publications Ltd., London (Angleterre).
- Story, M., Congalton, R.G. 1986. Accuracy assessment: a user's perspective. *Photogram. Eng. Remote Sens*, 52:397-399.
- Stotler, R., Crandall-Stotler, B. 1977. A checklist of the liverworts and hornworts of North America, *Bryologist*, 80:405-428.
- Strivastava, D.S., Jefferies, R.L. 1996. A positive feedback: herbivory, plant growth, salinity, and the desertification of an Arctic salt-marsh, *J. Ecol.* 84:31-42.
- Sutton, G.M. 1932. The birds of Southampton Island. The Exploration of Southampton Island, Hudson Bay. Mem. Carnegie Mus. Vol. 12, Pt. 2, Zoology, Sec. 2, 275 p.
- Sutton, G.M., Hamilton, W.J., Jr. 1932. The mammals of Southampton Island. The Exploration of Southampton Island, Hudson Bay. Mem. Carnegie Mus. Vol. 12, Pt. 2 Zoology, Sec. 1, 111 p.
- Tarnocai, C. 1999. The effect of climate warming on the carbon balance of cryosols in Canada, *Permafrost Periglac. Process.* 10:251-263.
- Tso, B., Mather, P.M. 2001. Classification methods for remotely sensed data, Taylor and Francis, New York (New York), 332 p.
- Virtanen, T., Mikkola, K., Nikula, A. 2004. Satellite image based vegetation classification of a large area using limited ground reference data: a case study in the Usa Basin, north-east European Russia, *Polar Res.* 23:51-66.
- Walsh, J.E., Chapin, F.S., Osterkamp, T., Dyurgerov, M., Romanovsky, V., Oechel, W.C., Morison, J., Zhang, T., Barry, R.G. 2000. Observational evidence of recent change in the northern high-latitude environment, *Clim. Change* 46:159-207.
- Whitmore, D.R.E., Liberty, B.A. 1968. Chapter 9, Part 2, Bedrock geology and mineral deposits. *In: Beals, C.S. (éd.), Science, History and Hudson Bay, Volume 2, p. 543-557, ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa (Ontario), 1058 p.*

Annexes

Annexe 1

Catégories de couvertures terrestres de l'île Southampton, Nunavut

1. MASSES D'EAU



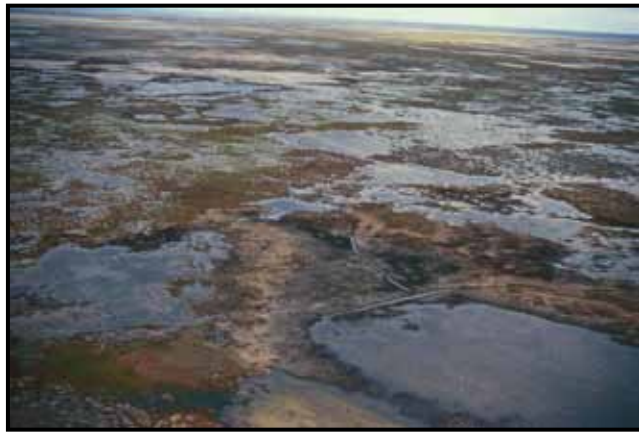
1.1 MASSES D'EAU CLAIRE PROFONDES À MI-PROFONDES

Amélioration des bandes 4, 5, 2 :
Noir, de bleu noir à violet foncé.

Position topographique : Eaux océaniques au large des côtes. Tous les lacs et étangs situés dans les blocs rocheux et socles rocheux des zones sèches et la plupart de ceux qui sont situés dans des lits de till ou des déflations et dans les zones sèches composées de toundra à éricacées. Certains étangs plus profonds sur la côte et dans les basses terres. Masses d'eau continentales, généralement avec des lignes de rivage stables.

Expression superficielle : L'eau apparaissait en verdâtre lorsque le fond était visible.



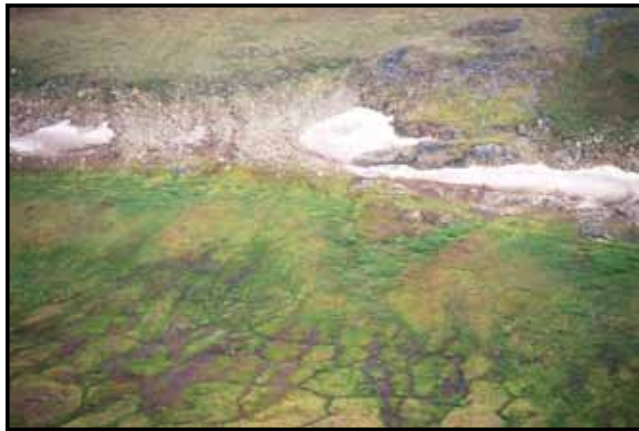


1.2 MASSES D'EAU TURBIDES OU PEU PROFONDE

Amélioration des bandes 4, 5, 2 :
De violet bleuté à violet vif.

Position topographique : Eaux de marée sublittorales, deltas, étangs côtiers et viviers à marée et petits cours d'eau. Presque toujours présents dans les étangs des basses terres intérieures et souvent associés à une couverture de tourbe avec des nappes d'eau, des bassins versants et de petits cours d'eau. Les rivages sont instables parce qu'ils sont, pour la plupart, situés dans des zones de marée et des zones à faible pente ou de terrain plat.

Expression superficielle : Fond évident et profondeur de l'eau nettement superficielle avec une très faible coloration dans le cas des masses d'eau claire. Eaux de marée sublittorales le long des zones côtières des basses terres côtières souvent nettement turbides.



1.3 CRÊTES DE NEIGE ET DE GLACE

Amélioration des bandes 4, 5, 2 :
Magenta vif.

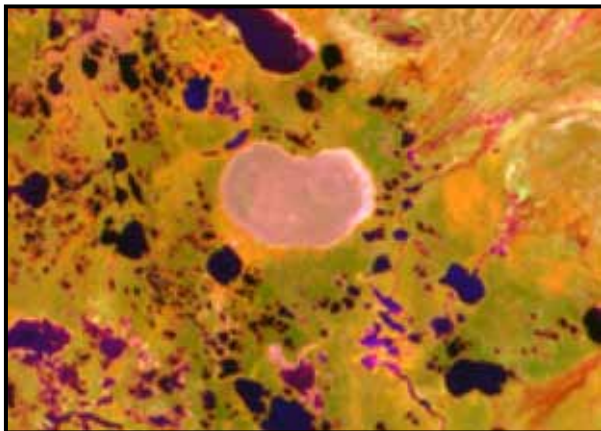
Position topographique : Glace de rive et banquise dérivante dans les eaux océaniques le long de la côte nord et quelques glaces lacustres dans les hautes terres près de la côte nord. Bancs de neige pratiquement tout situés le long des vallées et des crêtes abritées dans les hautes terres et les crêtes sur le haut des pentes abruptes à modérées.

Expression superficielle : Grandes étendues de glace flottante, parties recouvertes d'eau de fonte. Bancs de neige habituellement longs et étroits et souvent recouverts en partie par une accumulation de sédiments provenant de la fonte des neiges.

Les glaces lacustres et de mer ont été reclassées dans la catégorie des masses d'eau claire profondes à mi-profondes au cours de la classification définitive.

2. SÉDIMENTS EXPOSÉS

AUCUNE PHOTO DISPONIBLE



2.1 MASSES D'EAU DRAINÉES

Amélioration des bandes 4, 5, 2 : Rose clair, rose mat, rose brunâtre.

Position topographique : Peu commune, principalement des lacs thermokarstiques. Tous étaient situés dans les basses terres ou les résidus de déflation ou de till.

Expression superficielle : Étangs drainés et plats ou lits de lac facilement identifiable grâce à leurs marges nettes. Les anciens lacs thermokarstiques présentaient souvent des parties où la végétation s'était restaurée, tandis que les masses d'eau drainées les plus récentes présentaient des lits boueux avec des quantités variables de flaques d'eau ou de petits bassins versants. Ceux que l'on trouve dans les résidus de déflation ou de till ne possédaient aucune végétation et avaient habituellement des bassins versants coupés en deux et des dépôts de sédiments plus fins.

Substrat : Variable. Résidus de déflation et de till dans les zones sèches. Limon, argile et matières organiques dans les lacs thermokarstiques des basses terres.

Régime d'humidité : Variable selon l'emplacement et la topographie; principalement de mésoïque à hydrique.

Végétation : Non échantillonnée. Variable selon le substrat et la topographie. Aucune lorsque la masse d'eau a récemment été drainée et principalement des mousses et graminoides dans les masses d'eau drainées plus anciennes.



2.2 ESTRANS CÔTIERS

Amélioration des bandes 4, 5, 2 :

De rose clair à rose mat. Dans les zones adjacentes aux basses terres, il y aura souvent des teintes de vert turquoise clair le long du gazon côtier.

Position topographique : En une longue bande étroite immédiatement au-dessus des estrans (hautes plages côtières) des basses terres côtières et petites poches de forme variable aux environs des embouchures de rivière. Rares petites poches dans les baies protégées et les baies de socle rocheux ou les rivages envahis de till. Inondés quotidiennement par les marées hautes, à l'exception de la bande adjacente au gazon côtier. Comprend également quelques crêtes de plages côtières.

Expression superficielle : Toujours sur terrain plat. Vasières non végétalisées et bassins et canaux peu profonds saumâtres à salins. Quelques crêtes de plages.

Substrat : Limon marin et argile des grands fonds le long des estrans et sédiments fins d'origine mixte à l'embouchure des rivières.

Régime d'humidité : Hydrique.

Végétation : Aucune.



2.3 HAUTES PLAGES CÔTIÈRES

Amélioration des bandes 4, 5, 2 :
Magenta vif.

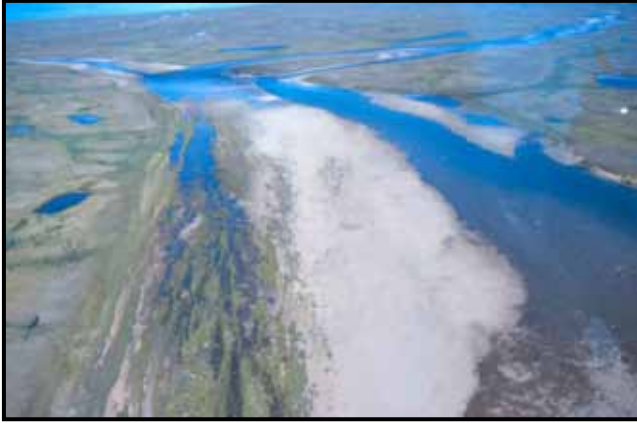
Position topographique : Large bande d'estrans le long des zones côtières des basses terres. Parfois également en petites parcelles dans les petites baies abritées et les baies associées aux viviers à marée.

Expression superficielle : Grandes battures de silts marins et d'argile des grands fonds sur des pentes pratiquement à plat entrecoupées de bassins et canaux salins peu profonds et de blocs rocheux dispersés. Largeur variable en fonction de la topographie et des conditions de marée au moment de la prise de la scène par satellite.

Substrat : Silts marins et argile des grands fonds avec des poches de substrat mélangé.

Régime d'humidité : Hydrique.

Végétation : Aucune.



2.4 DÉPÔTS ACTIFS

Amélioration des bandes 4, 5, 2 : De rose vif à rose clair.

Position topographique : Rives en érosion, rives découpées, coudes de cours d'eau et autres bassins versants sur l'ensemble de l'île, ainsi que des cônes alluviaux où les cours d'eau rejoignent l'océan dans les zones de pente modérée.

Expression superficielle :

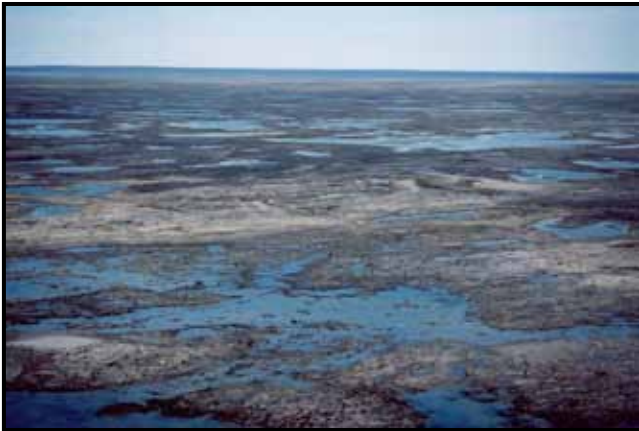
Généralement dans les rives en érosion ou les dépôts le long des cours d'eau et les larges cônes dans les deltas de rivières.

Substrat : Variable, mais généralement des galets arrondis, du gravier et du sable issus des dépôts de till glaciaire. Rarement des sédiments plus fins.

Régime d'humidité : Variable, mais généralement xérique sur la couche superficielle.

Végétation : Variable, en fonction du substrat et de la topographie. Certaines plantes vasculaires communes comprennent les *Carex scirpoidea*, *Cochlearia officinallis*, *Oxyria digyna*, *Salix arctica* et *Smilax herbacea*. Certaines mousses communes incluent les *Polytrichum piliferum* et les *Rhacomitrium canescens*.

3. HAUTES TERRES



3.1 AFFLEUREMENTS ROCHEUX

Amélioration des bandes 4, 5, 2 : Vert foncé.

Position topographique :

Principalement en une large bande dans les hautes terres le long de la côte nord, ainsi que des affleurements dispersés tout au long des hautes terres.

Expression superficielle : Accidentée, changements fréquents et abrupts de la pente et de l'aspect. Quelques poches de végétation, mais recouvertes de nombreux étangs peu profonds sur la section nord-ouest de la baie Est. En mi-pente ou en haut des pentes.

Substrat : Roches métamorphiques non subdivisées d'origine précambrienne. Les poches de diverses périodes (du Néoarchéen, du Mésoarchéen et du Paléoproterozoïque) et de composition légèrement différente (gneiss, gneiss du faciès des granulites) sont entremêlées tout au long des hautes terres et au nord de la péninsule de Bell. On peut trouver un petit affleurement de roches volcaniques non subdivisées à l'extrémité sud des hautes terres à l'ouest de la baie South.

Régime d'humidité : Xérique.

Végétation : Non échantillonnée, mais elle semblait principalement dénudée de plantes vasculaires, bien qu'elle présente des lichens crustacés en abondance. La végétation présente doit être semblable à celle des crêtes de blocs rocheux et à celle de la toundra à lichens et à éricacées.



3.2 CRÊTES DE BLOCS ROCHEUX

Amélioration des bandes 4, 5, 2 :
Jaune vert.

Position topographique : Recouvre la plupart des hautes terres sur de vastes étendues, laissant place au socle rocheux près de la côte.

Expression superficielle : Accidentée, changements fréquents et abrupts de la pente et de l'aspect. Généralement à la mi-pente ou en haut des pentes, bien qu'on les trouve parfois sur les terrains plats. Petites parties (< 25 %) recouvertes de toundra à lichens et éricacées ou de tapis de toundra à éricacées et dépressions peu végétalisées.

Substrat : Grands rochers arrondis ou blocs angulaires de roches métamorphiques d'origine précambrienne (voir les affleurements rocheux).

Régime d'humidité : Xérique; sites mésoïques localisés dans les dépressions.

Végétation : Flore clairsemée, mais similaire à la toundra à lichens et éricacées. Les plantes vasculaires communes incluent *Cassiope tetragona*, *Hierochloe alpine*, *Ledum decumbens* et *Luzula confusa*. Les mousses communes incluent *Dicranum elongatum* et *Rhacomitrium lanuginosum*. La plupart des surfaces rocheuses exposées sont recouvertes de lichens crustacés. D'autres lichens communs incluent *Alectoria ochroleuca*, *Bryoria nitidula*, *Cetraria cucullata*, *Cetraria nivalis*, *Thamnolia vermicularis* et *Umbellicaria* sp.



3.3 TOUNDRA À LICHENS ET À ÉRICACÉES

Amélioration des bandes 4, 5, 2 : De jaune orangé à orange mat.

Position topographique : Presque toutes en parcelles petites à moyennes dans le Nord des hautes terres. Mais aussi en parcelles dispersées dans d'autres zones sèches bien drainées avec des placages de till à grain grossier.

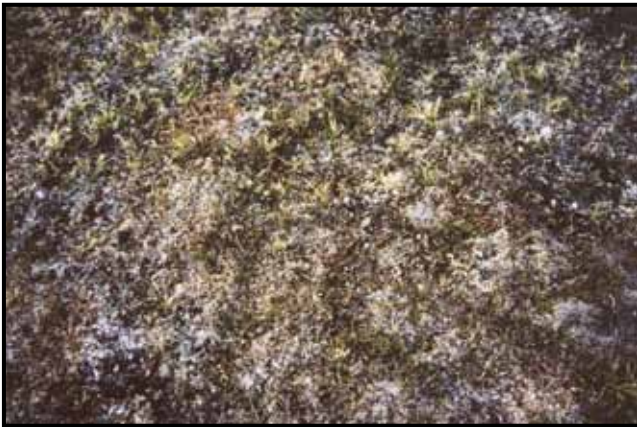
Expression superficielle : Dépressions ou partie sur terrain plat ou en pente modérée sur les mi-pentes des hautes terres, mais qui présentent une surface brute inégale due à la présence de blocs rocheux et de grosses roches sous-jacents. Les blocs rocheux et autres substrats rocheux brisent souvent la surface, mais recouvrent moins de 25 % de la superficie.

Substrat : Pour la plupart des blocs rocheux, de grosses roches et des galets, parfois mélangés à du till parsemé, mais avec une large épaisseur de tourbe mousseuse ou de bruyère.

Régime d'humidité : De xérique à mésoïque.

Végétation : Communautés de plantes vasculaires, de mousses et de lichens très diversifiées. Les plantes à éricacées sont fréquentes dans cette catégorie de couverture. Les espèces communes incluent les *Astragalus alpinus*, *Carex fuliginosa*, *Carex scirpoidea*, *Cassiope tetragona*, *Dryas integrifolia*, *Epilobium latifolium*, *Hierochloe alpine*, *Ledum decumbens*, *Luzula confusa*, *Lycopodium selago*, *Oxyria digyna*, *Oxytropis Maydelliana*, *Pedicularis lanata*, *Rhododendron lapponicum*, *Salix arctica*, *Salix herbacea*, *Salix reticulata*, *Saxifraga oppositifolia*, *Silene acaulis*, *Vaccinium uliginosum* et *Vaccinium vitis-idaea*. Les mousses communes incluent *Dicranum*

elongatum et *Rhacomitrium lanuginosum*. Communauté très diversifiée de lichens; la plupart des surfaces rocheuses exposées sont recouvertes de lichens crustacés. D'autres lichens communs incluent *Alectoria ochroleuca*, *Bryoria nitidula*, *Cetraria cucullata*, *Cetraria nivalis*, *Thamnolia vermicularis* et *Umbelicaria* sp.



3.4 MÉLANGE DE LICHENS ET ÉRICACÉES ET DE CRÊTES DE BLOCS ROCHEUX

Amélioration des bandes 4, 5, 2 :
D'ocre à brun ocre.

Position topographique : Presque toutes dans les étendues vastes à moyennes dans les hautes terres du Nord. Également en parcelles dispersées dans les zones sèches juste en dessous des hautes terres. Généralement présents sur les placages de till à grain grossier. Il peut s'agir d'une zone de transition entre ces deux catégories, ou d'une catégorie distincte en soi en raison de l'importante superficie uniforme qu'ils recouvrent souvent.

Expression superficielle : Mélange enchevêtré de toundra à lichens et éricacées et de crêtes de blocs rocheux, parfois des affleurements rocheux non subdivisés. Principalement sur terrain plat avec une surface ondulée ou inégale en raison de la présence de rochers saillants et d'autres grands rochers, ainsi que de substrats sous-jacents.

Substrat : Principalement de grands rochers et des galets mélangés par l'action du soulèvement par le gel avec des formations morainiques à grain grossier, mais plus fin, et de la tourbe d'éricacées et des débuts de mousse. Le substrat de till est plus uniforme et plus épais que la toundra à lichens et éricacées, mais la couche de tourbe est beaucoup plus mince.

Régime d'humidité : Principalement mésoïque, parfois xérique.

Végétation : Flore typique de la toundra à lichens et éricacées, mais plus mince et au développement arrêté sur les dépôts de till xériques. Les plantes à éricacées sont fréquentes dans cette catégorie de couverture. Les espèces communes incluent *Cassiope tetragona*,

Dryas integrifolia, *Hierochloe alpine*,
Ledum decumbens, *Salix arctica*, *Salix*
reticulata, *Saxifraga oppositifolia*,
Silene acaulis et *Vaccinium vitis-idaea*.
Couverture de mousse clairsemée sur les
tills; importante ailleurs, mais avec une
faible diversité. Communauté diversifiée
de lichens; la plupart des surfaces
rocheuses exposées sont recouvertes de
lichens crustacés. Les lichens communs
incluent *Alectoria ochroleuca*, *Bryoria*
nitidula, *Cetraria cucullata*, *Cetraria*
nivalis, *Thamnolia vermicularis* et
Umbelicaria sp.

4. ZONES SÈCHES RÉSIDUS DÉNUDÉS DE DÉFLATION SÉDIMENTAIRE GLACIOMARINE



4.1 FRAGMENTS DE DÉPÔTS DE LA TAILLE D'UNE MAIN OU DE TAILLE PLUS GROSSE

Amélioration des bandes 4, 5, 2 : De blanc à jaune clair.

Position topographique : Les résidus de déflation constituent la majeure partie de la couverture terrestre des zones sèches dans les deux tiers sud de l'île (figure 4). Poches de déflation découpées en fragments de la taille d'une main, échelles ou plaques situées dans les grandes étendues de lits de gravier au centre de l'île, et en grands lits purs dans la péninsule de Bell et le long de la côte au Nord-Ouest du cap Low et au Sud-Est du delta de la rivière Boas.

Expression superficielle : Vastes étendues de dépôts dénudés avec une surface plane à ondulée. Parsemée de nombreuses masses d'eau claire profondes à mi-profondes. Souvent orientés et triés verticalement sous l'action du soulèvement par le gel dans les dépôts dont les fragments sont brisés en minces éclats.

Substrat : Par définition, déflation brisée en fragments de la taille d'une main ou en éclats larges et minces.

Régime d'humidité : Xérique.

Végétation : Pratiquement aucune végétation en raison des mauvaises conditions de croissance, à l'exception d'occasionnelles plantes isolées de *Draba corymbosa*.

4.2 FRAGMENTS DE DÉPÔTS DE LA TAILLE DE GRAVIERS

Amélioration des bandes 4, 5, 2 : De jaune clair à jaune vif.

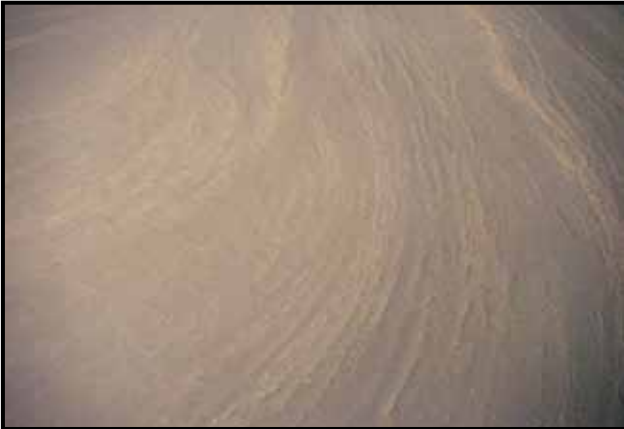
Position topographique : Les résidus de déflation sédimentaire glaciomarine constituent la majeure partie de la couverture terrestre des zones sèches dans les deux tiers sud de l'île (figure 4). De vastes étendues de lits de la taille de graviers sont présentes au centre de l'île et en poches au sein des lits de lits de fragments plus grands dans la péninsule de Bell.

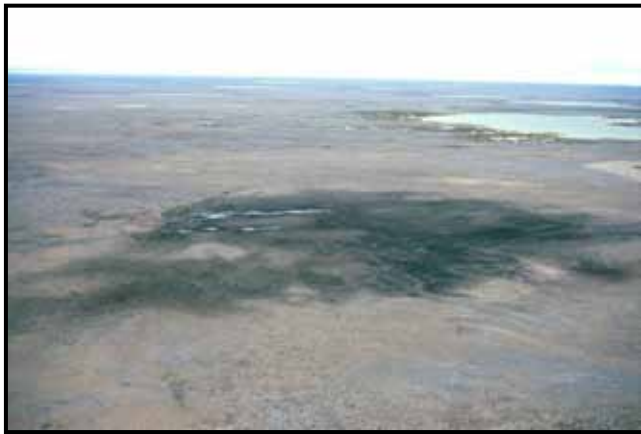
Expression superficielle : Vastes étendues de dépôts dénudés avec une surface plane à ondulée. Parsemés de nombreuses masses d'eau claire profondes à mi-profondes.

Substrat : Par définition, déflation brisée en fragments de la taille de graviers.

Régime d'humidité : Xérique.

Végétation : Pratiquement aucune végétation en raison des mauvaises conditions de croissance, à l'exception d'occasionnelles plantes isolées ou de petits tapis de *Draba corymbosa*, de *Papaver radicum* et de *Saxifraga oppositifolia*.





4.3 DÉFLATION RECOUVERTE D'ALGUES

Amélioration des bandes 4, 5, 2 : De vert lime vif à vert pomme.

Position topographique : Dépressions avec des niveaux d'eau éphémères sur une déflation à grain grossier et des dépôts de till dans l'ensemble des zones sèches. Commune autour de la bordure des masses d'eau des zones sèches et le long des bassins versants éphémères peu profonds.

Expression superficielle : Facilement identifiable par la coloration noire de la déflation et des dépôts de till due à leur manteau de croûte d'algues mortes. Lorsqu'elle se trouve sur de grandes superficies, cette catégorie peut également être constituée de dépôts de fragments de la taille de graviers issus de pierres calcaires très foncées ou de grès.

Substrat : Déflation et till mélangé avec un drainage modéré.

Régime d'humidité : Variable par définition, étant donné que cette catégorie apparaît lorsque les niveaux d'eau baissent. Xérique à hauteur de rabattement, mais souvent de mésoïque à hygrique.

Végétation : Non échantillonnée. Variable. Généralement exempte de végétation, à l'exception d'un revêtement d'algues non identifié et d'occasionnels petits tapis de *Draba corymbosa*, de *Saxifraga oppositifolia*, de *Dryas integrifolia* et de saules.

5. ZONES SÈCHES SOL GÉOMÉTRIQUE



5.1 TAPIS DE BRUYÈRE

Amélioration des bandes 4, 5, 2 :
Légères nuances de rose à « chair »
(rose beige).

Position topographique : Présent dans l'ensemble des zones sèches sur les manteaux de till mélangé et sur les résidus de déflation de la taille de graviers, surtout près de la côte. Souvent présent dans les zones de matières triées par l'action du soulèvement par le gel. Plages soulevées et eskers.

Expression superficielle : Dans de vastes étendues avec une surface plane à légèrement ondulée. Habituellement, les tapis de végétation sont rares et bien séparés. Parfois dans de vastes étendues de croûtes de végétation clairsemée, en particulier dans la vaste péninsule au Nord du cap Low.

Substrat : Manteaux de till mélangé et lits de déflation faits de petits fragments.

Régime d'humidité : De xérique à mésoïque.

Végétation : Flore typique formant de petits tapis circulaires; les espèces communes incluent *Draba corymbosa*, *Dryas integrifolia*, *Salix arctica*, *Saxifraga oppositifolia*, avec quelques carex clairsemés tels que *Carex fuliginosa* et *Carex rupestris*. Communauté de mousse clairsemée, principalement des espèces de *Bryum ditrichum* et de *Ditrichum flexicaule*. Les lichens communs incluent *Cetraria cucullata*, *Cetraria nivalis* et *Thamnolia vermicularis*.

SUR LES MATIÈRES À GRAINS FINS



5.2 RÉSEAUX DE BRUYÈRE

Amélioration des bandes 4, 5, 2 :

Nuances foncées de « chair » (rose beige) et rose brun clair (souvent avec une touche de jaune olive) à cannelle et vert sauge.

Position topographique : Présents dans l'ensemble des zones sèches sur des revêtements de déflation et de till à grains fins, surtout dans les zones où le limon constitue une grande partie des dépôts. Généralement dans les zones à forte action de soulèvement par le gel avec peu de matières à grain grossier plus grosses que le petit gravier.

Expression superficielle : Dans de vastes étendues avec une surface plane à légèrement ondulée. Réseaux larges ou étroits de végétation panachée dans les zones de matières à grains fins avec une action intensive de soulèvement par le gel. Dans les grandes étendues de croûtes de végétation sèche dans les zones de matières mixtes à grain grossier (till et déflation mélangés), en particulier au large de la péninsule au nord du cap Low.

Substrat : Revêtements de till et de déflation ou de dépôts marins composés de matières plus fines, principalement le limon et l'argile.

Régime d'humidité : Mésotique, parfois hygrique. Peuvent être saturés d'eau selon les saisons dans les zones de matières à grains fins.

Végétation : Bonne communauté de plantes vasculaires, la flore typique forme des tapis denses ou des veines de végétation; les espèces communes incluent *Arctagrostis latifolia*, *Carex aquatilis*, *Carex rupestris*, *Carex scirpoidea*, *Draba corymbosa*, *Dryas integrifolia*, *Eriophorum* sp., *Hulteniella integrifolia*, *Pedicularis lanata*, *Salix alaxensis*, *S. arctica*, *Saxifraga aizoides*

et *Saxifraga oppositifolia*. Les mousses communes incluent *Bryum pseudotriquetrum*, *Bryum wrightii*, *Ditrichum flexicaule* et *Hypnum* sp. Quelques lichens, principalement des espèces de lichens crustacés et squamuleux; les lichens communs incluent *Cetraria nivalis*, *Parmelia* sp. et *Stereocaulon* sp.

SUR DES MATIÈRES À GRAIN GROSSIER

**5.2 RÉSEAUX DE BRUYÈRE
(SUITE)**





5.3 RÉSEAUX DENSES D'ARBUSTES ET DE BRUYÈRE

Amélioration des bandes 4, 5, 2 :
Nuances claires de vert sauge à jaune vert mat (souvent avec des touches de brun rose).

Position topographique : Semblables aux réseaux de bruyère, mais généralement présents au sein de vastes étendues de réseaux de bruyère dans les zones moins profondes et les bassins versants avec des niveaux d'humidité élevés. Présents dans l'ensemble des zones sèches sur des revêtements de déflation et de till à grains fins, surtout dans les zones où le limon constitue une grande partie des dépôts. Généralement dans les zones à forte action de soulèvement par le gel avec peu de matières à grains plus gros que le petit gravier.

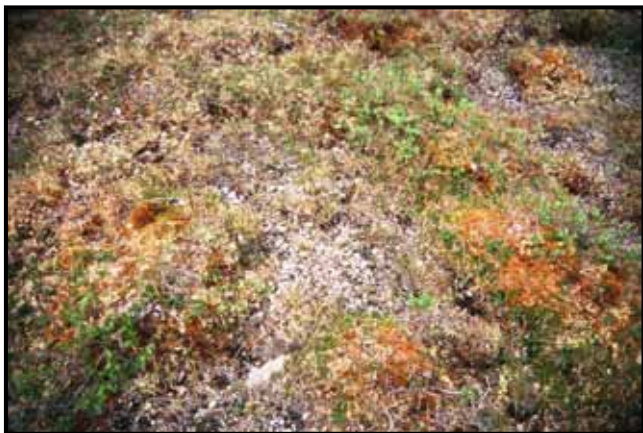
Expression superficielle : Semblables aux réseaux de bruyère, mais parsemés de petites poches de graminoides, de végétation plus dense et d'une plus grande proportion d'arbustes. Habituellement, dans les larges bandes linéaires au sein des zones sèches peu profondes entourées d'étendues de réseaux de bruyère.

Substrat : Revêtements de till et de déflation ou de dépôts marins composés de matières plus fines, principalement le limon et l'argile.

Régime d'humidité : Mésoïque, parfois hygrique. Peuvent être saturés d'eau selon les saisons.

Végétation : Bonne communauté de plantes vasculaires. La flore typique forme des veines de végétation dense ou de larges tapis; les espèces communes incluent *Arctagrostis latifolia*, *Braya glabella*, *Carex rupestris*, *Carex scirpoidea*, *Draba corymbosa*, *Dryas integrifolia*, *Eriophorum* sp., *Hulteniella integrifolia*, *Pedicularis lanata*, *Salix arctica*, *Salix reticulata*, *Saxifraga*

aizoides et *Salix oppositifolia*. Les mousses communes incluent *Bryum pseudotriquetrum*, *Bryum wrightii*, *Ditrichum flexicaule* et *Hypnum* sp. Quelques lichens, principalement des espèces de lichens crustacés et squamuleux telles que *Parmelia* sp. et *Stereocaulon* sp.



5.4 TOUNDRA MIXTE (BRUYÈRE/PLANTES GRAMINOÏDES/ARBUSTES)

Amélioration des bandes 4, 5, 2 : De jaune vert mat à jaune orangé.

Position topographique : Dispersée dans les petites à moyennes parcelles dans l'ensemble des zones sèches et sur les terrains plus élevés des basses terres. Généralement associée à la toundra hummockée à graminoides/toundra à buttes de graminoides.

Expression superficielle : Catégorie de couverture terrestre très variable. En général sur un terrain plat ou en pente légère. Mélange de réseaux de bruyère, de tapis de toundra à éricacées et de toundra hummockée à graminoides/toundra à buttes de graminoides avec une couverture d'arbustes variables. Habituellement fortement accidentée en raison du soulèvement par le gel. Parfois avec des cercles de pierre avec des tills fins au centre de marmites de boue et de plaques de déflation orientées verticalement sur les bords parsemés de réseaux de saules.

Substrat : Généralement tourbe de laïche recouvrant des tills mixtes, le plus souvent des tills silteux, parfois une déflation ou des roches métamorphiques très accidentées en raison du soulèvement par le gel.

Régime d'humidité : Variable, mais généralement mésoïque à hygrique.

Végétation : La flore est un mélange d'autres catégories de couvertures terrestres et varie en fonction du régime hydrologique. Comprend la plupart du temps la flore typique de la toundra à lichens et à éricacées et des réseaux de bruyère. Les espèces communes incluent *Alopecurus borealis*, *Arctagrostis latifolia*, *Carex aquatilis*, *Carex*

fuliginosa, *Carex membranacea*, *Carex scirpoidea*, *Cassiope tetragona*, *Draba* sp., *Dryas integrifolia*, *Equisetum scirpoides*, *Eriophorum* sp., *Pedicularis* sp., *Salix arctica*, *Salix reticulata*, *Saxifraga hirculus*, *Saxifraga oppositifolia* et *Silene* sp. Communauté de mousses diversifiée dans les zones avec un régime d'humidité hygrique. Les mousses communes incluent *Aulacomnium acuminatum*, *Brachythecium turgidum*, *Campylium stellatum*, *Hypnum* sp., *Rhacomitrium lanuginosum* et *Tomenthypnum nitens*. Communauté de lichens diverse, qui est souvent semblable à celle de la toundra à lichens et à éricacées, mais dont les espèces de lichens squamuleux sont plus importantes. Les lichens communs incluent *Alectoria ochroleuca*, *Cetraria cucullata*, *Cetraria nivalis*, *Cladonia* sp., *Parmelia* sp., *Stereocaulon* sp. et *Thamnolia vermicularis*.

6. BASSES TERRES

BASSES TERRES CÔTIÈRES



6.1 TOURBE EXPOSÉE

Amélioration des bandes 4, 5, 2 : De rose vif à rouge écarlate le long de la côte et rouge foncé dans des nuances de cramoisi à rouge carmin dans les basses terres de l'intérieur.

Position topographique :

Principalement dans les parties hydriques des basses terres, qui étaient auparavant des cariçaies humides. Certaines sont également présentes dans les dépressions des habitats des zones sèches.

Expression superficielle : Terrain plat.

Dans de grandes étendues de tourbe dénudée avec peu ou pas de végétation vivante. Des parcelles de minces croûtes salines ou d'algues ainsi que des poches de sédiments dénudés sont souvent présentes.

Substrat : Horizon de surface de tourbe de profondeur variable, principalement composée de bryophytes et parfois de carex et autres plantes graminoides recouvrant du limon et de l'argile d'origine marine. Déflation ou till parfois présents sous les argiles des grands fonds (probablement toujours présents, mais trop profond pour confirmer).

Régime d'humidité : Toujours hydrique le long de la côte, hydrique à hygrique à l'intérieur des terres. Le plus souvent avec des eaux de surface stagnantes.

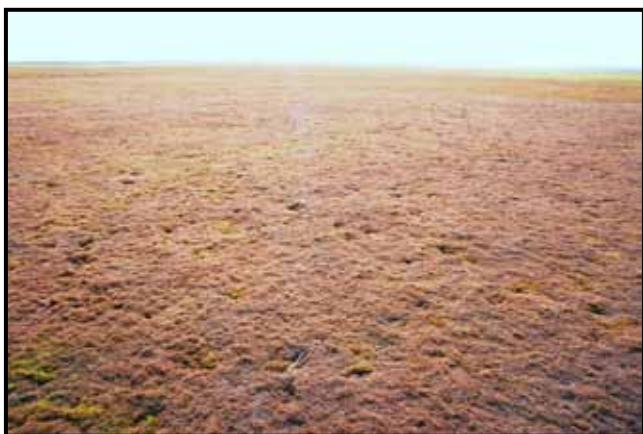
Végétation : Pauvres communautés florales, surtout le long des côtes. Plus d'espèces présentes à l'intérieur des terres, habituellement situées sur les massifs de terre soulevés. Plantes individuelles, souvent isolées. Les plantes vasculaires observées les plus

communes étaient *Arctagrostis latifolia*, *Arctophila fulva*, *Carex* sp., *Eriophorum* sp., *Hippuris vulgaris*, *Pedicularis sudetica*, *Salix arctica* et *Saxifraga hirculus*. Les mousses formaient la couverture dominante et étaient principalement composées d'espèces de *Bryum*, généralement de *Bryum pseudotriquetrum*. Nous n'avons pas enregistré de lichens dans cette catégorie de couverture.

**BASSINS VERSANTS/BASSES
TERRES INTÉRIEURES**



**6.1 TOURBE EXPOSÉE
(SUITE)**



6.2 TAPIS DE TOURBE ET DE MOUSSE HYDRIQUE

Amélioration des bandes 4, 5, 2 : De rouge écarlate à rouge orangé.

Position topographique : Basses terres et bassins versants hydriques à hygriques dans ce qui était auparavant des cariçaies. Habituellement le long de la côte, mais également à l'intérieur des terres. Certains sont également présents dans les dépressions des habitats des zones sèches.

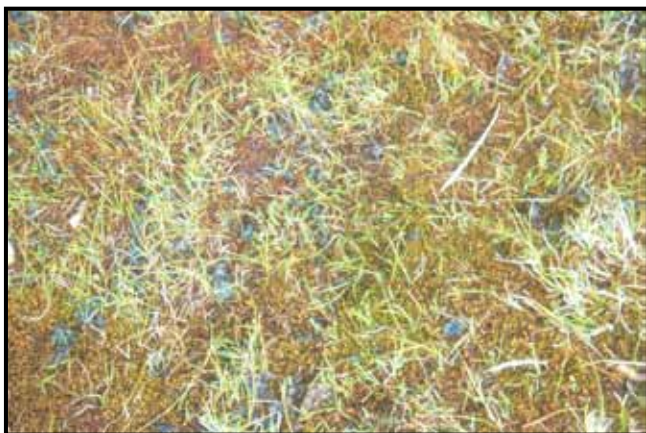
Expression superficielle : Terrain plat sur de vastes étendues de tapis de mousse et de tourbe dénudés. Communauté de bryophytes, habituellement mourantes, quelques plantes vasculaires présentes (le cas échéant). Souvent avec de petites croûtes d'algues vertes lorsqu'elles sont gorgées.

Substrat : Horizon de surface de tourbe de profondeur variable, principalement composée de bryophytes et parfois de carex et autres plantes graminoides recouvrant du limon et de l'argile d'origine marine. Déflation ou till parfois présents sous les argiles des grands fonds (probablement toujours présents, mais trop profond pour confirmer).

Régime d'humidité : Hydrique à hygrique, mais habituellement gorgé. Le plus souvent avec des eaux de surface stagnantes.

Végétation : Pauvre communauté de plantes vasculaires, plantes dispersées. La plante vasculaire identifiable la plus commune était, de loin, *Saxifraga hirculus*. Les plantes graminoides étaient difficiles à repérer en raison des dommages sur les plantes et des rares têtes en fleur. Les plantes communes incluait *Arctagrostis latifolia*, *Carex* sp., *Chrysosplenium tetrandrum*,

Eriophorum sp., *Hippuris vulgaris*, *Kobresia simpliciuscula*, *Pedicularis sudetica* et *Salix arctica*. Les mousses formaient la couverture dominante et étaient principalement composées d'espèces de *Bryum*, généralement de *Bryum pseudotriquetrum*. Les autres espèces de mousses communes incluait *Campylium stellatum*, *Cinclidium latifolium*, *Drepanocladus brevifolius*, *Limprichtia revolvens* et *Scorpidium scorpioides*. Quelques lichens, mais *Cetraria nivalis* et *Thamnolia vermicularis* ont été enregistrés sur quelques sites.



6.3 TAPIS DE MOUSSE HYGRIQUE

Amélioration des bandes 4, 5, 2 :
D'orange vif à orange jaune.

Position topographique :

Principalement dans les basses terres hygriques à l'intérieur des terres, dans ce qui était auparavant des cariçaies, également le long des zones de basses terres côtières. Certains sont également présents dans les dépressions des habitats des zones sèches.

Expression superficielle :

Semblable à celle des tapis de mousse hygrique, mais avec une bonne communauté de bryophytes. Habituellement, quelques petites pousses de graminoides et autres plantes vasculaires sont présentes. Dans les vastes étendues sur terrain plat.

Substrat :

Horizon de surface de tourbe de profondeur variable, principalement composée de bryophytes et parfois de carex et autres plantes graminoides recouvrant du limon et de l'argile d'origine marine. Déflation ou till parfois présents sous les argiles des grands fonds (probablement toujours présents, mais trop profond pour confirmer).

Régime d'humidité :

Hygrique, habituellement pas aussi humide que les tapis de mousse hydrique et de tourbe exposée. Parfois avec des eaux de surface stagnantes.

Végétation :

Pauvre communauté de plantes vasculaires avec des plantes individuelles dispersées. Les plantes graminoides étaient difficiles à repérer en raison des dommages aux plantes et aux rares têtes en fleur, mais l'espèce la plus commune semblait être *Carex subspathacea*. Les plantes communes incluaient *Arctophila fulva*, *Carex* sp., *Chrysosplenium tetrandrum*, *Cochlearia officinallis*, *Hippuris vulgaris*, *Kobresia*

simpliciuscula, *Salix arctica* et *Saxifraga hirculus*. Les mousses formaient la couverture dominante et étaient principalement composées d'espèces de *Bryum*. Les autres espèces de mousse communes incluaient *Campylium stellatum*, *Limprichtia revolvens* et *Scorpidium scorpioides*. Quelques lichens.



6.4 PRÉS DE PLANTES GRAMINOÏDES

Amélioration des bandes 4, 5, 2 : De jaune orange à jaune verdâtre.

Position topographique :

Principalement dans les basses terres, habituellement le long des zones de basses terres côtières, mais parfois davantage à l'intérieur des terres. Souvent adjacents aux lacs et aux étangs ou sur des mi-pentes humides sous les bancs de neige.

Expression superficielle : Dans les vastes étendues sur un terrain plat à légèrement en pente, avec une communauté de plantes vasculaires très diversifiée de modérément endommagée à intacte. Toutefois, de vastes étendues ont été touchées par les tapis de mousse et la tourbe exposée.

Substrat : Horizon de surface de tourbe de profondeur variable, principalement composée de bryophytes et de carex recouvrant du limon et de l'argile d'origine marine. Déflation ou till habituellement mélangés dans la partie inférieure des sédiments marins.

Régime d'humidité : Hygrique à hydrique. Le plus souvent avec des eaux de surface stagnantes.

Végétation : Diverses communautés florales. Bonne diversité de plantes vasculaires, les plantes graminoides étant prédominantes. Les espèces communes incluaient *Arctagrostis latifolia*, *Cardamine pratensis*, *Carex aquatilis*, *Carex membranacea*, *Cerastium alpinum*, *Draba* sp., *Dupontia Fisheri*, *Eriophorum angustifolium*, *Minuartia rossii*, *Pedicularis sudetica*, *Salix arctica*, *Salix reticulata*, *Saxifraga hirculus* et *Silene uralensis*. Communauté de mousses diverse et bien développée, le plus couramment *Campylium stellatum*,

Ceratodon purpureus, *Dicranum elongatum*, *Drepanocladus brevifolius*, *Hypnum bambergeri*, *Pohlia obtusifolia*, *Pseudocalligeron turgescens* et *Tomenthypnum nitens*. Certains lichens, le plus couramment *Cetraria nivalis* et des espèces de *Cladonia*, *Parmelia* et *Stereocaulon*.

CONDITIONS SÈCHES



6.5 POLYGONES CONCAVES

Amélioration des bandes 4, 5, 2 : De vert jaune vif à vert.

Position topographique : Basses terres de l'intérieur et dépressions dans les hautes terres.

Expression superficielle : Dans de très vastes étendues avec une communauté de plantes vasculaires modérément endommagée et peu diversifiée. Ensemble de la zone sur terrain plat, mais le centre des polygones est inférieur aux bordures. Parfois mélangés à d'autres catégories de basses terres. Faciles à identifier grâce aux séparations du « polygone » au guillochis caractéristique et à la couleur noire (presque noire) de la communauté de bryophytes. Le polygone présente une largeur variable, de 30 cm à 2 m, contenant parfois de l'eau stagnante ou s'écoulant légèrement.

Substrat : Horizon de surface de tourbe de profondeur variable, principalement composée de bryophytes et de carex recouvrant du limon et de l'argile d'origine marine. Déflation ou till habituellement mélangés dans la partie inférieure des sédiments marins.

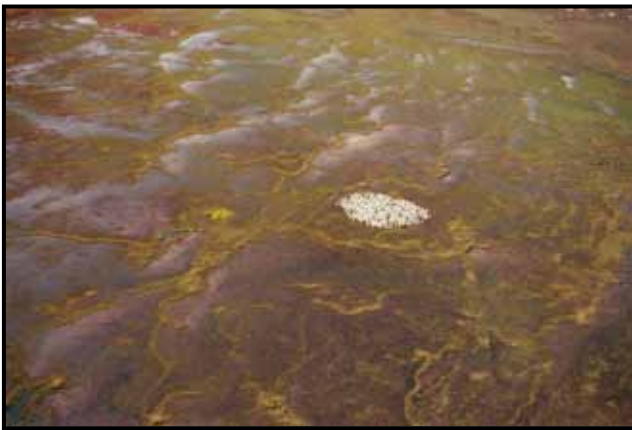
Régime d'humidité : Hygrique à hydrique. Mal drainés, habituellement recouverts d'eau lorsqu'ils sont sur les basses terres intérieures.

Végétation : Communauté de plantes vasculaires affichant des signes évidents de dommages provoqués par le broutement des oies, remplacée par de la mousse. La diversité est faible dans de nombreuses zones. Les espèces communes incluaient *Carex aquatilis*, *Carex bicolor*, *Carex fuliginosa*, *Carex subspathacea*, *Chrysosplenium tetrandrum*, *Hierochloe pauciflora*, *Minuartia Rossii*, *Salix arctica* et *Saxifraga hirculus*. Communauté de

mousses diverse et bien développée, le plus souvent *Bryum* sp., *Ditrichum flexicaule*, *Drepanocladus brevifolius*, *Pseudocalligeron turgescens* et *Scorpidium scorpioides*. Quelques lichens, le plus souvent *Cetraria nivalis* et *Thamnolia vermicularis*.

CONDITIONS HUMIDES

**6.5 POLYGONES CONCAVES
(SUITE)**



Annexe 2

Catégories de couvertures terrestres observées impossibles à distinguer des autres catégories, l'île Southampton, Nunavut



1. FOURRÉ ARBUSTIF

Amélioration des bandes 4, 5, 2 :
D'orange vermillon à rouge orangé.

Contraintes : Généralement en bandes étroites (< 30 m de largeur) avec des bordures non uniformes associées à des sédiments humides, des mousses humides, des eaux de surface et d'autres catégories de couvertures terrestres, entraînant une classification erronée en raison du processus de moyennage des pixels.

Position topographique : Rare. Se trouve généralement dans les bassins versants abrités et les mi-pentes situées sous les bancs de neige dans l'ensemble des zones sèches et des hautes terres. Certaines parcelles présentent des fourrés isolés exposés poussant à près de deux mètres de hauteur, mais seulement sur la côte ouest de la baie South au sud de la pointe Siqavilaaq.

Expression superficielle :

Habituellement du milieu ou au bas des pentes dans les bassins versants des collines ou vallées abritées, mais variable. Fourrés habituellement étroits et souvent entrecoupés de cariçaies humides.

Substrat : Variable, mais habituellement sur des tills mixtes meubles avec un horizon de tourbe de profondeur variable les recouvrant.

Régime d'humidité : Hygrique sous les bancs de neige, principalement mésoïque ailleurs.

Végétation : Communautés florales, très diverses au milieu des pentes sous

les bancs de neige. Principalement des saules ailleurs. Les plantes vasculaires communes incluaient *Alopecurus borealis*, *Arctagrostis latifolia*, *Betula glandulosa*, *Carex aquatilis*, *Diapensia lapponica*, *Eriophorum* sp., *Ledum decumbens*, *Luzula confusa*, *Pedicularis* sp., *Salix* sp. et *Stellaria crassifolia*. Les mousses communes incluaient *Bryum pseudotriquetrum*, *Polytrichastrum alpinum*, *Polytrichum juniperinum* et *Sphagnum girgensohnii*. Les lichens communs incluaient *Alectoria ochroleuca*, *Cetraria nivalis* et des espèces de *Parmelia* et *Stereocaulon*.



2. GAZONS CÔTIERS

Amélioration des bandes 4, 5, 2 :

Orange jaune, mais souvent ce sont des couleurs mélangées.

Contraintes : Amalgame variable en une étroite bande le long de la côte de vasières, étangs saumâtres, croûtes salines, îles de gazon, bandes de varechs et autres épaves flottantes, tous présentant des signatures spectrales différentes, entraînant une classification erronée et incohérente en raison du processus de moyennage des pixels.

Position topographique : Présents exclusivement dans les basses terres côtières en longues et étroites bandes au-dessus des estrans côtiers et hautes plages côtières. Tous les emplacements inondés par les fortes marées régulièrement, mais pas quotidiennement.

Expression superficielle : Toujours sur terrain plat. Étendues variables d'îles de gazon de mousse élevées et parsemées de vasières non végétalisées plus basses et de bassins et canaux peu profonds saumâtres à salins.

Substrat : Limon marin et argile des grands fonds le long des estrans et sédiments fins d'origine mixte à l'embouchure des rivières.

Régime d'humidité : Hygrique à hydrique.

Végétation : Communauté de plantes vasculaires semblable aux tapis de mousses hydriques à hygriques. Les quelques plantes graminoides présentes sont difficiles à identifier en raison du broutement intensif des oies. Les plantes graminoides les plus communes incluent *Carex subspathacea*, *Chrysosplenium tetrandrum*, *Cochlearia officinallis* et *Kobresia simpliciuscula*. La couverture est dominée par les mousses, principalement les espèces de *Bryum* et *Campylium*. Aucun lichen.



3. CARIÇAIES HUMIDES (BASSINS VERSANTS)

Amélioration des bandes 4, 5, 2 : De cramoisi à carmin.

Contraintes : Amalgame de couvertures de surface avec des signatures spectrales très différentes, entraînant une classification erronée en raison du processus de moyennage des pixels : mousse humide/carex exposés, eaux de surface et prés graminoides. Habituellement classées de façon erronée comme tourbe exposée.

Position topographique : Communes dans les bassins versants et les dépressions des habitats des zones sèches. Désormais rares dans les basses terres, étant donné que la plupart des cariçaies humides ont été transformées en zones de tourbe dénudée et de sédiments. Souvent adjacentes aux lacs et aux étangs ou sur des mi-pentes humides sous les bancs de neige.

Expression superficielle : Habituellement dans les petites poches localisées sur un terrain plat à légèrement en pente, avec une communauté de plantes vasculaires très diversifiée de modérément endommagée à intacte.

Substrat : Horizon organique de tourbe profonde composée de carex et de quelques bryophytes recouvrant des limons et l'argile d'origine marine. Déflation ou till habituellement mélangés dans la partie inférieure des sédiments marins.

Régime d'humidité : Hygrique à hydrique. Le plus souvent avec des eaux de surface stagnantes ou des eaux s'écoulant doucement dans les bassins versants.

Végétation : Habituellement bien recouvertes de végétation, mais

affichant des signes de broutement par les oies, particulièrement les plantes graminoides émergentes. La couverture graminoides affiche une faible diversité, avec de vastes étendues composées de quelques espèces dominantes. Les plantes vasculaires communes incluaient *Arctagrostis latifolia*, *Carex aquatilis*, *Carex membranacea*, *Eriophorum* sp., *Hierochloe alpina*, *Luzula confusa*, *Pedicularis* sp. et *Salix arctica*. Les mousses les plus répandues étaient les espèces de *Aulacomnium turgidum* et *Sphagnum*. Les espèces communes de lichens incluaient *Alectoria ochroleuca*, *Alectoria ochroleuca* et *Thamnolia vermicularis*.



4. TOUNDRA HUMMOCKÉE À GRAMINOÏDES/TOUNDRA À BUTTES DE GRAMINOÏDES

Amélioration des bandes 4, 5, 2 :

D'orange brun et olive sépia à brun roux. Couleur marbrée et irrégulière en raison de la variabilité des niveaux d'humidité et des substrats exposés.

Contraintes : Communauté végétale et autres couvertures de la surface pratiquement identiques aux zones sèches à lichens et éricacées et à la toundra mixte, et par conséquent classée comme telle. Toutefois, au niveau de la structure, son expression superficielle d'hummocks et de buttes de gazon est assez différente.

Position topographique : Basses terres de l'intérieur habituellement associées aux rives des lacs et des grands étangs, parfois en grandes plaines.

Expression superficielle : Terrain plat à légèrement ondulé avec une apparence accidentée en raison des cuvettes de tourbe exposée entre les hummocks et les buttes.

Substrat : Les cuvettes présentent un horizon de tourbe, habituellement peu profonde et composée de restes de plantes vasculaires et de bryophytes recouvrant une fine couche de limon marin et d'argile des grands fonds, s'il y en a. Déflation ou till généralement exposés dans les cuvettes ou mélangés dans la partie inférieure des sédiments marins.

Régime d'humidité : De mésoïque à hygrique; hummocks/buttes habituellement mésoïques et cuvettes habituellement hygriques.

Végétation : Communauté florale; mélange de toundra à lichens et éricacées et de prés graminoides. Les plantes vasculaires communes incluaient

Carex fuliginosa, *Carex scirpoidea*,
Hulteniella integrifolia, *Pedicularis* sp.,
Salix sp., *Saxifraga aizoides*, *Saxifraga*
oppositifolia et *Silene uralensis*. Peu de
mousses. Les lichens communs
incluaient *Cetraria cucullata*, *Cetraria*
nivalis, *Cladonia* sp., *Parmelia* sp.,
Stereocaulon sp. et *Thamnolia*
vermicularis.



5. TOUNDRA D'ARBUSTES/DE SCHISTE (DÉFLATION)

Amélioration des bandes 4, 5, 2 :

D'ocre à brun ocre avec des taches ou des nuances de bistre, d'olive bistre et de bistre jaune. Couleur marbrée et irrégulière en raison de la variabilité de la couverture des plaques de grande déflation (schiste) et des saules.

Contraintes : Caractéristiques de la végétation présentant des similarités avec la toundra mixte et un mélange de lichens et éricacées et de crêtes de blocs rocheux, affichant par conséquent des couleurs semblables sur les améliorations des scènes. Toutefois, même si elle présentait une expression superficielle assez unique, sa couverture végétale était rare et quelques parcelles ont été observées, ce qui a rendu impossible de la différencier dans la classification.

Position topographique : Petites parcelles isolées dans les basses terres de l'intérieur, habituellement sur un terrain légèrement plus élevé et sec. Souvent près des résidus de déflation des zones sèches.

Expression superficielle : Terrain plat présentant une surface entrecoupée d'hummocks et de buttes recouverts de végétation (principalement des saules) et cuvettes de plaques de schiste soulevées par le gel. Sol géométrique.

Substrat : Hummocks et buttes composés de tourbe issue de restes de mousses et de plantes vasculaires, recouvrant une déflation à grains fins et de l'argile des grands fonds mélangés à de larges éclats de déflation. Cuvettes principalement composées de grands éclats de déflation en surface, sur une déflation mixte et de l'argile des grands fonds.

Régime d'humidité : De mésoïque à hygrique; hummocks/buttes habituellement mésoïques, et cuvettes de pierre calcaire soulevées par le gel – xériques en surface, mais hygriques au sein du substrat.

Végétation : La majeure partie de la zone est recouverte de végétation; cependant, la communauté florale présente un nombre d'espèces limité. La couverture de plantes vasculaires est composée presque entièrement de *Dryas integrifolia*, *Kobresia simpliciuscula*, *Salix* sp. et de quelques *Pedicularis capitata*. La couverture inférieure de mousses est composée presque entièrement de *Bryum* sp., *Campylium stellatum*, *Ditrichum flexicaule* et *Tomenthypnum nitens*. Quelques lichens avec seulement quelques traces de couvert, principalement *Cetraria cucullata*, *Cetraria nivalis* et *Thamnolia vermicularis*.

Annexe 3

Liste des plantes vasculaires, des bryophytes et des lichens par catégorie de couverture terrestre de l'île Southampton, Nunavut

Espèce	Catégorie de couverture terrestre ^a																	
	2.4	3.2	3.3	3.4	4.1	4.2	5.1	5.2	5.3	5.4	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	F	B	T
Plantes vasculaires																		
<i>Alopecurus borealis</i>										X				X		X		
<i>Arctagrostis latifolia</i>		X	X	X				X	X	X	X	X		X		X	X	
<i>Arctophila fulva</i>											X		X					
<i>Arctous alpina</i>										X								
<i>Armeria maritima</i>				X						X								
<i>Astragalus alpinus</i>			X							X								
<i>Betula glandulosa</i>																X	X	
<i>Braya glabella</i>							X	X	X	X								
<i>Cardamine bellidifolia</i>				X														
<i>Cardamine pratensis</i>														X				
<i>Carex aquatilis</i>		X	X					X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Carex atrofusca</i>								X	X	X				X	X			
<i>Carex bicolor</i>									X			X			X			
<i>Carex fuliginosa</i>			X				X	X	X	X				X	X		X	
<i>Carex glacialis</i>								X										
<i>Carex marina</i>									X	X		X			X			
<i>Carex membranacea</i>				X						X				X				X
<i>Carex physocarpa</i>									X		X							
<i>Carex rupestris</i>			X				X	X	X									
<i>Carex scirpoidea</i>	X		X				X	X	X	X				X				
<i>Carex subspathacea</i> ^b				X									X	X	X			
<i>Cyperaceae (non identifié)</i>							X	X	X	X	X	X	X	X	X			X
<i>Cassiope tetragona</i>		X	X	X				X		X						X	X	
<i>Cerastium alpinum</i>							X			X				X	X	X		
<i>Cerastium beeringianum</i>														X	X			
<i>Chrysosplenium tetrandrum</i>												X	X	X	X			
<i>Cochlearia officinalis</i>	X												X	X				
<i>Diapensia lapponica</i>			X													X		
<i>Draba alpina</i>										X				X				
<i>Draba aurea</i>										X								
<i>Draba corymbosa</i>					X	X	X	X	X	X				X				
<i>Draba lactea</i>														X				
<i>Draba pilosa</i>														X				
<i>Draba sp.</i>										X	X	X		X	X			
<i>Dryas integrifolia</i>			X	X			X	X	X	X	X	X		X	X		X	X
<i>Dupontia fisheri</i>										X			X	X				
<i>Epilobium latifolium</i>			X							X								
<i>Equisetum arvense</i>										X								
<i>Equisetum scirpoides</i>									X	X	X	X		X				
<i>Eriophorum angustifolium</i>							X	X	X	X	X			X		X		
<i>Eriophorum brachyantherum</i>							X	X		X							X	
<i>Eriophorum chamissonis</i>				X			X		X	X	X			X				

<i>Polytrichastrum alpinum</i>						X							X
<i>Polytrichum juniperinum</i>			X			X							X
<i>Polytrichum piliferum</i>	X												
<i>Pseudocalligeron turgescens</i>					X			X	X	X	X		
<i>Ptilidium ciliare</i>						X							
<i>Rhacomitrium canescens</i>	X												
<i>Rhacomitrium lanuginosum</i>		X	X	X		X							X
<i>Rhizomnium</i> sp.								X					
<i>Schistidium apocarpum</i>				X									
<i>Schistidium rivulare</i>					X								
<i>Scorpidium scorpioides</i>								X	X		X		
<i>Sphagnum capillifolium</i>			X										
<i>Sphagnum girgensohnii</i>												X	
<i>Sphagnum russowii</i>													X
<i>Sphagnum</i> sp.													X
<i>Splachnum vasculosum</i>							X	X			X		
<i>Tetralophozia setiforme</i>	X												
<i>Tetraplodon mnioides</i>					X	X							
<i>Tomenthypnum nitens</i>		X				X	X	X	X	X	X		X
<i>Tortella arctica</i>				X									
<i>Tortella tortuosa</i>										X			
<i>Tritomaria quinquedentata</i>												X	
<i>Warnstorfia exannulata</i>													X
Hépatiques													
<i>Anastrophyllum minutum</i>			X				X						X
<i>Aneura pinguis</i>										X	X		
<i>Odontoschisma macounii</i>							X						
<i>Scapania gymnostomophila</i>			X										
<i>Scapania irrigua</i>											X	X	
Lichens													
<i>Alectoria ochroleuca</i>	X	X	X		X		X					X	X
<i>Bryoria nitidula</i>	X	X	X				X						
<i>Caloplaca ignea</i> [°]					X								
<i>Cetraria cucullata</i>	X	X	X		X		X			X	X	X	X
<i>Cetraria islandica</i>			X				X						
<i>Cetraria nivalis</i>	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X
<i>Cladina stygia</i>			X										
<i>Cladonia coccifera</i>	X		X										
<i>Cladonia</i> sp.	X	X	X		X	X	X			X			
<i>Dactylina arctica</i>			X	X			X			X			
<i>Parmelia</i> sp.	X				X	X	X		X	X			X
<i>Sphaerophorus globosus</i>	X	X					X						
<i>Stereocaulon</i> sp.	X	X	X		X	X	X			X			X
<i>Thamnolia vermicularis</i>	X	X	X		X		X		X	X	X	X	X
<i>Umbelicaria</i> sp.	X	X	X										
Cyanobactéries													
<i>Nostoc</i> sp.							X	X	X	X	X	X	

Champignons

Espèce non identifiée

X

X

X

^a Catégorie de couverture terrestre : 2.4 = dépôts actifs, 3.2 = crêtes de blocs rocheux, 3.3 = toundra à lichens et éricacées, 3.4 = mélange de lichens et éricacées et de crêtes de blocs rocheux, 4.1 = fragments de dépôts de la taille d'une main ou de taille plus grosse, 4.2 = fragments de dépôts de la taille de graviers, 4.3 = déflation recouverte d'algues, 5.1 = tapis de bruyère, 5.2 = réseaux de bruyère, 5.3 = denses réseaux de bruyère et d'arbustes, 5.4 = toundra mixte (éricacées/graminoïdes/arbustes), 6.1 = tourbe exposée, 6.2 = tapis de tourbe et de mousse hydriques, 6.3 = tapis de mousse hygrique, 6.4 = prés de graminoïdes, 6.5 = polygones concaves, F = fourrés de saules, B = bassins versants ou cariçaies humides, T = toundra d'arbustes/de schiste.

^b *Carex subspathacea* : Cette espèce aurait dû être identifiée dans un grand nombre d'échantillons collectés dans l'ensemble des basses terres, surtout le long de la côte. Toutefois, les spécimens de graminoïdes de ces emplacements ont été excessivement broutés par les oies blanches et manquaient souvent de parties en fleur, rendant l'identification positive des espèces douteuse. Par conséquent, ces spécimens ont été classés comme *Cyperaceae* (non identifié).

^c *Bryum marratti* : Deux spécimens fertiles ont été collectés au même emplacement. Ils ont été vérifiés indépendamment par deux spécialistes (Spence et Ley). Il s'agit des premiers spécimens confirmés en Amérique du Nord. Ils ont été conservés par Spence et Ley pour leurs collections.

^d *Bryum pseudotriquetrum* : Il est peu probable que cette espèce soit présente dans l'Arctique. De nombreux spécimens de *Bryum* étaient stériles et ceux-ci ne peuvent être identifiés avec certitude. Il est possible que les spécimens identifiés à l'origine comme *Bryum pseudotriquetrum* soient des spécimens de *Bryum arcticum* (Ley, communication personnelle).

^e *Caloplaca ignea* : Cette espèce était présente dans la plupart des sites de collecte en dehors de basses terres, mais adhérait fermement aux roches et par conséquent n'a pas pu être collectée.

Autres publications hors série

N° 100

Behaviour and ecology of sea ducks, par R. Ian Goudie, Margaret R. Petersen et Gregory J. Robertson (réd.).
N° de catalogue CW69-1/100E. Publ. en 1999.

N° 101

Assessment of bird populations in the Rasmussen Lowlands, Nunavut, par Victoria H. Johnston, Cheri L. Gratto-Trevor et Stephen T. Pepper.
N° de catalogue CW69-1/101E. Publ. en 2000.

N° 102

Modélisation et gestion de la population d'Oies des neiges, par Hugh Boyd (éd.) Also available in English.
N° de catalogue CW69-1/102F. Publ. en 2000.

N° 103

Towards conservation of the diversity of Canada Geese (*Branta canadensis*), par Kathryn M. Dickson (réd.)
N° de catalogue CW69-1/103E. Publ. en 2000.

N° 104

Estimates of shorebird populations in North America, par R.I.G. Morrison, R.E. Gill, Jr., B.A. Harrington, S. Skagen, G.W. Page, C.L. Gratto-Trevor et S.M. Haig.
N° de catalogue CW69-1/104E. Publ. en 2001.

N° 105

Status and population trends of the Razorbill in eastern North America, par G. Chapdelaine, A.W. Diamond, R.D. Elliot et G.J. Robertson.
N° de catalogue CW69-1/105E. Publ. en 2001.

N° 106

Studies of high-latitude seabirds. 5. Monitoring Thick-billed Murres in the eastern Canadian Arctic, 1976–2000, par A.J. Gaston.
N° de catalogue CW69-1/106E. Publ. en 2002.

N° 107

Changements dans les activités de chasse et d'abattage de la sauvagine déclarées au Canada et aux États-Unis, de 1985 à 1998, par H. Boyd, H. Lévesque et K.M. Dickson. Also available in English.
N° de catalogue CW69-1/107F. Publ. en 2002.

N° 108

Les pesées et les turlottes de plomb au Canada : Examen de leur utilisation et de leurs effets toxiques sur les espèces sauvages, par A.M. Scheuhammer, S.L. Money, D.A. Kirk et G. Donaldson. Also available in English.

N° de catalogue CW69-1/108F. Publ. en 2003.

N° 109

Habitats marins clés pour les oiseaux migrateurs au Nunavut et dans les Territoires du Nord-Ouest, par Mark L. Mallory et Alain J. Fontaine. Also available in English.

N° de catalogue CW69-1/109F. Publ. en 2004.

N° 110

Relevé de 1995 du Faucon pèlerin au Canada, sous la direction d'Ursula Banasch et de Geoff Holroyd. Also available in English.

N° de catalogue CW69-1/110F. Publ. en 2004.

N° 111

Carte de la couverture terrestre du Refuge d'oiseaux migrateurs du golfe Reine-Maud, Nunavut, par Andrew B. Didiuk et Robert S. Ferguson. Also available in English.

N° de cat. CW69-1/111F. Publ. en 2005.

N° 112

Relevés d'oies, de bernaches et de cygnes dans la région désignée des Inuvialuits, ouest de l'Arctique canadien, 1989-2001, sous la direction de James E. Hines et de Myra O. Wiebe Robertson. Also available in English.

N° de catalogue CW69-1/112F. Publ. en 2006.

N° 113

Répartition des Grands Hérons nicheurs et tendances démographiques au Québec, 1977-2001, par Jean-Luc DesGranges et Alain Desrosiers. Also available in English.

N° de catalogue CW69-1/113F. Publ. en 2006.

N° 114

Habitats terrestres clés pour les oiseaux migrateurs dans les Territoires du Nord-Ouest et au Nunavut, par J. Leger, J.E. Hines, M.L. Mallory, D.L. Mulders, H.G. Gilchrist, P.A. Smith, et D.L. Dickson. Première édition française. Also available in English.

N° de catalogue CW69-1/114F. Publ. en 2008.

N° 115

La productivité des Petites Oies des neiges sur l'île Banks (Territoires du Nord-Ouest), Canada, de 1995 à 1998, par Gustaf Samelius, Ray T. Alisauskas, James E. Hines. Also available in English.

N° de catalogue CW69-1/115F. Publ. en 2008.

N° 116

Distribution géographique d'une sélection de contaminants chez les Grands Hérons du système du fleuve Saint-Laurent, au Québec, de 1989-1994) par Jean Rodrigue, et Louise Champoux. Also available in English.

N° de catalogue CW69-1/116F. Publ. en 2009.

N° 117

Les oiseaux des îles Prince-Charles et Air Force, dans le bassin Foxe, au Nunavut, par Victoria H. Johnston, et Stephen T. Pepper. Also available in English.
N° de catalogue CW69-1/117F-PDF. Publ. en 2009.

N° 118

Effets de la population grandissante des Petites Oies des neiges (*Chen caerulescens caerulescens*) sur l'habitat de basses terres, les oiseaux de rivage nicheurs et les oiseaux chanteurs dans le Refuge d'oiseaux migrants no 1 de l'île Banks. Also available in English.
N° de catalogue CW69-1/118F-PDF. Publ. en 2010.

WWW.ec.gc.ca

Pour des renseignements supplémentaires :

Environnement Canada

Informathèque

10, rue Wellington, 23^e étage

Gatineau (Québec) K1A 0H3

Téléphone : 1-800-668-6767 (au Canada seulement) ou 819-997-2800

Télécopieur : 819-994-1412

ATS : 819-994-0736

Courriel : enviroinfo@ec.gc.ca