



Rapport 3 : Le suivi des communautés végétales en tourbière : Mesures proposées

Élaboration d'un programme de suivi de l'intégrité écologique
des tourbières de la réserve de parc national du Canada de
l'Archipel-de-Mingan



Pour Parcs Canada,

Réserve de parc national du Canada de l'Archipel-de-Mingan
(RPNCAM)

Jacinthe Letendre
Groupe de recherche en écologie des tourbières (GRET)
Université Laval

Décembre 2007 (version préfinale)

AVANT-PROPOS

Ce rapport constitue le dernier d'une série de trois, commandée auprès du Groupe de recherche en écologie des tourbières (GRET) de l'Université Laval. Cette série de rapports a pour objectif l'élaboration d'un programme de suivi de l'Intégrité écologique (IÉ) des communautés végétales des tourbières de la réserve de parc national du Canada de l'Archipel-de-Mingan (RPNCAM).

Les tourbières de la RPNCAM ont fait l'objet de multiples études de consultants depuis le début des années 1980. Le résumé des connaissances sur les tourbières de la RPNCAM a été présenté dans le Rapport 1. Le second rapport a continué le processus d'élaboration d'un programme de suivi pour les tourbières de la réserve de parc en présentant une revue de littérature des méthodes et des exemples de suivi de la végétation en tourbière au Canada et ailleurs. Le présent rapport a pour objectif de proposer des mesures pour le suivi des communautés végétales en tourbière dans la RPNCAM. Les méthodes présentées dans l'actuel rapport sont le résultat d'un processus de réflexion itératif mené avec l'équipe de la réserve de parc. Plusieurs communications téléphoniques nous ont permis d'éliminer certaines mesures jugées non pertinentes au programme de suivi de l'Agence Parcs Canada ou encore pour la géographie particulière de la RPNCAM. Le résultat de ces réflexions est présenté ici en deux chapitres : le premier expose la liste des mesures complètes issues des discussions avec l'équipe de la réserve de parc, alors que le second chapitre détaille les mesures pour lesquelles l'équipe a demandé plus de précisions.

Jacinthe Letendre
M. Sc., Biologie végétale, rédaction
Groupe de recherche en écologie des tourbières (GRET)
Centre d'études nordiques (CEN)
Étudiante, Université Laval

Line Rochefort
Biologiste - écologie des tourbières, Ph. D., révision
Groupe de recherche en écologie des tourbières (GRET)
Centre d'études nordiques (CEN)
International Mire Conservation Group
Professeure titulaire, Université Laval

Claire Boismenu
M. Sc. Biologie, révision linguistique
Groupe de recherche en écologie des tourbières (GRET)
Centre d'études nordiques (CEN)
Professionnelle de recherche, Université Laval

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	7
--------------------------	----------

CHAPITRE 1 : Mesures initialement proposées à l'équipe de la réserve de parc	9
---	----------

1.1 Mesures de biodiversité (diversité végétale).....	11
1.1.1 <i>Espèces rares et d'intérêt</i>	11
1.1.2 <i>Abondance relative des espèces</i>	12
1.2 Mesures de processus.....	13
1.2.1 <i>Phénologie</i>	13
1.2.2 <i>Développement des tourbières (ombrotrophisation)</i>	14
1.2.3 <i>Structuration des habitats</i>	15
1.2.4 <i>Production primaire / décomposition</i>	18
1.2.5 <i>Flux de carbone</i>	19
1.3 Mesures de stress	20
1.3.1 <i>Les changements climatiques</i>	20
1.3.2 <i>Les dépôts acides dans la RPNCAM</i>	22
1.3.3 <i>Le piétinement, les infrastructures et la cueillette des petits fruits</i>	24

CHAPITRE 2 : Développement des mesures sélectionnées par l'équipe de la réserve de parc	25
--	-----------

2.1 Espèces rares et d'intérêt	29
2.1.1 <i>Plantes vasculaires</i>	29
2.1.2 <i>Bryophytes</i>	35
2.2.1 <i>Justification</i>	40
2.2.2 <i>Planification d'échantillonnage</i>	42
2.2.3 <i>Mesures sur place</i>	48
2.2.4 <i>Ressources humaines et matérielles nécessaires</i>	50
2.2.5 <i>Cibles et seuils</i>	52
2.3 Structuration des habitats.....	53
2.3.1 <i>Justification</i>	53
2.3.2 <i>Planification d'échantillonnage</i>	55
2.3.3 <i>Mesures sur place</i>	61
2.3.4 <i>Ressources humaines et matérielles nécessaires</i>	62
2.2.5 <i>Cibles et seuils</i>	65

2.4 Les changements climatiques	67
2.4.1 Justification.....	67
2.4.2 Mesures	67
2.4.3 Planification d'échantillonnage.....	69
2.4.5 Cibles et seuils	70
2.5 Les dépôts acides	71
2.5.1 Justification.....	71
2.5.2 Mesures	71
2.5.3 Plan d'échantillonnage.....	72
2.5.4 Cibles et seuils	73
ANNEXE 1.....	75
ANNEXE 2.....	80
ANNEXE 3.....	80
ANNEXE 4.....	84
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	85

LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES

TABLEAU 1 : LISTE DES MESURES INITIALEMENT PROPOSÉES À L'ÉQUIPE DE PARC. LE TABLEAU DOIT ÊTRE LU VERTICALEMENT.	10
TABLEAU 2 : LISTE DES MESURES RETENUES. LE TABLEAU DOIT ÊTRE LU VERTICALEMENT.	25
TABLEAU 3 : LISTE DES 82 ESPÈCES VASCULAIRES RARES ET D'INTÉRÊT POUR LA RÉSERVE DE PARC	32
TABLEAU 4 : NOMBRE DE QUADRATS SELON LES DIVERS GROUPEMENTS VÉGÉTAUX SÉLECTIONNÉS	46
TABLEAU 5 : VARIABLES PHYSIQUES D'INTÉRÊT TEL QUE MESURÉES DANS L'ÉTUDE DU GROUPE DRYADE LTÉE (1986)	58
FIGURE 1 : SCHÉMATISATION DES QUADRATS DE VÉGÉTATION	49
FIGURE 2 : SCHÉMATISATION DES ZONES D'ÉCHANTILLONNAGE POTENTIELLES POUR LA MESURE DE STRUCTURATION DES BIOTOPES.....	60

INTRODUCTION

Les nombreuses plantes spécialistes qui ont su s'adapter aux conditions nutritives souvent pauvres des tourbières et plutôt anaérobiques de ces écosystèmes confèrent à ces derniers une biodiversité particulière. Ainsi, la végétation représente une composante majeure de la biodiversité des tourbières. À ce titre, le Groupe de recherche en écologie des tourbières (GRET) a eu pour mandat de proposer des mesures de suivi de l'intégrité écologique (IÉ) de la végétation des tourbières de la réserve de parc. Dans le cadre du programme de suivi de l'intégrité écologique de l'Agence Parcs Canada, les mesures de suivi d'un écosystème doivent comporter une mesure de biodiversité, une mesure de processus naturel et une mesure de stress. Dans ce contexte, nous avons proposé, pour chacune de ces catégories, diverses mesures qui influencent la végétation des tourbières ou encore résultent d'interactions avec cette dernière. Le lecteur trouvera ces mesures dans le chapitre 1.

Selon les indications fournies au début du mandat, les mesures proposées devraient réalistement être applicables à l'intérieur d'un budget maximal de 5 000\$/an, et cela pour l'ensemble des trois catégories de mesures (biodiversité, processus et stress). Idéalement, ces mesures devaient pouvoir être prises en charge par l'équipe de la réserve de parc en place (10 jours/personne/an). À la lumière de ces contraintes et à la suite des discussions avec l'équipe de la réserve de parc, cinq mesures ont été retenues pour lesquelles l'équipe était intéressée à obtenir plus de détails sur les méthodologies à utiliser. Le lecteur trouvera ces mesures et leur protocole dans le chapitre 2.

Le GRET avait d'abord pour mandat de développer des mesures de l'IÉ de la végétation. En effet, le développement de mesures ne s'intéressant qu'à la composante de la végétation pourrait être pertinent (voir notamment EPA, 2002a), car la végétation est le témoin des changements dans l'intégrité du milieu issus des processus et des stress. Toutefois, l'équipe de la réserve de parc a suggéré que les mesures proposées ne portent pas uniquement sur la végétation. Ainsi, les mesures développées s'intéressent parfois à

d'autres composantes (eau, atmosphère, etc.) permettant une mesure directe des variables liées aux processus et aux stress. L'effet de ces variables sur l'intégrité des communautés végétales devra néanmoins être interprété *a posteriori*. Afin de respecter les conditions du présent mandat, seuls les processus et les stress influencés par la végétation ou influençant celle-ci ont été retenus. Nous avons par ailleurs tenté de relier le plus possible les mesures portant sur la végétation à celles portant sur les autres composantes.

CHAPITRE 1 : Mesures initialement proposées à l'équipe de la réserve de parc

Le présent chapitre fait état des mesures proposées à l'équipe de la réserve de parc pour le suivi de l'intégrité écologique des tourbières (voir Tableau 1). Cette liste de mesures est le résultat d'une sélection effectuée graduellement, à la suite de divers échanges avec l'équipe de la réserve de parc, afin de retenir uniquement les mesures conformes au programme de suivi de l'IE de l'Agence Parcs Canada. Le chapitre 2 présentera les mesures pour lesquelles l'équipe de la réserve de parc désirait obtenir des détails supplémentaires sur la méthodologie.

Tableau 1 : Liste des mesures initialement proposées à l'équipe de parc. Le tableau doit être lu verticalement.

Biodiversité	Processus naturels	Stress
Espèces rares et d'intérêt Liste des espèces d'intérêt et suivi de certaines populations	Phénologie Notation des périodes de début/milieu de floraison; feuillaison	Changements climatiques Données climatiques et Indicateurs climatiques
Abondance relative des espèces Recouvrement des espèces (vasculaires, bryophytes et lichens)	Developpement des tourbières (ombrotrophication) Distribution et abondance des tourbières minérotrophes et ombrotrophes Qualité de l'eau (pH, cations, conductivité électrique) Structuration des habitats <i>Biotopes :</i> Profondeur de la nappe phréatique Cartographie et superficie de l'eau de surface <i>Physionomie :</i> Occupation de la strate arborescente Production primaire / décomposition Productivité primaire (plantes vasculaires et bryophytes) Décomposition Flux de carbone Flux de CO₂ et de CH₄	Dépôts acides Chimie des précipitations/dépôts humides Piétinement, infrastructures et cueillette des petits fruits Cartographie des sentiers et des infrastructures

1.1 Mesures de BIODIVERSITÉ (diversité végétale)

1.1.1 Espèces rares et d'intérêt

Mesure : Établissement d'une liste des espèces rares et d'intérêt en tourbière (plantes vasculaires et bryophytes) et suivi de certaines populations

Fondement écologique :

Les tourbières, tout spécialement les tourbières minérotrophes, participent grandement à la richesse quantitative de la flore vasculaire de la réserve de parc (Couillard *et al.*, 1983) et, quoiqu'avec une moindre ampleur, à la richesse de la flore des bryophytes (Belland et Schofield, 1990). Certaines espèces vasculaires d'intérêt s'y retrouvent et enrichissent la diversité de la flore de l'archipel, notamment deux taxons figurant sur la liste des espèces vasculaires susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables au Québec (*Carex hostiana* et *Amerorchis rotundifolia*). De plus, la flore des bryophytes de tourbière contient plusieurs espèces d'intérêt, au niveau régional, provincial, national ou mondial (Belland et Schofield, 1990; Belland, 1998; NatureServe, 22/03/2007).

Origine et tendance de changements potentiels:

Certaines populations d'espèces d'intérêt peuvent être détruites à la suite du piétinement ou de l'installation d'infrastructures. Également, par rapport à leur aire de répartition géographique, l'abondance relative de certaines espèces d'intérêt peut diminuer en réponse aux changements climatiques. La migration des aires de répartition géographiques en altitude et vers les pôles est reconnue comme un effet fort probable des changements climatiques (GIEC, 2001; Parmesan et Yohe, 2003). Néanmoins, peu de plantes de tourbière sont limitées dans leur répartition par des contraintes climatiques (Charman, 2002). Il demeure que la répartition de certaines espèces de bryophytes est limitée à des intervalles assez restrictifs de températures et d'humidité et que certaines personnes voient là un intérêt pour le suivi des effets des changements climatiques (Gignac, 2001).

1.1.2 Abondance relative des espèces

Mesure : Recouvrement des espèces végétales dans des quadrats permanents

Fondement écologique :

La mesure de la diversité végétale et de l'abondance relative des espèces (dans un but d'interprétation des changements) est une mesure directe de la biodiversité. La richesse, en termes de nombre d'espèces, croît tout au long du gradient tourbière ombrotrophe/minérotrophe pauvre/minérotrophe riche (Rydin et Jeglum, 2006). Les tourbières minérotrophes riches de la réserve de parc recèlent en effet une grande quantité d'espèces (Couillard *et al.*, 1983). En général, la richesse quantitative des tourbières ombrotrophes est principalement redevable aux bryophytes tandis que celle des tourbières minérotrophes l'est aux herbacées (Warner et Asada, 2006), quoique nous jugeons que ces affirmations peuvent être nuancées.

Origine et tendance de changements potentiels :

De prime abord, peu d'études se sont intéressées à effectuer des mesures d'abondance relative des espèces végétales en tourbière en raison du défi que représente pour plusieurs l'identification des espèces de ce milieu ainsi que de la réputée très lente évolution de la végétation dans ces milieux (voir Rapport 2). Le changement de cause naturelle le plus évident dans la végétation des tourbières est celui apporté par le développement de l'écosystème (voir section 1.2.2) qui s'effectue pendant des milliers d'années. Dans ce contexte, il semblerait peu réaliste de proposer à une réserve de parc national d'orienter son suivi sur une mesure témoignant de cette évolution. Néanmoins, des travaux récents, qui ont porté sur des mesures d'abondance relative des espèces sur des sites initialement relativement intacts, ont détecté des changements pour certaines espèces à l'échelle de quelques décennies (40 à 50 ans) que les auteurs ont liés à l'évolution naturelle ou à des stress. En effet, ces derniers ont noté des hausses et des baisses dans la fréquence des espèces affectant l'abondance relative de près de 50 % d'entre elles qu'ils ont pu associer, chez les différents sites, à l'évolution naturelle de la tourbière amenant une acidification du milieu. Cette acidification aurait été amplifiée par les dépôts atmosphériques ou serait directement liée à des stress, tel que l'assèchement de la surface,

l'acidification et l'augmentation de la disponibilité en azote (Gunnarsson *et al.*, 2000; Gunnarsson *et al.*, 2002).

Il serait fastidieux de présenter ici tous les changements possibles dans l'abondance de chacune des espèces en réponse à chaque stress. En ce qui concerne les changements climatiques, notons tout de même que Gignac (2001) a proposé une séquence de modifications dans l'abondance relative des bryophytes d'une tourbière minérotrophe riche en réponse à un éventuel changement climatique se traduisant par un assèchement de la surface. Certaines espèces présentes dans les tourbières de la réserve de parc (ex. *Scorpidium scorpioides*, *Tomenthypnum nitens*, *Sphagnum warnstorffii*, etc.) se trouvaient parmi les taxons qu'il a étudiés.

1.2 Mesures de PROCESSUS

1.2.1 Phénologie

Mesure : Notation des périodes de début/milieu de floraison et de feuillaison

Fondement écologique :

La phénologie étudie les stades de développement des plantes, en particulier des phénomènes périodiques tels le débourrage, la floraison ou l'entrée en dormance en lien avec les facteurs du milieu, en particulier le climat.

Origine et tendance de changements potentiels :

La floraison, tout spécialement celle des espèces à floraison printanière, aurait été devancée chez plusieurs espèces à l'échelle du globe et au Québec à la suite de la tendance du réchauffement climatique connue depuis quelques décennies (ex. Parmesan et Yohe, 2003; Lavoie et Lachance, 2006). Le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) reconnaît la précocité de la floraison comme un indicateur biologique des changements climatiques observés au cours du XX^e siècle (Gitay *et al.*, 2002). Dans un contexte de suivi des changements climatiques, les espèces

priorisées devraient idéalement fleurir chaque printemps, principalement en réaction aux hausses de température (Environnement Canada, RESE, 15/03/2007).

1.2.2 Développement des tourbières (ombrotrophisation)

Mesure : Distribution et abondance relative des tourbières minérotrophes et ombrotrophes (sur la base des groupements végétaux); Qualité de l'eau (pH, conductivité électrique, cations)

Fondement écologique :

Le développement des tourbières est sans contredit la source de changements autogènes la plus commune et structurante pour cet écosystème (Charman, 2002) et celui-ci sous-tend des changements importants dans les communautés végétales en place. Quoique le stade final de ce développement soit l'objet de dissensions entre les études et varie selon les régions, les scénarios s'entendent à reconnaître le passage d'un milieu minérotrophe vers un milieu ombrotrophe comme faisant partie intégrante du modèle général d'évolution des tourbières (par ex. Glaser et Janssens, 1986; Payette, 2001; Charman, 2002; Rydin et Jeglum, 2006). Ainsi, sans que le programme de suivi mis en place n'ait à prendre en compte les divers scénarios pour le stade final d'évolution des tourbières (boisé, uniforme, à mares), il est possible qu'il intègre des mesures propres à la portion de développement du milieu minérotrophe vers un milieu ombrotrophe.

La vitesse de développement (ombrotrophication) d'un écosystème de tourbière respecte un ordre de grandeur de milliers d'années. Afin de pouvoir caractériser le développement des tourbières de la RPNCAM par rapport à leur évolution depuis la dernière glaciation, la substitution temps/espace est une option intéressante. En effet, Couillard *et al.* (1983) ont déjà noté une relation probable entre l'âge des tourbières sur les îles, inféré de l'altitude des îles et donc de leur période d'émergence, et leur caractère minérotrophe et ombrotrophe.

Il serait également possible de faire le suivi de changements tangibles du développement des tourbières en sélectionnant une unique portion de la séquence. Le passage d'un milieu minérotrophe vers un milieu ombrotrophe s'observe par une diminution du pH, de la

conductivité électrique et de la concentration des cations (Ca^{2+} , Mg^{2+}), qui en retour influencent la distribution de la végétation (Campbell et Rochefort, 2001; Rydin et Jeglum, 2006). Or, certaines tourbières minérotrophes pauvres sont dites de « transition », car elles ont des propriétés physicochimiques qui les placent dans une position intermédiaire entre les tourbières minérotrophes riches et les tourbières ombrotrophes. Leurs propriétés physicochimiques sont appelées à changer relativement rapidement parce qu'elles se situent dans une zone instable.

Origine et tendance des changements potentiels :

Il est proposé que le climat puisse influencer la vitesse et le moment des stades de transition dans le développement des tourbières (Charman, 2002). Il n'est toutefois pas uniformément reconnu que le climat puisse renverser les stades de cette évolution (Charman, 2002; Rydin et Jeglum, 2006). Certains facteurs locaux peuvent néanmoins le faire, tels que les feux, le broutement, la paissance, les perturbations anthropiques ou les inondations (Rydin et Jeglum, 2006). Les facteurs entraînant des modifications dans l'hydrologie de la tourbière sont tout spécialement responsables du renversement des stades de développement (Charman, 2002).

1.2.3 Structuration des habitats

Mesures : Profondeur de la nappe phréatique, cartographie de l'eau en surface (caractérisation des biotopes) et occupation du couvert arborescent (physionomie).

Fondement écologique :

Le niveau de la nappe phréatique en tourbière ne suit pas la topographie de surface, créant des habitats caractérisés par des conditions hydriques différentes que l'on nomme « biotopes ». La végétation des tourbières répond fortement à ce gradient hydrique (Couillard et Grondin, 1986; Campbell et Rochefort, 2001). Selon le système de classification des milieux humides du Québec, les biotopes ont une aire minimale variant entre 0,25 et 4 hectares (Buteau *et al.*, 1994). Les différents biotopes sont : la mare, le tapis, la dépression, la lanière, la platière, la butte, la palse, le plateau, le plateau palsique et le lagg (Couillard et Grondin, 1986). L'observation des biotopes se fait principalement

au sol, bien que les vols à faible altitude (500 m) permettent la photo-interprétation de certains d'entre eux, grâce à leur grande taille ou à des caractéristiques particulières (Couillard et Grondin, 1986). La topographie de surface permet de caractériser les biotopes. Par ailleurs, la mesure de la profondeur de la nappe phréatique fournit une indication sur la structuration des biotopes et ainsi sur les stades de croissance de la végétation. L'eau de surface permet d'identifier les biotopes où l'eau affleure au-dessus du sol (par ex., mares).

L'évaluation du niveau de la nappe phréatique est l'une des mesures de la quantité d'eau en tourbière (Rydin et Jeglum, 2006). Nous ne nous intéressons pas ici à la mesure de la nappe phréatique comme participant au bilan hydrologique d'un site mais bien comme une mesure définissant le processus liant la composante de l'eau à celle de la végétation. En effet, tel qu'illustré ci-haut, la profondeur de la nappe phréatique est un bon indicateur des sites de croissance pour la végétation. Les lecteurs intéressés au suivi de la profondeur de la nappe phréatique dans la perspective de caractériser l'hydrologie d'une tourbière devraient s'adresser à des spécialistes en hydrologie (par ex., S. Jutras, INRS; J. Price, U. Waterloo).

Par ailleurs, en tourbière, la structure de la végétation est intimement liée aux conditions hydriques. La dominance du couvert arborescent, par exemple, peut être associée à un stade, final ou non, de l'évolution naturelle de la tourbière (Glaser et Janssens, 1986; Charman, 2002; Rydin et Jeglum, 2006). Toutefois, lorsque l'accroissement du couvert boisé se produit simultanément dans plusieurs tourbières présentant des âges différents, il témoigne davantage d'un changement naturel régional ou d'un stress. L'étude de l'évolution (1948 à 1995) de 16 tourbières ombrotrophes du sud du Québec a conclu sur un accroissement du couvert arborescent de l'ordre de 22,5 à 56,5% associé aux activités anthropiques de drainage, aux feux et à un épisode sec du climat (Pellerin et Lavoie, 2003). L'accroissement du couvert arborescent dans les tourbières ombrotrophes du Bas-Saint-Laurent a occasionné une diminution de la richesse des espèces ombrotrophes (Lachance *et al.*, 2005).

Origine et tendance de changements potentiels :

Parmi les stress pouvant entraîner des perturbations hydrologiques du milieu, on propose, à grande échelle, les changements climatiques pouvant modifier l'évapotranspiration et le régime des précipitations ou encore, à une échelle locale, les activités entraînant un drainage telles que la foresterie, l'agriculture ou l'exploitation de la tourbe (Gorham, 1991; Gignac et Vitt, 1994; Price, 2001). On pourrait également penser à la mise en place de certaines infrastructures.

Plusieurs s'intéressent aux multiples effets, entre autres sur le cycle du carbone, des modifications de la nappe phréatique en réponse aux changements climatiques. Toutefois, l'impact des changements climatiques sur le régime hydrique demeure incertain et la réponse des flux de carbone l'est tout autant. Par ailleurs, s'il advenait que les changements climatiques affectent les niveaux d'eau en tourbière, la réponse ne serait pas nécessairement perceptible par une mesure de la profondeur de la nappe phréatique par rapport à la surface. En effet, un abaissement de la nappe phréatique, par exemple, peut entraîner un changement dans le volume de tourbe (subsidence), qui en retour affecte le stockage des eaux ou les processus d'écoulement (Whittington et Price, 2006). La mesure de la nappe phréatique par rapport à la surface pourrait quant à elle demeurer inchangée. Ainsi, l'ensemble de la réponse hydrologique du milieu et des propriétés physiques de la tourbe devrait être évalués dans un contexte de suivi s'intéressant à l'effet des changements climatiques.

Certains auteurs s'interrogent également sur la dynamique des strates de végétation en tourbière en réponse à un éventuel changement climatique. L'accroissement du couvert arborescent, par exemple à la suite d'un drainage, pourrait être envisagé si les changements climatiques se matérialisent en un assèchement du milieu (Gignac et Vitt, 1994). Certains scientifiques soulignent également la grande sensibilité des bryophytes (strate muscinale) aux conditions d'humidité et ainsi potentiellement aux changements climatiques (Gignac, 2001). D'autres chercheurs ont observé une expansion pan-Arctique de la strate arbustive, dans les toundras, qu'ils ont attribuée aux changements récents dans le régime climatique (Sturm *et al.*, 2001; Tape *et al.*, 2006).

1.2.4 Production primaire / décomposition

Mesure : Productivité primaire (plantes vasculaires et bryophytes); Décomposition

Fondement écologique :

Les tourbières se définissent notamment par la présence d'un dépôt de tourbe (Payette, 2001; Charman, 2002). L'accumulation graduelle de ce dépôt résulte de la dominance de la production primaire sur la décomposition, cette dernière étant lente et due notamment aux conditions généralement froides et très humides rencontrées sous la surface des tourbières (Froking *et al.*, 1998; Moore et Basiliko, 2006; Rydin et Jeglum, 2006).

La productivité primaire (production primaire pour une unité de surface et de temps) varie en fonction des espèces et la contribution relative de chaque groupe taxonomique à la productivité totale varie en fonction du type de tourbière. En bref, en ce qui a trait à la biomasse aérienne des plantes vasculaires, ce sont les arbustes qui dominent la productivité des tourbières ombrotrophes, alors que ce sont les herbacées et les plantes graminoides qui dominent celle des tourbières minérotrophes, encore que les bryophytes apportent également une part substantielle de la productivité du milieu tourbeux (Rydin et Jeglum, 2006). La décomposition est régie essentiellement par les différents facteurs affectant l'activité des microorganismes, soit l'aération (liée à la profondeur de la nappe phréatique), la qualité du substrat, le pH ou la température (Rydin et Jeglum, 2006).

Origine et tendance de changements potentiels :

La production primaire peut être influencée entre autres par les conditions hydriques ou le taux de nutriments (Rydin et Jeglum, 2006), donc par les stress de pluies acides, de drainage ou potentiellement de changements climatiques. Les changements climatiques apportant une hausse de la concentration de CO₂ dans l'air, des températures et de la durée de la saison de croissance, pourraient avoir pour effet d'augmenter la production primaire nette (Moore, 2001). Néanmoins, le taux de décomposition pourrait également s'accroître en réponse aux changements climatiques si ces derniers occasionnaient un abaissement de la nappe phréatique ainsi qu'une augmentation de la température du sol (Moore, 2001); il s'agit ici toutefois d'un scénario simplifié. Le taux de décomposition

pourrait également croître en réponse à l'apport en azote des pluies acides (Aerts *et al.*, 2002) par une augmentation de l'activité microbienne.

1.2.5 Flux de carbone

Mesure : Flux de dioxyde de carbone (CO₂) et de méthane (CH₄)

Fondement écologique :

Les tourbières tiennent un rôle clé dans le cycle du carbone, du gaz carbonique et du méthane à l'échelle du globe (Moore, 2001). En effet, l'accumulation des dépôts de matière organique au sein des tourbières témoigne de leur capacité à accumuler une réserve de carbone que l'on estime au tiers du carbone contenu dans les sols terrestres (Gorham, 1991). Le bilan de carbone des tourbières est intimement lié au résultat des processus de production et de décomposition. En retour, le cycle biogéochimique du carbone est important pour la structure et le fonctionnement des tourbières (Moore, 2001). Les flux de CO₂ et de CH₄ ainsi que le carbone organique dissous (COD) sont en quelque sorte les témoins des processus en cours dans le cycle du carbone d'une tourbière. Les tourbières naturelles non perturbées du Canada séquestrent généralement, sur un bilan annuel, plus de CO₂ qu'elles n'en rejettent mais représentent à la fois d'importantes sources d'émissions de CH₄ (Roulet, 2000).

Origine et tendance de changements potentiels :

Les cycles du CO₂ et du CH₄ en tourbière sont tout particulièrement sujets à des changements en réponse à des perturbations des conditions hydriques. Un drainage aura pour effet d'augmenter les émissions de CO₂ tout en réduisant celles de CH₄, lequel est, par ailleurs, un gaz à effet de serre beaucoup plus puissant que le CO₂ (Silvola *et al.*, 1996; Moore *et al.*, 1998; Moore, 2001). D'autre part, une inondation aura pour effet d'augmenter les émissions de CH₄, et probablement celles de CO₂, par l'accélération du taux de décomposition de la tourbe et de la végétation submergée en réponse à une température et une disponibilité en nutriments plus grandes (Moore, 2001). En ce qui a trait aux changements climatiques, les bouleversements dans les flux de CO₂ et de CH₄ sont qualifiés de majeurs mais imprévisibles (Gorham, 1991; Moore *et al.*, 1998) car les

perturbations des régimes de températures et de précipitations peuvent apporter des effets sur la capacité de photosynthèse des plantes et sur la décomposition, se compensant potentiellement les uns les autres.

1.3 Mesures de STRESS

À cause de l'évolution naturelle lente et continue de la végétation des tourbières, les stress (facteurs de transformation anthropiques) qui pourraient potentiellement agir sur les tourbières de la réserve de parc national de l'Archipel-de-Mingan sont probablement les facteurs principaux de changements mesurables dans la végétation pour un horizon de temps de quelques décennies. Les stress potentiels étudiés dans le présent chapitre sont les changements climatiques, les pluies acides et le piétinement/infrastructures/cueillette des petits fruits.

1.3.1 Les changements climatiques

Mesures : Données météorologiques et indicateurs climatiques

Tendance au Québec et effet sur les tourbières

Le XX^e siècle a été marqué par une hausse des températures pour l'ensemble de l'hémisphère Nord de l'ordre de 0,1 à 0,2 °C par décennie (Jones *et al.*, 2001, dans Bégin, 2006). Au Québec méridional (<51° parallèle), le réchauffement maximal connu dans la région de Montréal s'atténue vers le nord-est (Bégin, 2006; Yagouti *et al.*, 2006). Ainsi, le réchauffement diminue vers l'est jusqu'à être quasiment nul dans la région de la Côte-Nord où se localise la réserve de parc de l'Archipel-de-Mingan (Yagouti *et al.*, 2006). En effet, la hausse des températures annuelles moyennes de 1960 à 2003 dans le secteur où se trouve la réserve de parc suit une tendance de l'ordre de 0 à 0,25 °C (MDDEP, 11/01/2007; Yagouti *et al.*, 2006).

Le réchauffement climatique dans la province aura pour impact de tracer d'importants contrastes régionaux. On s'attend à ce que les températures augmentent pour l'ensemble de la province (de 1 à 6 °C), mais tout particulièrement dans le Nord, et également à ce que les précipitations demeurent stables ou diminuent légèrement dans le Sud alors qu'elles augmenteraient dans le Nord (Environnement Canada, 11/01/2007). Ces distinctions régionales sont également bien incarnées dans le régime climatique à travers les saisons : le Nord connaîtra des hivers neigeux et des étés secs alors que la situation s'inversera pour la vallée du Saint-Laurent (Bégin, 2006). Des études ont d'ailleurs déjà démontré à l'aide des variations des niveaux lacustres que les régions nordiques du Québec ont bénéficié davantage d'eau au XX^e siècle qu'au cours du XIX^e siècle, et ce, à la suite de la hausse des précipitations neigeuses (Bégin, 2001; Bégin, 2006). Il est possible de formuler l'hypothèse que l'augmentation de l'apport en eau aurait vraisemblablement eut un impact sur les tourbières minérotrophes du Haut-Boréal (voir les travaux de doctorat en cours de Yann Adrien-Pouliot, sous la direction du Dr Serge Payette, dép. de biologie, U. Laval), notamment en agrandissant les superficies propres aux mares ou en diminuant le couvert arborescent.

Il est difficile de prédire de quelle manière se feront ressentir les effets des changements climatiques dans les tourbières nordiques et méridionales du Québec. L'établissement et le développement subséquent des tourbières reposent à la fois sur des facteurs autogènes et allogènes dont le climat est un important représentant. En fait, l'équilibre dans les conditions d'humidité relevant du climat est un facteur clé de l'évolution de cet écosystème (Charman, 2002). Plusieurs reconnaissent en effet que les modifications les plus vraisemblables et structurantes pour les tourbières en réponse aux changements climatiques se produiront probablement au niveau de l'hydrologie (Gorham, 1991; Gignac et Vitt, 1994; Charman, 2002). Par ailleurs, les modifications des précipitations et de la température hivernales auraient des effets vraisemblablement moins significatifs que de légers changements dans les conditions estivales pour plusieurs tourbières qui connaissent un excédant d'eau au cours de l'année mais une carence en été (Charman, 2002). En bref, l'équilibre entre les entrées et les sorties d'eau dans le contexte des changements climatiques sera vraisemblablement variable régionalement de même qu'à

travers les saisons, rendant complexe l'établissement de scénarios spécifiques aux tourbières de la RPNCAM. En effet, dans la région de la RPNCAM, le réchauffement de la température de l'air entre 1960 et 2003 a été peu marqué (Yagouti *et al.*, 2006) et la Côte-Nord du Québec (station de Natashquan) ne semble pas avoir connu la hausse significative des précipitations neigeuses observée dans l'ensemble du nord du Canada au cours de la deuxième moitié du XX^e siècle (Vincent et Mekis, 2006).

1.3.2 Les dépôts acides dans la RPNCAM

Mesure : Chimie des précipitations/dépôts humides

Tendance au Québec et effet sur les tourbières

Les dépôts acides résultent des réactions entre le dioxyde de soufre (SO₂), les oxydes d'azote (NO_x) et l'eau ayant cours dans l'atmosphère. Le nord du Québec est situé loin des principales sources d'émissions américaines et canadiennes de SO₂ et de NO_x. Or, il est maintenant établi que les dépôts acides au sol sont liés à ces sources d'émission de gaz acides. Les dépôts acidifiant sont mesurés sous leurs formes humide et sèche (et de même pour les dépôts totaux).

Au Canada, la principale unité des différents réseaux de mesure des dépôts acides est le *Réseau canadien d'échantillonnage des précipitations et de l'air* (RCEPA). Une des stations de surveillance de ce réseau est située à Mingan.

Les précipitations acides constituent une source de pollution éloignée pour la réserve de parc. Nous pouvons par ailleurs spécifier ici que dans un document présentant les sources locales de pollution atmosphérique pour les divers parcs nationaux du Canada, il a été déterminé qu'il n'existait aucune source locale de pollution atmosphérique significative pour la RPNCAM (Parcs Canada, 2005).

Tel que présenté dans le Rapport 2, les dépôts acides peuvent avoir un impact de deux ordres sur la végétation de tourbière, soit en agissant sur le pH, soit en affectant le bilan des éléments nutritifs. Les tourbières ombrotrophes sont des milieux naturellement acides dont plusieurs sources d'acidification sont autogènes (Clymo, 1984). Ainsi, pour une tourbière ombrotrophe connaissant une baisse de pH, il est difficile de déterminer la part qui est de cause naturelle de celle qui est causée par la pollution (Charman, 2002). Par exemple, un abaissement du pH de 0,7 à 0,8 points a été observé dans une étude pour laquelle les auteurs ont néanmoins conclu que les tourbières ombrotrophes sont vraisemblablement beaucoup moins sensibles à un abaissement de pH causé par les dépôts acides que les écosystèmes environnants (Proctor et Maltby, 1998). Cette dernière affirmation peut porter à discussion. Quant à l'effet des dépôts acides sur la captation respective des éléments nutritifs par les divers organismes, on doit introduire la notion de « dépôts d'azote » qui font partie des apports inclus sous le thème « dépôts acides » sans avoir un lien nécessairement direct avec l'acidité. L'effet des dépôts azotés sur les tourbières ombrotrophes est relativement bien documenté. Les études des dernières années se sont surtout intéressées aux tourbières ombrotrophes puisque la végétation de ces dernières se nourrit essentiellement des précipitations, ce qui augmente leur vulnérabilité face aux dépôts atmosphériques d'azote. L'effet des dépôts atmosphériques d'azote sur les tourbières peut être très important. Il semble inscrire une rupture entre les sphaignes et les plantes vasculaires, tout en étant relatif à la concentration et la durée des dépôts (Rocheffort *et al.*, 1990; Woodin et Lee, 1987; Berendse *et al.*, 2001; Limpens *et al.*, 2003).

En résumé, les dépôts acides peuvent modifier la composition floristique d'un site par une modification du pH ou encore dans la captation respective des nutriments.

1.3.3 Le piétinement, les infrastructures et la cueillette des petits fruits

Mesures : Cartographie des sentiers et des infrastructures (photographies aériennes noir et blanc)

Problématique pour la RPNCAM et effet sur les tourbières

La cueillette des petits fruits peut occasionner un piétinement pour accéder aux plants mais ne comporte pas de menace réelle pour la survie de ces derniers (G. Théroux-Rancourt, U. Laval, comm. pers., 2007). Par ailleurs, depuis sa création en 1984, peu d'infrastructures ont été installées sur les îles de la réserve de parc.

En 1988, la firme de consultants SOGEAM proposa un protocole de suivi de l'impact des visiteurs sur les milieux écologiques de la RPNCAM (Gratton *et al.*, 1989; FORAMEC, 1992). La firme a orienté son suivi sur les milieux secs et installa une majorité de stations de mesure dans une végétation de lande. À la suite d'une campagne de terrain effectuée aux cours des étés de 1988, 1989 et 1991, les consultants ont conclu que, malgré certaines difficultés à distinguer une tendance significative, il n'y avait eu aucune modification liée au piétinement hors des sentiers pour la majorité des lieux d'échantillonnage.

Étant donné que l'essentiel de l'impact des visiteurs sur la végétation en milieu ouvert semble se limiter aux sentiers, la cartographie des sentiers et des infrastructures représentent une mesure pertinente. Les sentiers occasionnent un effet de compaction nuisible et important sur la végétation des tourbières ombrotrophes. En effet, il a été démontré que 40 passages de véhicules tout-terrain sont suffisants pour détruire la totalité du couvert végétal (Ross, 1991).

CHAPITRE 2 : Développement des mesures sélectionnées par l'équipe de la réserve de parc

Ce chapitre présente les mesures (voir Tableau 2) pour lesquelles l'équipe de la réserve de parc désirent obtenir des détails supplémentaires sur la méthodologie.

Tableau 2 : Liste des mesures retenues. Le tableau doit être lu verticalement.

Biodiversité	Processus naturels	Stress
Espèces rares et d'intérêt	Phénologie	Changements climatiques
Liste des espèces d'intérêt et suivi de certaines populations	Notation des périodes de début/milieu de floraison; feuillaison	Données climatiques et Indicateurs climatiques
Abondance relative des espèces	Developpement des tourbières (ombrotrophication)	Dépôts acides
Recouvrement des espèces (vasculaires, bryophytes et lichens)	Distribution et abondance des tourbières minérotrophes et ombrotrophes	Chimie des précipitations/dépôts humides
	Qualité de l'eau (pH, cations, conductivité électrique)	Piétinement, infrastructures et cueillette des petits fruits
	Structuration des habitats	Cartographie des sentiers et des infrastructures
	<i>Biotopes :</i>	
	Profondeur de la nappe phréatique	
	Cartographie et superficie de l'eau de surface	
	<i>Physionomie :</i>	
	Occupation de la strate arborescente	
	Production primaire / décomposition	
	Productivité primaire (plantes vasculaires et bryophytes)	
	Décomposition	
	Flux de carbone	
	Flux de CO ₂ et de CH ₄	

 : Mesure à développer

À la suite des discussions avec l'équipe de la réserve de parc, les mesures suivantes n'ont pas été retenues :

Phénologie

Cette mesure constitue une mesure de processus fortement recommandée par le GRET. Il s'agit d'une méthode permettant tout à la fois de faire le suivi de certaines espèces végétales tout en constituant une mesure faisant le lien entre un potentiel réchauffement climatique et la végétation. Toutefois un suivi de la phénologie pour plusieurs espèces d'autres milieux/habitats est actuellement en cours dans RPNCAM. Il ne semblait donc pas pertinent de prime abord à l'équipe de la réserve de parc d'ajouter des espèces supplémentaires.

Tel que mentionné précédemment, dans un contexte de suivi des changements climatiques, les espèces priorisées devraient idéalement fleurir chaque printemps, principalement en réaction aux hausses de température (Environnement Canada, RESE, 15/03/2007). Il faut tout de même noter que parmi les espèces choisies par le réseau Opération floraison¹ et spécifiques au Québec figurent trois espèces associées aux tourbières, certaines très communes, de la réserve de parc, soit :

Rhododendron groenlandicum

Larix laricina

Amélanchier sp.

Précisons que l'*Amelanchier fernaldii* est un taxon rare ou d'intérêt selon la liste établie pour la réserve de parc.

Développement des tourbières (ombrotrophication)

Cette mesure intéressante va au-delà des objectifs du programme de suivi. Elle s'adresse davantage à des chercheurs universitaires.

¹ Opération floraison est une entreprise menée conjointement par la Fédération canadienne de la nature et le Bureau de la coordination du Réseau d'évaluation et de surveillance écologique d'Environnement Canada

Production primaire / Décomposition

Il s'agit de mesures d'un intérêt particulier en tourbière. Elles sont toutefois complexes à exécuter. Par exemple, la mesure de la production primaire des plantes vasculaires est acquise à l'aide de la biomasse; généralement les études se limitent à la biomasse aérienne (par ex., Thormann & Bayley, 1997; Moore *et al.*, 2002). Pour les mousses, la production primaire est évaluée à partir de la biomasse mais également à l'aide de la croissance. La croissance des mousses peut être évaluée à l'aide de marqueurs naturels (espèces spécifiques de mousses), à l'aide de marques sur les individus ou encore, spécifiquement pour les sphaignes, à l'aide d'une technique nommée « tige coudée² » (Clymo, 1970; Rochefort *et al.*, 1990). La décomposition, pour sa part, se mesure communément en tourbière à l'aide de « sacs de décomposition » (petits sacs carrés formés de grillage de nylon, d'une taille d'environ 5 ou 6 cm de côté, emplis de matériel végétal; voir Clymo, 1965).

Par ailleurs, le rapport production primaire/décomposition est fortement lié à la variabilité du type de végétation, de la biomasse microbienne et des conditions physiques d'un site (conditions hydriques, température, etc.). Ainsi, devant la grande diversité de groupements végétaux et de types de tourbières présents dans la réserve de parc, ce type de mesures exigerait un plan d'échantillonnage beaucoup trop intensif. Pour une bonne synthèse des mesures de production primaire et décomposition en tourbière, consulter Pouliot (2006).

Flux de carbone

Les mesures de flux de dioxyde de carbone (CO₂) et de méthane (CH₄) constitueraient probablement les meilleurs indicateurs des changements climatiques en tourbière (nous entendons ici pour l'ensemble de la tourbière et non uniquement pour la végétation).

² Les tiges coudées sont de minces tiges dont une courte section au centre est horizontale ce qui permet de fixer la tige aux mousses en croissance. La croissance verticale des mousses est évaluée en déposant une éprouvette graduée renversée sur les tiges.

Néanmoins, que les mesures soient effectuées à l'aide de chambres de mesure ou encore de tours météorologiques, elles occasionneraient des coûts allant certainement bien au-delà des 5 000\$ par an prévus par l'équipe de la réserve de parc car elles exigent un matériel technique de pointe. De plus, l'interprétation de quelconques changements dans les flux de carbone en tourbière exigerait que les données soient prises pendant plusieurs années pour en dégager les tendances. En effet, les flux de carbone en tourbière répondent grandement aux conditions météorologiques (température de l'air et du sol, humidité, radiation photosynthétiquement active) et ils doivent être mesurés sous une large gamme de conditions (Shurpali *et al.*, 1995; Frokling *et al.*, 1998; Bubier *et al.*, 2003a; Bubier *et al.*, 2003b). La mise en place d'un réseau de suivi des flux de carbone à grande échelle, en continu, et simultanément pour plusieurs tourbières, exige un soutien technique et une expertise importants (voir les travaux du réseau *FluxNet Canada*).

Piétinement, infrastructure et cueillette des petits fruits

Ce stress n'est pas identifié comme une menace importante pour les tourbières de la RPNCAM.

Le chapitre 2 présente donc le détail des protocoles des mesures sélectionnées :

2.1 Espèces rares et d'intérêt

Mesure : Établissement d'une liste des espèces rares et d'intérêt en tourbière (plantes vasculaires et bryophytes) et suivi de certaines populations

Après avoir vérifié les fondements écologiques justifiant la mise en place d'une mesure de la dynamique des populations d'espèces rares et d'intérêt exposés au chapitre 1, l'équipe de la réserve de parc s'est montrée intéressée à obtenir le plan d'échantillonnage d'une telle mesure. Néanmoins, pour les plantes vasculaires, l'équipe de la réserve de parc dispose déjà d'une liste d'espèces rares et d'intérêt de qualité rédigée par madame Nancy Dénommée, garde de parc à la RPNCAM. Nous avons effectué certaines vérifications dans les diverses études de consultants, auprès du CDPNQ et de certains botanistes experts sans noter d'informations pertinentes à ajouter à cette liste. Pour les bryophytes par ailleurs, nous pouvons fournir certaines indications à l'équipe de la réserve de parc, quoiqu'il faut noter que l'identification des espèces rares du Québec est en cours. Notre démarche est donc trop hâtive pour fournir des indications précises.

2.1.1 Plantes vasculaires

Justification

La flore vasculaire de la réserve de parc national de l'Archipel-de-Mingan est riche et une grande part de cette richesse quantitative est redevable à l'habitat de la tourbière minérotrophe.

Liste des espèces

Une liste de 82 espèces de plantes vasculaires d'intérêt pour la réserve de parc a été rédigée par madame Nancy Dénommée, garde de parc à la RPNCAM (Tableau 3). Cette liste correspond en partie à celle établie par Del Degan, Massé et Associés inc. (2004). Parmi ces espèces, madame Dénommée nous a indiqué celles retenues comme étant associées à l'habitat de la tourbière de la réserve de parc :

Amelanchier fernaldii
Amerorchis rotundifolia
Cardamine pratensis ssp. *pratensis*
Carex echinata
Carex hostiana
Cladium mariscoides
Dryopteris cristata
Epilobium strictum
Equisetum variegatum
Listera convallarioides
Parnassia glauca
Polystichum braunii
Prenanthes altissima
Salix X cryptodonta
Schizachne purpurascens
Senecio aureus
Sparganium hyperboreum
Sparganium natans
Viola cucullata

Nous aimerions néanmoins spécifier qu'une autre espèce de tourbière, *Schoenoplectus tabernaemontani*³, forme des colonies au fond des mares peu profondes de tourbière minérotrophe à deux endroits de l'île à la Chasse (Grondin *et al.* 1980; Groupe Dryade ltée, 1986b) et est possiblement présente sur l'île Niapiskau (Groupe Dryade ltée, 1986b). L'observation de cette espèce en tourbière minérotrophe avait surpris les auteurs de l'étude plus habitués à sa présence dans les marais (L. Couillard, MDDEP, comm. pers.

³ Il est à noter que l'étude de Grondin *et al.* (1980) fait état de la présence de *Scirpus validus* dans une tourbière de l'île à la Chasse. Grondin *et al.* (1983) mentionnent plutôt la présence de *Scirpus lacustris* ssp. *glaucus*. En dernier lieu, l'étude du Groupe Dryade Ltée (1986) traite de la présence de *Scirpus lacustris*. Quoique l'affiliation de ces espèces diffère selon divers ouvrages taxonomiques, nous croyons que les auteurs font référence à la même espèce (Marie-Victorin et Rolland-Germain, 1969) soit *Schoenoplectus tabernaemontani*.

2007). Toutefois, sur les îles de Mingan elle n'a été signalée que pour cette localité. Par ailleurs, le fait qu'elle soit possiblement introduite par les oiseaux marins n'enlève rien à son intérêt (L. Couillard, MDDEP, comm. pers. 2007).

Tableau 3 : Liste des 82 espèces vasculaires rares et d'intérêt pour la réserve de parc

Raison du choix	Espèce rare	Raison du choix	Espèce rare
G1 à G3 (rare parc)	<i>Halenia deflexa</i> ssp. <i>brentoniana</i>	Disjointes ou limite répartition (suite)	<i>Taraxacum ceratophorum</i>
	<i>Minuartia litorea</i>		<i>Listera convallarioides</i>
	<i>Amelanchier fernaldii</i>		<i>Parnassia glauca</i>
G1 à G3 (commune parc)	<i>Taraxacum laurentianum</i>		<i>Calystegia sepium</i>
	<i>Botrychium ascendens</i>		<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>
	<i>Taraxacum latilobum</i>		<i>Kobresia simpliciuscula</i>
	<i>Triglochin gaspense</i>		<i>Primula egaliksensis</i>
	<i>Pedicularis palustris</i>		<i>Carex microglochin</i>
	<i>Gentianopsis nesophila</i>		<i>Dryas drummondii</i>
	<i>Erysimum inconspicuum</i> var. <i>coarctatum</i>	Plantes calcicoles d'intérêt	<i>Cystopteris montana</i>
	<i>Cypripedium parviflorum</i> var. <i>planipetalum</i>		<i>Asplenium trichomanes-ramosum</i>
	<i>Polygonum boreale</i>		<i>Gymnocarpium robertianum</i>
	<i>Cystopteris laurentiana</i>	5 colonies ou moins et 300 plants ou moins	<i>Androsace septentrionalis</i>
	<i>Puccinellia ambigua</i>		<i>Viola cucullata</i>
S1 et S2 (rare parc)	<i>Sagina nodosa</i> ssp. <i>nodosa</i>		<i>Draba breweri</i> var. <i>cana</i>
	<i>Cirsium scariosum</i>		<i>Ranunculus macounii</i>
S1 et S2 (commune parc)	<i>Cypripedium passerinum</i>		<i>Anemone multifida</i>
	<i>Carex hostiana</i>		<i>Rosa acicularis</i> ssp. <i>Sayi</i>
	<i>Listera borealis</i>		<i>Taraxacum lapponicum</i>
	<i>Erigeron lonchophyllus</i>		<i>Goodyera tessellata</i>
	<i>Trichophorum pumilum</i>		<i>Botrychium multifidum</i>
	<i>Amerorchis rotundifolia</i>		<i>Calla palustris</i>
	<i>Calypso bulbosa</i> var. <i>americana</i>		<i>Loiseleuria procumbens</i>
	<i>Draba aurea</i>		<i>Senecio aureus</i>
	<i>Eleocharis quinqueflora</i>		<i>Woodsia glabella</i>
	<i>Minuartia dawsonensis</i>		<i>Sparganium natans</i>
Hybrides rares	<i>Cornus xintermedia</i>		<i>Schizachne purpurascens</i>
	<i>Dryas x lewinii</i>		<i>Cardamine pensylvanica</i>
	<i>Streptopus X oreopolus</i>		<i>Sparganium hyperboreum</i>
	<i>Arctostaphylos X victorinii??</i>		<i>Huperzia lucidula</i>
	<i>Draba arabisans</i>		<i>Sparganium eurycarpum</i>
Disjointes ou à la limite de la répartition	<i>Platanthera orbiculata</i> var. <i>orbiculata</i>		<i>Diapensia lapponica</i>
	<i>Polystichum braunii</i>		<i>Pyrola minor</i>
	<i>Cladium mariscoides</i>		<i>Symphyotrichum puniceum</i>
	<i>Elymus virginicus</i>		<i>Epilobium strictum</i>
	<i>Prenanthes altissima</i>		<i>Equisetum variegatum</i>
	<i>Puccinellia phryganodes</i>		<i>Cardamine pratensis</i> ssp. <i>pratensis</i>
	<i>Platanthera hookeri</i>		<i>Salix X cryptodonta</i>
	<i>Dryopteris cristata</i>	1 seule colonie connue dans le parc	<i>Rosa blanda</i>
	<i>Cicuta maculata</i>		<i>Carex crawei</i>
	<i>Cerastium alpinum</i> ssp. <i>lanatum</i>		<i>Carex echinata</i>

Les rangs G, rang global (mondial) de l'espèce, ont été donnés par «The Nature Conservancy», alors que les rangs S, rang de l'espèce au Québec, ont été attribués par le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (Ministère de l'Environnement du Québec). Le rang est fonction de la rareté de l'espèce.

	Espèces susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables au Québec.
	Espèces menacées au Québec.

Pour le moment, l'équipe de la réserve de parc nous a fait part de son intérêt à faire le suivi du *Carex hostiana*, du *Cladium mariscoides*, du *Dryopteris cristata*, ainsi que du *Parnassia glauca*.

Carex hostiana

Le *Carex hostiana* est un taxon préférentiel de tourbière (Garneau, 2001). Le Groupe Dryade ltée (1986b) a d'abord noté la présence d'une colonie d'environ 100 individus de *Carex hostiana* dans un groupement à *Scirpus cespitosus* et *Campylium stellatum* de l'île Sainte-Geneviève. En 2001, la population a été estimée à 1130 individus dans deux stations de l'île Sainte-Geneviève toujours (stations 4,001 et 4,002; CDPNQ, mars 2007). Il figure sur la liste des espèces susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables au Québec (CDPNQ, 15/02/2007).

Dryopteris cristata

Le *Dryopteris cristata* est un taxon préférentiel de tourbière (Garneau, 2001). Il est également associé aux marais et aux bois humides (Marie-Victorin, 1995). Sur l'île d'Anticosti, il a été observé sur le rivage en marge d'une tourbière ou sur des rivages d'alluvions, des sites couverts d'un léger dépôt de tourbe (Marie-Victorin et Rolland-Germain, 1963). Sur les îles de Mingan, le Groupe Dryade ltée (1986b) a noté sa présence en tourbière minérotrophe (mélézin arborescent à *Sphagnum warnstorffii* et *Tomenthypnum nitens*, Gr. à *Myrica gale*, Gr. à *Calamagrostis canadensis*).

Parnassia glauca

Le *Parnassia glauca* est associé aux prairies humides et rivages estuariens (Marie-Victorin, 1995). En Anticosti-Minganie, il a été observé sur des platières (Anticosti, Rivière MacDonald) et en tourbière (Rivière MacDonald, Rivière La Loutre), de même qu'au bord de petits lacs de la Grande Île (îles de Mingan; Marie-Victorin et Rolland-Germain, 1963). Dans les années 1980, le Groupe Dryade ltée (1986b) nota sa présence essentiellement en tourbière minérotrophe sur les îles Quarry et Grande Île (Gr. à *Scirpus cespitosus* et *Campylium stellatum*, mélézin arbustif à *Sphagnum warnstorffii* et *Tomenthypnum nitens* et Gr. à *Myrica gale*).

Cladium mariscoides

Le *Cladium mariscoides* est un taxon préférentiel de tourbière (Garneau, 2001). Il a été aperçu par le Groupe Dryade ltée (1986b) en tourbière minérotrophe (Gr. à *Scirpus cespitosus* et *Campylium stellatum*) de l'île Sainte-Geneviève.

Par ailleurs, l'*Amerorchis rotundifolia* mériterait également un suivi car cette espèce figure sur la liste des espèces susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables au Québec (CDPNQ, 15/02/007).

Amerorchis rotundifolia

L'*Amerorchis rotundifolia* est un taxon préférentiel de tourbière (Garneau, 2001) retrouvé dans les tourbières et sur les rochers humides, surtout dans les régions calcaires (Marie-Victorin, 1995). Selon le Groupe Dryade ltée (1986b), il serait probablement présent sur plus de 10 îles. Il a été observé par ce groupe en tourbière minérotrophe (plusieurs formations, dont principalement les mélézins arbustifs et arborescents à *Sphagnum warnstorffii* et *Tomenthypnum nitens*) et dans la falaise. Dans les îles, il a par ailleurs été observé précédemment dans des habitats divers, soit des rivages calcaires humides, des talus humides ou des lieux humides en général (Marie-Victorin et Rolland-Germain, 1963). Certains spécimens de l'étude de 1926 déposés dans les herbiers permettent de témoigner de ces derniers habitats (CDPNQ, mars 2007). En 2003, plus d'une vingtaine d'individus ont été observés au nord-ouest de l'île Saint-Charles dans des lieux sourceux près d'une tourbière, dans une zone de ruissellement au pied d'un escarpement (CDPNQ, mars 2007).

2.1.2 Bryophytes

Justification

La flore de bryophytes de la RPNCAM comporte 302 espèces, soit 233 mousses et 69 hépatiques (Belland *et al.*, 1992). La flore de bryophytes des îles de Mingan se démarque par sa diversité, notamment lorsque l'on considère l'uniformité relative du substrat, la physiographie relativement uniforme et la faible superficie de la réserve de parc (Belland *et al.*, 1992). Cette flore est majoritairement de répartition boréale et est principalement calcicole (Belland et Schofield, 1990; Belland *et al.*, 1992). On peut noter son caractère nordique avec la dominance d'éléments boréaux, les nombreux éléments arctique-alpins, et le nombre réduit d'éléments tempérés et montagneux (Belland *et al.*, 1992).

Liste des espèces

L'inventaire des bryophytes a été effectué dans le secteur ouest de la réserve de parc national du Canada de l'Archipel-de-Mingan par Belland et Schofield (1990). Il est à noter que cet inventaire des espèces invasculaires porte sur les bryophytes et ainsi n'inclut pas les lichens. Certaines espèces de lichens sont par ailleurs indiquées dans la description floristique des groupements par Grondin *et al.* (1980). Néanmoins, il ne nous est pas possible, à la lumière de ces informations partielles, d'inclure les lichens dans la discussion sur les espèces rares et d'intérêt.

Notre objectif ici n'est pas d'établir une liste des espèces rares et d'intérêt pour les bryophytes de la réserve de parc; ce qui exigerait un tout autre mandat de même que plusieurs outils non publiés encore à ce jour. Nous avons néanmoins jugé pertinent de fournir certaines informations, lorsque disponibles, sur l'existence de priorités de conservation pour les espèces présentes dans la réserve de parc. Tout au long de ce texte, un astérisque (*) indique les taxons préférentiels de tourbière selon Garneau (2001).

Plusieurs échelles peuvent être utilisées pour traiter des priorités de conservation des espèces de bryophytes dans la réserve de parc. Tout d'abord, nous pouvons noter les

espèces obtenant un rang de conservation témoignant d'une certaine vulnérabilité (rang G1 à G3) à l'échelle mondiale conformément à la liste des espèces vasculaires rares et d'intérêt (Tableau 3). La liste complète des espèces regroupées sous l'habitat de la tourbière selon Belland et Schofield (1990), ainsi que leur rang global (G), sont indiqués à l'Annexe 1. Les espèces suivantes obtiennent un rang G3 (incluant G3G4 et G3G5) ou de vulnérabilité plus grande :

Brachythecium calcareum
Cinclidium subrotundum
*Dicranum leioneuron**
Hypnum vaucheri
*Paludella squarrosa**
*Pohlia sphagnicola**
Pseudocalliergon turgescens
Schistidium trichodon
Tetraphis geniculata
*Tomenthypnum falcifolium**
Ulota phyllantha

À l'échelle nationale, une liste des mousses rares a été établie en 1998 pour le Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada (Belland, 1998). Nous avons vérifié l'inscription sur cette liste de l'ensemble des taxons de mousses observés en tourbière par Belland et Schofield (1990). Il est à noter que cette liste ne contient, parmi les bryophytes, que les mousses. Une mousse observée en tourbière dans la réserve de parc y figure. Il s'agit de :

Hypnum plicatulum

L'*Hypnum plicatulum* a été observé dans divers habitats dont la tourbière ombrotrophe à l'île du Havre. Bien que cette espèce obtienne le rang de priorité G5 au niveau mondial, au Canada, elle obtient le rang N2, soit de 6 à 20 présences.

À l'échelle provinciale, une liste des espèces rares de bryophytes est en cours de rédaction. Nous recommandons aux autorités de la réserve de parc de se tenir au fait de la publication de cette liste, rédigée par monsieur Jean Faubert. Par ailleurs, plusieurs

éléments nous laissent penser que l'*Hypnum plicatulum*, entre autres, figurera sur cette liste.

À une échelle géographique plus fine, l'étude de Belland et Schofield (1990) fournit une analyse des espèces rares et d'intérêt qui contient des espèces rares et des espèces significatives quant à leur phytogéographie pour la réserve de parc. Les espèces dont la taxonomie ou la répartition sont peu connues ont été exclues de cette liste. En voici le contenu exhaustif :

Espèces rares (espèces rares dans l'archipel et répertoriée dans cinq stations ou moins de la région du Golfe Saint-Laurent telle que circonscrite par Belland, 1987) :

Aloina rigida

Bryum warneum

Cinclidium subrotundum

Barbilophozia quadriloba

Seligeria oelandica

Stegonia latifolia

L'ensemble de ces espèces rares figurent parmi le répertoire de priorité de conservation (niveau de priorité I) de Del Degan, Massé et Associés inc. (2004). Parmi ces six espèces, deux se trouvent en tourbière, soit le *Cinclidium subrotundum* et le *Barbilophozia quadriloba* (Shaw et Marcotte, 1983; Belland et Schofield, 1990). Le *Cinclidium subrotundum* a été observé dans une dépression d'un complexe de tourbière minérotrophe du côté ouest de l'île Nue de Mingan. Seule une autre localisation est connue pour cette espèce dans le golfe Saint-Laurent et les points d'observation du golfe sont les plus méridionaux dans l'est de l'Amérique du Nord pour cette mousse arctique-alpine selon Belland et Schofield (1990). L'hépatique *Barbilophozia quadriloba* a été observée en marge d'une mare (sur une butte basse) à l'est du site de camping de la baie de Quarry, de même que dans une tourbière minérotrophe boisée au nord de l'île à Bouleaux de Terre. Dans les deux cas, les sites étaient de riches tourbières minérotrophes, quoique l'espèce se trouvait dans une zone de sol minéral exposée pour la station de l'île à Bouleaux de Terre. Encore une fois, une seule autre localisation a été notée pour cette espèce dans le golfe Saint-Laurent et sa répartition dans l'est de l'Amérique du Nord est disjointe selon Belland et Schofield (1990).

Espèces significatives au niveau phytogéographique (espèces ayant une répartition géographique limitée dans le golfe Saint-Laurent – généralement présentes dans trois régions ou moins parmi les 17 régions du golfe définies par Belland, 1987 – ou espèces fréquentes dans l’archipel mais non fréquentes ailleurs dans le golfe ou pour le reste de l’est de l’Amérique du Nord) :

Aulacomnium turgidum
Dicranodontium denudatum
Dicranum acutifolium
Didymodon asperifolius
Encalypta longicolla
Loeskypnum badium*
Lophozia heterocolpos
Barbilophozia kunzeana
Lophozia rutheana*
Metacalypogeia schusterana
Odontoschisma macounii
Orthothecium strictum
Scapania curta
Schistidium trichodon
Pseudocalliergon turgescens

De nouveau, l’ensemble de ces espèces significatives au niveau phytogéographique figurent parmi le répertoire de priorité de conservation (niveau de priorité I) de Del Degan, Massé et Associés inc. (2004). Parmi ces espèces, quatre se retrouvent en tourbière, soit le *Loeskypnum badium*, le *Lophozia rutheana*, le *Schistidium trichodon* et le *Pseudocalliergon turgescens*.

Le *Loeskypnum badium* est une mousse arctique-alpine rare dans la région du golfe Saint-Laurent (notée dans deux stations en plus de l’archipel; Belland et Schofield, 1990). Elle a été observée dans quatre tourbières minérotrophes de l’île Niapiskau, de l’île à la Chasse et de l’île du Havre (bordure). L’hépatique arctique-alpine *Lophozia rutheana* a été observée dans trois sites de tourbières minérotrophes, soit à l’île du Havre, à l’île Niapiskau et à la Grande Île, et elle possède une répartition relativement limitée dans le golfe du Saint-laurent selon Belland et Schofield (1990). Pour une autre espèce relativement commune dans le golfe, soit le *Schistidium trichodon*, la tourbière est un habitat marginal; il a été observé sur une roche isolée dans une tourbière minérotrophe de

l'île Saint-Charles. Finalement, le *Pseudocalliergon turgescens* a été trouvé occasionnellement en bordure de mares de tourbières minérotrophes dans la réserve de parc. Cette espèce arctique-alpine a une répartition très limitée dans le golfe Saint-Laurent selon Belland et Schofield (1990).

Il doit être noté que l'analyse des espèces rares et des espèces d'intérêt au niveau phytogéographique de Belland et Schofield (1990) porte un regard sur la répartition des espèces qui se rencontrent essentiellement dans le golfe Saint-Laurent. Or, un regard sur leur répartition dans l'ensemble du Québec pourrait affecter l'intérêt qui leur est accordé. À notre avis, le meilleur outil pour les autorités de parc demeure la liste des bryophytes rares pour le Québec qui sera publiée sous peu par le gouvernement du Québec. Il nous est malheureusement impossible d'en donner plus de détails à l'heure actuelle.

Tel que mentionné plus tôt, une méthodologie est déjà appliquée par l'équipe de la réserve de parc pour faire le suivi des plantes rares des habitats du littoral et de la lande. Nous ne présentons donc pas de développement de la méthodologie pour cette mesure. Par ailleurs, l'identification des bryophytes requiert un niveau d'expertise plus élevé que celui nécessaire à l'identification des plantes vasculaires. Nous pouvons donc indiquer à l'équipe de la réserve de parc les adresses suivantes où il est possible de trouver un service d'identification des spécimens de bryophytes et de lichens :

Herbier Louis-Marie

Université Laval, Pavillon Marchand, local 0262
Québec, G1K 7P4, Canada
Téléphone : 418.656.2544
Télécopieur : 418.656.7176

ou

BOTALYS, Denis F.-Bastien

605, Maurice-Sébastien
Wendake, Québec, G0A 4V0, Canada
botalys@videotron.ca

2.2 Abondance relative des espèces

Mesures : Recouvrement des espèces de plantes vasculaires, de bryophytes et de lichens dans des quadrats permanents.

2.2.1 Justification

En général, les mesures axées sur les espèces fournissent une information riche pour l'analyse de la dynamique de réponse face aux changements environnementaux. En tourbière, plus spécifiquement, les caractéristiques de la végétation font en sorte que cette dernière répond lentement aux changements environnementaux. Ainsi, de légères modifications dans la composition des espèces témoignent de vastes et continus bouleversements dans l'environnement (Gunnarsson *et al.*, 2000), soulignant l'intérêt des mesures portant sur la diversité des espèces.

Comme mesure de la biodiversité ayant un lien avec les dynamiques de la végétation, nous proposons des mesures de recouvrement. Ces mesures permettront aux autorités de la réserve de parc de mieux comprendre quelles espèces sont affectées par les changements environnementaux. Initialement, nous souhaitions proposer des mesures de richesse, de fréquence et de recouvrement. La richesse permet de quantifier la diversité végétale. De son côté, la mesure de fréquence absolue d'espèces a permis de tirer des conclusions intéressantes dans les suivis à long terme de la végétation de tourbière (voir par ex. Gunnarsson *et al.*, 2000); il s'agit notamment de la principale mesure du vaste programme de suivi de l'« *Environmental Change Network* » du Royaume-Uni (Rapport 2). Toutefois, la structure du programme de suivi de l'IE de l'Agence Parcs Canada ne permet de prendre en compte qu'une seule variable par mesure. Par ailleurs, aucune mesure de densité n'a été retenue, car ce type de mesure exigeant des décomptes d'individus ne permettrait pas de contrebalancer l'effort d'échantillonnage supplémentaire important qu'elle exige. De plus, dans le cas d'un suivi, la densité est une mesure peu efficace pour les végétaux à grande longévité, comme plusieurs espèces de tourbières, chez qui la réponse aux changements environnementaux se traduit par une réduction du couvert plutôt que par la mortalité (Elzinga *et al.*, 2001). Nous avons donc

opté pour des mesures de recouvrement. En effet, comme il a déjà été mentionné, la végétation de tourbière répond généralement lentement aux changements environnementaux : c'est donc la mesure du pourcentage de recouvrement qui risque d'être affectée en premier lieu, avant même celle de la fréquence ou de la richesse. La mesure de recouvrement est utilisée dans le réseau de suivi des tourbières restaurées du GRET (Rapport 2) ainsi que par de nombreux écologistes. Le recouvrement représente une mesure de l'abondance relative des espèces.

Nous proposons d'appliquer cette mesure à l'aide de quadrats permanents. La pertinence de l'utilisation de quadrats permanents est soulignée par plusieurs pour le suivi de la dynamique de la végétation à long terme et pour tenter de distinguer les causes allogènes et autogènes des changements (Bakker *et al.*, 1996). L'étude de la végétation dans des quadrats permanents est tout indiquée pour le suivi de stress, tels que les changements climatiques ou la pollution atmosphérique (Bakker *et al.*, 1996). En tourbière, l'utilisation de quadrats permanents a été intégrée à plusieurs réseaux de suivi de la végétation, tels que le programme de suivi des tourbières restaurées de l'Est du Canada développé par le GRET ou le programme de suivi des tourbières restaurées du Royaume-Uni, développé par l'agence gouvernementale « *English Nature* » (Rapport 2). Nous avons également évalué la possibilité d'effectuer les mesures à l'aide d'un échantillonnage linéaire (voir Rapport 2). Toutefois, l'usage de quadrats permanents apporte trois avantages dans le contexte de l'application de ces mesures à la RPNCAM : 1) ils permettent de protéger la zone d'échantillonnage du piétinement des visiteurs, 2) ils permettent une meilleure caractérisation des conditions physiques et de l'habitat de la végétation et, 3) dans l'éventualité où l'échantillonnage serait effectué par un personnel peu formé, ils permettent une identification plus facile des espèces inconnues lors des visites subséquentes.

2.2.2 Planification de l'échantillonnage

En ce qui a trait à la représentativité des tourbières à travers les îles, plusieurs paramètres liés notamment à leur taille, leur topographie, leur géologie ou encore du moment de leur émergence peuvent influencer la réponse de la biodiversité d'une tourbière aux différents stress, soit par exemple : l'effet tampon face aux pluies acides, le pH, le réseau hydrologique et l'exposition (vent, couvert nival, etc.). En l'absence de scénario détaillé de l'influence des stress sur la réserve de parc, nous nous devons de ne pas limiter la répartition des quadrats à certains types d'îles.

Ainsi, presque toutes les îles pour lesquelles l'équipe de la réserve de parc nous a indiqué qu'il existe un accès direct par bateau ont été incluses dans ce suivi, c'est-à-dire les îles : Nue de Mingan⁴, Bouleaux de Terre, Bouleaux du Large, Grosse Romaine, Niapiskau, du Fantôme, Grosse île au Marteau, Grande Île, Quarry, du Havre, Saint-Charles, Innu, Sainte-Geneviève et l'île à la Chasse. Toutefois, la Petite île au Marteau et l'île de la Fausse Passe, pour lesquelles il existe également un accès, n'ont pas été retenues, car la végétation de tourbière y occupe moins de cinq hectares selon le Groupe Dryade Ltée (1986a) et cette végétation ne semble pas présenter d'intérêt particulier. La répartition des quadrats doit se limiter à un carré de 2 km x 2 km autour du (des) point(s) d'accès à l'île.

À la lecture du tome 2 de l'étude du Groupe Dryade Ltée (1986; présentation des îles), nous pouvons observer que ces îles comportent des groupements végétaux de tourbière diversifiés. Également, ces îles sont relativement représentatives. Elles offrent une variété de tailles, elles se situent à une distance variable de la côte et elles présentent une géologie et une géomorphologie typiques de la région, soit : les îles calcaires et les îles dolomitiques hors et sous l'influence des deltas des rivières Romaine et Mingan (Groupe Dryade Ltée, 1986a; Del Degan, Massé & Associés inc., 1998).

⁴ Lors de la mise en place des quadrats, on devra porter une attention particulière afin d'éviter le groupement de tourbière sous-dominé par l'*Epilobium angustifolium* situé au sud de l'île Nue de Mingan. Ce groupement est perturbé par les oiseaux marins.

Nombre de quadrats

Nous recommandons la mise en place d'environ 40 quadrats ($n = 41$) de 10 m x 10 m à travers la végétation des tourbières. Cette taille de quadrat peut s'avérer légèrement grande pour la végétation de tourbière ouverte; toutefois, comme plusieurs tourbières de la RPNCAM sont boisées et dans un souci de conserver une taille identique de quadrat d'un milieu à l'autre, il s'agit d'un bon compromis. Par comparaison, les normes proposées par le *Réseau d'Évaluation et de Surveillance Écologique* (Roberts-Pichette et Gillepsie, 1999) s'attardent à la représentativité des différents peuplements (ou des écosystèmes pour la végétation basse). Ainsi, la planification initiale peut considérer de mesurer la biodiversité de la strate arborée dans un minimum d'environ 10 quadrats (20 m x 20 m), de la strate des arbrisseaux et petits arbres dans un minimum de 10 (5 m x 5 m) à 20 (2 m x 2 m) quadrats et de la végétation basse dans un maximum de 50 quadrats (1 m x 1 m); les quadrats pouvant être emboîtés les uns dans les autres (Roberts-Pichette et Gillepsie, 1999).

Disposition des quadrats

La validité du calcul des probabilités en statistiques inférentielles requiert une distribution aléatoire des unités d'observation (Collin, 2005). La distribution aléatoire restreinte à l'intérieur de stratifications basées sur les diverses communautés végétales est une approche communément appliquée dans la planification de l'échantillonnage à grande échelle. Elle aide à assurer la représentativité de l'hétérogénéité de la végétation d'une région (EPA, 2002a; EPA, 2002b). Ainsi, nous proposons pour la réserve de parc d'appliquer une répartition aléatoire des quadrats de 10 m x 10 m avec une contrainte de stratifications à deux niveaux :

Stratification # 1 : Stratification sur la base des types de tourbière (ombrotrophe, minérotrophe non riveraine; minérotrophe riveraine de platière; minérotrophe riveraine de cuvette).

Le nombre de quadrats par type de tourbière est déterminé par rapport à :

- leur représentativité (superficie) dans la réserve de parc :

Ombrotrophe : 40,5 %
Minérotrophe non riveraine : 35,5 %
Minérotrophe riveraine de platière : 9,7 %
Minérotrophe riveraine de cuvette : 14,3 %
Source : Groupe Dryade ltée (1986a)

Le nombre de quadrats par type de tourbière a été ajusté par rapport à :

- leur diversité floristique

Ainsi, le nombre de quadrats par type de tourbière serait :

Ombrotrophe : 13
Minérotrophe non riveraine : 17
Minérotrophe riveraine de platière (milieu tourbeux) : 6
Minérotrophe riveraine de cuvette (souvent en milieu forestier) : 5

Les tourbières minérotrophes riveraines de cuvette sont des habitats ayant des caractéristiques entre celles de la tourbière et de la forêt. D'ailleurs, la plus grande partie de la superficie de ces milieux cartographiés par le Groupe Dryade ltée (1986a) a été reclassée sous l'habitat de la forêt par Del Degan, Massé et Associés inc. (1998). Nous n'avons pas effectué de visites dans ces milieux; il nous est donc difficile de statuer sur leur représentativité en tant qu'habitat de tourbière d'intérêt. Comme la mesure est liée à la biodiversité, nous nous devons d'inclure le plus grand nombre de groupements possible dans l'échantillonnage. Par ailleurs, une caractérisation des milieux lors de l'installation des quadrats pourrait mener à leur retrait du suivi.

Stratification # 2 : Le nombre de quadrats est déterminé pour chaque type de tourbière par rapport à la représentativité respective des groupements végétaux selon leur cartographie par le Groupe Dryade ltée (1986a). Selon l'un des auteurs de cette étude, aujourd'hui en charge de produire une nouvelle cartographie des milieux écologiques de la région pour le Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, la cartographie du Groupe Dryade serait beaucoup plus proche de celle qui paraîtra prochainement que de celle de Del Degan, Massé et Associés inc. (1998). Le nombre de quadrats a été ajusté (± 1) afin d'obtenir une représentativité pour les groupements non cartographiés (Tableau 4).

Sont exclus les groupements non représentatifs (ou dont la représentativité n'est pas spécifiée) et ceux totalisant moins de cinq hectares dans l'ensemble de la réserve de parc. Les groupements occupant sensiblement le même type d'habitat, selon Grondin *et al.* (1983) ou le Groupe Dryade ltée (1986a), et ayant

sensiblement la même description floristique, selon Grondin *et al.* (1980), seront traités comme un même niveau de la stratification.

Il est à noter qu'en éliminant les groupements non représentatifs, la plupart des groupements issus de perturbations (feux, oiseaux marins ou coupes forestières) ne sont pas inclus dans ce suivi. Le suivi intègre donc des groupements végétaux qui, au tout début du programme, ne présentent pas de prime abord une intégrité écologique altérée par l'une de ces perturbations (à l'exception du Gr. à *Cladina* spp. et *Sphagnum fuscum*). De plus, les groupements végétaux d'intérêt et faiblement représentés dans l'archipel qui ne sont associés à aucun groupement de position similaire (même niveau de stratification) se trouvent également exclus de ce plan d'échantillonnage. L'objectif de la présente mesure est d'inclure le plus grand nombre d'espèces possible, tout en échantillonnant les tourbières caractéristiques des îles pour permettre aux autorités de la réserve de parc d'extrapoler leurs conclusions à toutes les tourbières de leur territoire. Par ailleurs, le suivi des groupements d'intérêt peu représentés peut être effectué sous la mesure des espèces rares et d'intérêt.

Nous avons ajouté à la liste des groupements de plus de cinq hectares, le Gr. à *Menyanthes trifoliata* et *Scorpidium scorpioides* et le Gr. à *S. rubellum* et *Carex limosa*, non cartographiés, afin d'obtenir une représentativité de la flore des mares pour les deux types de tourbières abritant ce biotope.

Tableau 4 : Nombre de quadrats selon les divers groupements végétaux sélectionnés

Groupement	Nb ha	Nb quadrats
Mélézin à <i>Sphagnum warnstorffii</i> et <i>Tomenthypnum nitens</i> + Pessière blanche à <i>S. warnstorffii</i> et <i>T. nitens</i>	187	5
Mélézin arbustif à <i>Sphagnum warnstorffii</i> et <i>T. nitens</i>	303	6
Gr. à <i>Scirpus cespitosus</i> et <i>Campylium stellatum</i>	283	5
Gr. à <i>Menyanthes trifoliata</i> et <i>Scorpidium scorpioides</i>	non cartographié	1
Mélézin à <i>Myrica gale</i>	82	2
Gr. à <i>Myrica gale</i>	124	3
Gr. à <i>Carex aquatilis</i>	7	1
Pessière blanche à <i>Cornus stolonifera</i>	283	4
Gr. à <i>Cornus stolonifera</i>	18	1
Pessière noire à <i>Pleurozium</i> et <i>Spagnum capillifolium</i>	474	6
Gr. à <i>Chamaedaphne calyculata</i> , <i>Kalmia angustifolia</i> , <i>Picea mariana</i> et <i>Cladina</i> spp. + Gr. à <i>C. calyculata</i> , <i>P. mariana</i> et <i>S. fuscum</i>	284	4
Gr. à <i>Empetrum nigrum</i> et <i>Rubus chamaemorus</i> + Gr. à <i>S. fuscum</i> et <i>R. chamaemorus</i> + Gr. à <i>Cladina</i> spp. et <i>S. fuscum</i>	93	2
Gr. à <i>Spagnum rubellum</i> et <i>Carex limosa</i>	non cartographié	1

Une façon de déterminer de façon aléatoire l'emplacement des quadrats est d'appliquer une grille virtuelle sur la carte des groupements végétaux retenus et de tirer aléatoirement des positions (Roberts-Pichette et Gillepsie, 1999). Pour la RPNCAM, il est possible d'utiliser la carte des groupements végétaux du Groupe Dryade ltée (1986a). La surface occupée par l'ensemble des groupements sélectionnés dans les secteurs d'îles retenus (2 km x 2 km) doit être quadrillée de cellules de la taille de 0,25 hectare (50 m x 50 m) à

l'aide du logiciel ArcGIS, ce qui correspond à l'unité de cartographie utilisée par les consultants. Les cellules sont identifiées par la coordonnée géographique de leur centre et une pige aléatoire permet d'identifier la position géographique précise (50 m x 50 m) prévue pour les quadrats. Sur le terrain, le quadrat doit être placé le plus près possible du centre de la cellule en s'assurant que l'ensemble du quadrat est dans un même groupement. Pour les deux groupements non cartographiés, les positions des quadrats seront choisies sur le terrain à proximité d'un quadrat déjà positionné, en même temps que la mise en place de ce dernier, ce qui permet de profiter de sa distribution aléatoire. Pour que la position des quadrats des groupements non cartographiés soit également aléatoire dans la tourbière, les échantillonneurs devront lancer au hasard un cerceau à l'intérieur de la superficie du groupement (en tirant à l'aveugle). Le quadrat sera positionné à cet endroit.

La répartition aléatoire stratifiée doit être effectuée à l'intérieur d'un périmètre de 2 km x 2 km autour des points d'accès aux îles sélectionnées.

Représentativité

Les quadrats établis par stratification se veulent représentatifs de l'ensemble de la superficie des tourbières occupé par les groupements sélectionnés. La superficie de la végétation de tourbière dans la RPNCAM varie selon les auteurs entre 1 312 hectares et 2 182,75 hectares dans le secteur ouest (Rapport 1). Lors de la rédaction de notre premier rapport, nous en sommes venus à la conclusion que les superficies de tourbières fournies par l'étude du Groupe Dryade ltée (1986a) étaient les plus justes (soit 2 182,75 ha). Le nombre de quadrats devant couvrir une telle superficie est très variable selon les divers exemples de suivi en tourbière. À titre comparatif, au Royaume-Uni, de 7 à 106 quadrats, généralement d'une taille de 1 m², ont été mis en place pour suivre la végétation de tourbières restaurées de moins de 1 000 hectares, tandis que 22 quadrats de 4 m² ont été installés pour une tourbière de près de 2 000 hectares (Shaw et Wheeler, 1995).

Environ 150 espèces vasculaires (Couillard *et al.*, 1983) et 145 espèces de bryophytes (Belland et Schofield, 1990) se trouvent dans les tourbières de l'archipel de Mingan.

L'archipel est également l'hôte de 160 espèces de lichens (Grondin *et al.*, 1980) dont la représentativité en tourbière n'est pas chiffrée. La mise en place des quadrats dans les groupements retenus permettrait d'observer quelque 110 espèces vasculaires selon la description des groupements de Grondin *et al.* (1980). Ce nombre d'espèces représente environ 75 % de la richesse quantitative de la flore vasculaire des tourbières. Par ailleurs, certaines espèces supplémentaires, dont notamment des espèces rarement observées et ainsi non mentionnées dans la description générale des groupements, pourront s'ajouter lors des relevés. Près de 40 espèces de bryophytes sont également citées dans la description des groupements sélectionnés de Grondin *et al.* (1980), soit environ 30 % de la flore des bryophytes de même que huit lichens. Il est à noter toutefois que l'inventaire des bryophytes de Belland et Schofield (1990) servant à fixer le bassin de référence à 145 espèces est plus détaillé que les informations rapportées par Grondin *et al.* (1980). Vraisemblablement, plusieurs espèces pourront s'ajouter aux 40 taxons potentiels lors des relevés. En bref, ces proportions de la richesse végétale potentielle assurée par l'échantillonnage sont des estimés et ne sont fournies qu'à titre indicatif.

La disposition des quadrats que nous proposons intègre une stratification pour s'assurer d'obtenir une représentativité de tous les types de tourbières. Il est justifié de s'attendre à ce qu'il y ait une différence dans la réponse de la mesure de la biodiversité face aux stress de changements climatiques et de pluies acides entre les tourbières minérotrophes et ombrotrophes. Néanmoins, la surveillance de la biodiversité peut être effectuée selon le même protocole pour tous les types de tourbière. L'analyse portera par ailleurs sur chaque type de tourbière séparément.

2.2.3 Mesures sur place

Variables

Liste des espèces et recouvrement de chacune d'entre elles pour permettre le calcul de l'abondance relative

Définition :

- Recouvrement : mesure de la surface couverte par les parties aériennes d'une plante lorsque l'on regarde en projection verticale, généralement exprimée en

pourcentage et souvent en classes de pourcentage (Bullock, 1996; Elzinga et al., 2001).

Unités d'observation

Les unités d'observation sont constituées de quadrats (Figure 1).

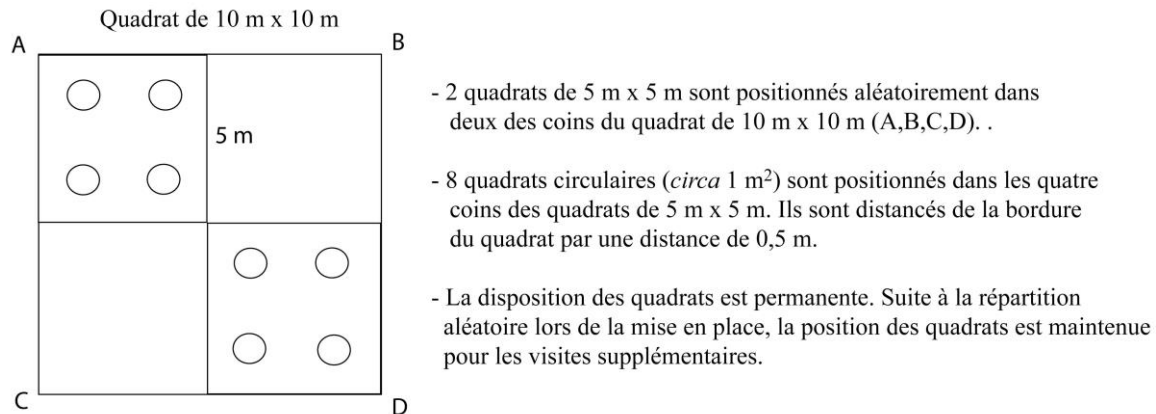


Figure 1 : Schématisation des quadrats de végétation

Informations recueillies :

Quadrats de 10 m x 10 m

1. Évaluation du pourcentage de recouvrement de chacune des strates suivantes : lichénique, muscinale, herbacée, éricacée, arbustive (autre que faisant partie des éricacées), arborescente et pourcentage de recouvrement total de la végétation (celui-ci est évalué en projection aérienne; il ne correspond pas à la somme des autres strates), (litière, eau, roche et substrat en plus)
 - par classes :
 - 0 = 0 %
 - 1 = 1 à 10 %
 - 2 = 11 à 25 %
 - 3 = 26 à 50 %
 - 4 = 51 à 100 %(Source : Poulin *et al.*, 2005)
2. Liste des espèces d'arbres dont le diamètre à hauteur de poitrine (dhp) est supérieur à 10 cm (ou > 4 cm si rabougris; Roberts-Pichette et Gillespie, 1999)
3. Évaluation du pourcentage de recouvrement⁵ des arbres par espèce et pour chacune des strates suivantes : > 20 m de hauteur; 10 à 20 m de hauteur et 5 à

⁵ Pour un exemple de valeurs de pourcentage de recouvrement, voir l'Annexe 2.

10 m de hauteur (Payette et Gauthier, 1972). Pour faciliter cette mesure, l'évaluateur peut visualiser quatre sous-sections de 5 m x 5 m.

Des photographies du quadrat prises à des points fixes autour de ces derniers à plusieurs occasions peuvent aider lors de l'interprétation des données et de la diffusion des résultats.

Quadrats (2) de 5 m x 5 m positionnés dans deux des coins du quadrat de 10 m x 10 m :

1. Liste des espèces d'arbustes (strate des arbrisseaux et des petits arbres selon Roberts-Pichette et Gillepsie, 1999 : plantes ligneuses dont la hauteur > 1 m ; dhp < 10 cm)
2. Pourcentage de recouvrement⁶ des arbustes par espèce

Quadrats (6) circulaires (circa 1 m²) positionnés dans les quadrats de 5 m x 5 m :

1. Liste des espèces de plantes vasculaires, de bryophytes et de lichens
2. Pourcentage de recouvrement⁶ des espèces de plantes vasculaires, de bryophytes et de lichens

2.2.4 Ressources humaines et matérielles nécessaires

Matériel :

Mise en place des quadrats permanents :

- cartographie en version électronique des groupements végétaux du Groupe Dryade ltée (1986a)
- Couverture de photographies aériennes
- GPS
- 164 tiges en acier galvanisé (d'une longueur permettant d'atteindre le sol minéral tout en dépassant la surface du sol d'environ 50 cm)
- 40 étiquettes en aluminium
- gallons à mesurer
- masse

⁶ Pour un exemple de valeurs de pourcentage de recouvrement, voir l'Annexe 2.

Mesures :

- carte des sites
- GPS
- carnet de terrain
- feuilles de données
- crayons de plomb, aiguisoirs, gommes à effacer
- marqueurs noirs
- planches (pour les genoux)
- caméra numérique
- matériel de récolte : papier journal, sacs de papier, enveloppes de papier, sacs de plastique de genre « Ziploc »
- presse pour plantes (presse d'herbier)
- vaporisateur à eau (pour les bryophytes)
- guides d'identification
- loupe
- ruban DHP
- 2 rubans à mesurer d'au moins 10 m (pour marquer les limites des quadrats de 5 m x 5 m)

Ressources humaines :

Mise en place : 30 jours / personne (une équipe de deux écologistes et d'un garde de parc)

Mesure : 15 jours / personne

Fréquence :

Tous les 5 ans, en juillet / août (fixer une période de deux semaines entre le 10 juillet et le 30 août; les relevés seront effectués lors de ces mêmes deux semaines tous les cinq ans)

L'équipe de la réserve de parc nous a questionné sur la possibilité d'étendre l'échantillonnage sur plus d'une année. Cette option ne nous semble pas recommandable. D'abord, l'étude de la végétation se fait de pair avec l'hydrologie, le lien avec les conditions météorologiques est donc important. Par ailleurs, la dynamique des feux, quoique réduite dans la réserve de parc, pourrait faire en sorte que les pressions sur la végétation diffèrent d'une année à l'autre.

Niveau de formation des échantillonneurs :

Expert (connaissances taxonomiques)

L'équipe de la réserve de parc peut faire appel à des consultants spécialisés ou à du personnel-chercheur universitaire.

De nouveau, nous pouvons répondre à l'interrogation de l'équipe de la réserve de parc sur la pertinence d'effectuer les relevés en limitant la précision au genre ou à des groupes fonctionnels. Les groupes fonctionnels peuvent être pertinents lors de l'analyse, toutefois les données de terrain se doivent d'être récoltées à l'espèce. De même, un niveau de détail s'arrêtant au genre ne répondrait pas du tout aux objectifs de cette mesure.

2.2.5 Cibles et seuils

Afin d'aider les autorités de la réserve de parc à comprendre la dynamique des changements dans la végétation, nous proposons une analyse du recouvrement. Pour ce faire, il est pertinent de construire un tableau présentant, pour chaque espèce, le pourcentage de recouvrement moyen de tous les quadrats d'un même groupement, et ce, pour l'échantillonnage initial et les échantillonnages subséquents. Il est possible de détecter la présence de stress si les changements concordent pour plusieurs espèces. Pour la mesure de recouvrement, on doit faire la moyenne des valeurs obtenues dans les quadrats de 5 m x 5 m et de 1 m² pour chaque quadrat de 10 m x 10 m.

Si la puissance statistique ne s'avère pas suffisante, nous proposons à l'équipe de la réserve de parc d'ajouter des quadrats de 10 m x 10 m à des nouvelles localisations plutôt que d'augmenter le nombre de quadrats de 5 m x 5 m ou de 1 m² dans les quadrats de 10 m x 10 m déjà présents.

2.3 Structuration des habitats

Mesures : Profondeur de la nappe phréatique par rapport à la surface et cartographie de l'eau de surface (structuration des biotopes); occupation de la strate arborescente (physionomie)

Après avoir vérifié les fondements écologiques exposés au chapitre 1 qui justifient la mise en place d'une mesure de structuration des habitats, l'équipe de la réserve de parc s'est montrée intéressée à obtenir le plan d'échantillonnage d'une telle mesure. Cette mesure apporte des informations intéressantes pour le suivi des communautés végétales en tourbière. En effet, bien qu'elle n'évalue pas directement la quantité d'eau disponible pour la végétation, la mesure de la profondeur de la nappe phréatique par rapport à la surface s'avère un bon indicateur des sites de croissance pour la végétation (biotopes). Par ailleurs, afin de définir à une plus grande échelle les changements dans les habitats de la végétation de tourbière, nous proposons à l'équipe de parc d'étudier, parallèlement, l'occupation de la strate arborescente (photographies aériennes) ainsi que l'étendue de l'eau en surface pour les tourbières à l'étude.

2.3.1 Justification

En tourbière, le gradient de la profondeur de la nappe phréatique définit en partie les biotopes et influence la végétation en place. La profondeur de la nappe phréatique est l'une des plus importantes mesures hydriques en lien à la physionomie, la croissance et la présence des plantes. Les données de fluctuation de la profondeur de la nappe phréatique à long terme sont rares mais non moins pertinentes pour l'interprétation des dynamiques à de la végétation en tourbière (Rydin et Jeglum, 2006). Il est important de spécifier que la profondeur de la nappe phréatique, telle que mesurée selon le protocole présenté ici, est un excellent indicateur pour le suivi de la végétation, car elle permet de caractériser les stades de croissance de la végétation.

Ce protocole met de côté les diverses variables du bilan hydrologique et des processus qui se produisent au niveau de la physique de la tourbe pour se concentrer sur la relation

entre la profondeur de la nappe phréatique sous la surface et les zones de croissance de la végétation. Notons que la nappe phréatique n'est pas uniquement une mesure de processus lié à la végétation. Toutefois, si un suivi de la profondeur de la nappe phréatique se faisait dans un autre contexte que celui proposé ci-haut, soit comme variable du bilan hydrologique ou encore en réponse à des stress, nous conseillons aux lecteurs de se référer à des spécialistes en hydrologie pour juger de la pertinence de la mesure et fournir des indications sur le protocole à suivre.

Le suivi de la végétation est souvent effectué en même temps que celui de la nappe phréatique (par ex. : tourbières restaurées de l'est du Canada ou de celles du Royaume-Uni; Rapport 2). Il est à noter néanmoins que ces suivis portent souvent sur des sites perturbés ou qui sont encore au stade de restauration chez lesquels l'hydrologie est fortement modifiée. Par ailleurs, plusieurs parcs nationaux du Québec ont implanté ou visent à implanter une mesure de la profondeur de la nappe phréatique dans la/les tourbière(s) de leur territoire (c'est-à-dire, les parcs de Frontenac, d'Anticosti, de la Jacques-Cartier, d'Aiguebelle et des Monts-Valin; voir Rapport 2). Toutefois, nous ne savons pas si les motifs de cette mesure sont toujours bien analysés (menace de drainage, suivi en lien avec la végétation, etc.). Pour les tourbières de la RPNCAM, nous proposons de faire le suivi de la profondeur de la nappe phréatique dans une optique de caractérisation des stades de croissance pour la végétation.

La consultation d'images de télédétection panchromatiques acquises pour des périodes séparées de quelques décennies permettrait aux autorités de parc d'observer deux phénomènes liés aux habitats de la végétation, soit la quantité d'eau libre en surface (notamment la présence de mares) et l'occupation de la strate arborescente. Nous considérons que la consultation de tels outils, bien que non exhaustive en soi, peut aider les autorités de parc à évaluer les changements dans les habitats de leurs tourbières. En effet, la cartographie de l'eau en surface ainsi que de l'occupation de la strate arborescente peut témoigner de changements, entre autres, dans les conditions hydriques du milieu, et ce, à une plus grande échelle que les mesures de nappe phréatique.

2.3.2 Planification de l'échantillonnage

L'ensemble des mesures de profondeur de la nappe phréatique, d'occupation de la strate arborescente de même que de la superficie couverte par l'eau de surface est effectué de façon à comprendre les changements dans les sites de croissance pour la végétation de tourbière. À cette fin, six groupements végétaux déjà inclus dans le suivi de la diversité et de l'abondance relative des espèces pourraient faire l'objet de mesures de profondeur de nappe phréatique dans l'un des quadrats de végétation choisis. Les six tourbières abritant les groupements sélectionnés pour le suivi de la profondeur de la nappe phréatique pourront faire l'objet d'une cartographie de l'eau de surface et d'une évaluation de l'occupation de la strate arborescente.

Les six groupements végétaux retenus représentent les deux grands ensembles de tourbières, ombrotrophe et minérotrophe, ainsi que les trois strates dominantes (physionomie : arborescente arbustive ou herbacée/muscinale) pour chacune d'elles. Les tourbières minérotrophes riveraines de platière ou de cuvette ne sont pas incluses dans ce suivi.

Nombre de puits d'observation de la nappe phréatique

Les puits d'observation de la nappe phréatique sont associés aux quadrats de végétation. L'équipe de la réserve de parc a déjà fait l'acquisition de six sondes de lecture automatiques (*SOLINST level logger F15 M5*). Chacune de ces sondes sera installée dans un puits d'observation positionné près d'un quadrat de végétation choisi parmi ceux présents dans chacun des six groupements.

Deux solutions s'offrent à l'équipe de la réserve de parc pour les années à venir. Puisqu'elle a déjà favorisé une lecture à l'aide de sondes automatiques, l'ajout de nouvelles sondes près de quadrats localisés dans des groupements végétaux supplémentaires de la tourbière ombrotrophe ou de la tourbière minérotrophe non riveraine ou près d'autres quadrats des groupements déjà échantillonnés devrait être envisagé (Tableau 5). Ou encore, si des quadrats sont situés dans des endroits où les

autorités de parc se rendent sur une base régulière, des puits identiques mais non équipés de sondes automatiques pourraient être placés près de ces quadrats. Ces puits seraient échantillonnés manuellement sur une base hebdomadaire. Il faut toutefois noter que les lectures manuelles sont moins exhaustives et qu'elles exigent des visites répétées au puits d'observation, ce qui nécessite la mise en place d'un trottoir sur pilotis (sur une distance d'au moins 20 m) pour éviter la compaction de la tourbe près du puits et les effets néfastes sur le milieu. Ainsi, l'ajout d'autres sondes automatiques devrait être priorisé.

Photographies aériennes et images satellitaires panchromatiques

La superficie totale des six tourbières où se trouvent les groupements à l'étude pour l'hydrologie devra être prise en compte dans les mesures de cartographie de l'eau de surface et d'occupation de la strate arborescente.

Disposition des puits d'observation de la nappe phréatique

La cartographie du Groupe Dryade ltée (1986a) est très fine et délimite les zones de végétation de tourbière à l'échelle des groupements végétaux. Mais il est difficile de déterminer les limites d'une tourbière, ou d'un complexe tourbeux. Nous avons donc opté pour la sélection des groupements végétaux caractéristiques de divers types de tourbières (ombrotrophe, minérotrophe; arborée, arbustive, herbacée/muscinale). Les six groupements sont les suivants :

Minérotrophe :

- 1- Gr. à *Scirpus cespitosus* et *Campylium stellatum*
- 2- Mélézin arbustif à *Sphagnum warnstorffii* et *Tomenthypnum nitens*
- 3- Mélézin à *Sphagnum warnstorffii* et *Tomenthypnum nitens*

Ombrotrophe :

- 1- Gr. à *Empetrum nigrum* et *Rubus chamaemorus* ou Gr. à *Sphagnum fuscum* et *Rubus chamaemorus* ou Gr. à *Cladina* spp. et *Sphagnum fuscum*
- 2- Gr. à *Chamaedaphne calyculata*, *Kalmia angustifolia*, *Picea mariana* et *Cladina* spp. ou Gr. à *Chamaedaphne calyculata*, *Picea mariana* et *Sphagnum fuscum*
- 3- Pessière noire à *Pleurozium schreberi* et *Sphagnum capillifolium*

Un des quadrats positionné dans l'un des six groupements sera sélectionné sur la base de sa présence dans un bel exemple du groupement et de sa position le plus près possible du centre de la zone de végétation homogène. Un puits d'observation de la nappe phréatique sera placé à proximité de ce quadrat, à un endroit où les conditions de végétation et de topographie ressemblent le plus possible à celles qui sont présentes dans le quadrat (conditions moyennes), et ce, dans un rayon de moins de 2 m du quadrat. À la Figure 2, nous présentons les six îles où pourrait se limiter la localisation des puits d'observation de la nappe phréatique. Il s'agit des cinq îles ayant les plus importantes superficies de tourbière, auxquelles s'ajoute l'île à Bouleaux de Terre, une île traversée dans sa partie ouest par une importante zone de tourbière et qui permet d'apporter une représentativité d'une île dolomitique de petite taille. Nous avons également indiqué le(s) périmètre(s) de 2 km x 2 km autour des points d'accès, zones où doivent être placés les quadrats.

Représentativité

L'achat de six sondes de lecture automatiques effectué avant le dépôt du présent rapport répondait à des contraintes budgétaires.

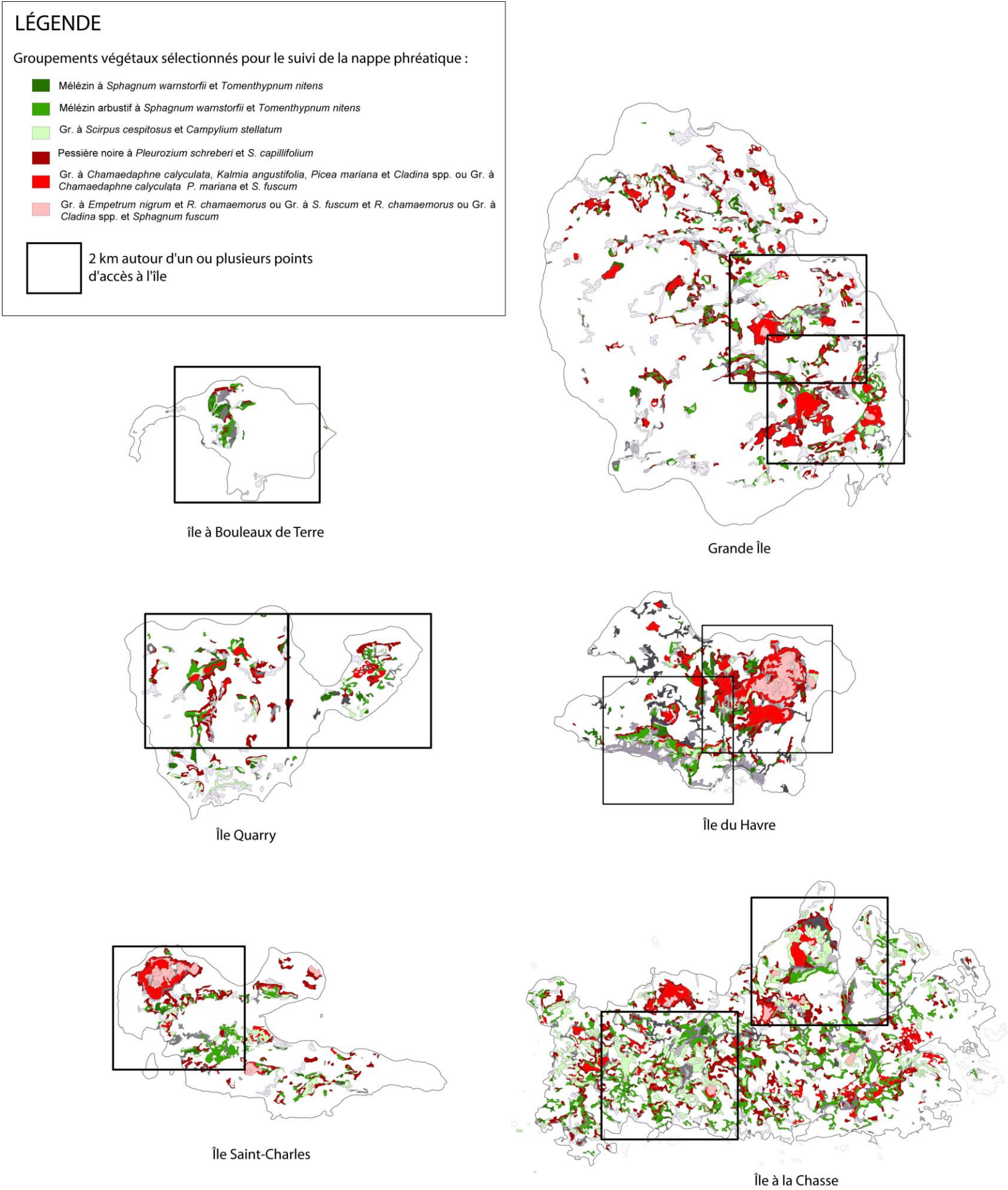
C'est pour cette raison qu'il a été décidé de choisir six groupements végétaux propres à un régime trophique différent ainsi qu'à une physionomie différente afin d'inclure la plus grande variété possible d'habitats pour la végétation. On doit cependant souligner qu'aucune répétition n'est prévue dans le cadre de ce protocole. Les répétitions devront être considérées comme étant celles rencontrées au niveau d'un même régime trophique de tourbière (ombrotrophe, 3; minérotrophe, 3).

Tableau 5 : Variables physiques d'intérêt telles que mesurées dans l'étude du Groupe Dryade ltée (1986a)

	pH moyen	Profondeur moyenne de la nappe phréatique (cm)	Épaisseur moyenne du dépôt organique (cm)	Groupe végétal
Tourbière ombrotrophe	4,5	80	65	Pessière noire à <i>Pleurozium schreberi</i> et <i>Sphagnum capillifolium</i>
	n/d	45	125	Pessière noire à <i>Kalmia angustifolia</i> et <i>Cladina spp</i>
	4	20	125	Gr. à <i>Chamaedaphne calyculata</i> , <i>Kalmia angustifolia</i> , <i>Picea mariana</i> et <i>Cladina spp.</i>
	3,8	45	125	Gr. à <i>Chamaedaphne calyculata</i> , <i>Picea mariana</i> et <i>Sphagnum fuscum</i>
	3,8	45	125	Gr. à <i>Empetrum nigrum</i> et <i>Rubus chamaemorus</i>
	n/d	100 (épaisseur d'eau)	> 50	Gr. à <i>Nuphar variegata</i>
	n/d	45	> 150	Gr. à <i>Sphagnum fuscum</i> et <i>Rubus chamaemorus</i>
	n/d	+ 30	> 100	Gr. à <i>Sphagnum cuspidatum</i>
	n/d	5	> 100	Gr à <i>Sphagnum rubellum</i> et <i>Carex limosa</i>
	n/d	+ 10	125	Gr. à <i>Sphagnum majus</i> et <i>Carex limosa</i>
	n/d	45	125	Gr. à <i>Cladina spp.</i> et <i>Sphagnum fuscum</i>
	n/d	10	> 100	Gr. à <i>Empetrum nigrum</i> , <i>Rubus chamaemorus</i> et <i>Epilobium angustifolium</i>
Tourbière minérotrophe non riveraine	6,6	30	130	Mélézin à <i>Sphagnum warnstorffii</i> et <i>Tomenthypnum nitens</i>
	n/d	30	130	Pessière blanche à <i>Sphagnum warnstorffii</i> et <i>Tomenthypnum nitens</i>
	6,9	20	85	Mélézin arbustif à <i>Sphagnum warnstorffii</i> et <i>Tomenthypnum nitens</i>
	6,7	15	110	Gr. à <i>Scirpus cespitosus</i> et <i>Campylium stellatum</i>
	6,4	+ 3	150	Gr. à <i>Carex livida</i> , <i>Carex limosa</i> , <i>Menyanthes trifoliata</i> et <i>Myrica gale</i>
	6	+ 3	125	Gr. à <i>Carex livida</i> et <i>Menyanthes trifoliata</i>
	6,6	+ 10	150	Gr. à <i>Menyanthes trifoliata</i> et <i>Scorpidium scorpioides</i>
	n/d	+ 20	100	Gr. à <i>Scirpus lacustris</i>
	n/d	+ 30	130	Gr. à <i>Equisetum fluviatile</i>
	n/d	n/d	sol minéral	Gr. à <i>Calamagrostis canadensis</i>

	pH moyen	Profondeur moyenne de la nappe phréatique (cm)	Épaisseur moyenne du dépôt organique (cm)	Groupe ment végétal
	n/d	20	90	Mélézin à <i>Myrica gale</i>
Tourbière	6,3	15	125	Gr. à <i>Myrica gale</i>
minérotrophe	6,4	+ 15	80	Gr. à <i>Carex aquatilis</i>
riveraine de	5,7	+ 20	100	Gr. à <i>Iris versicolor</i>
platière	n/d	+ 10	100	Gr. à <i>Carex lasiocarpa</i>
	4,9	40	85	Pessière blanche à <i>Cornus stolonifera</i>
	6,7	35	80	Gr. à <i>Cornus stolonifera</i>
Tourbière	6,7	35	60	Gr. à <i>Salix spp.</i> et <i>Cornus stolonifera</i>
minérotrophe	n/d	15	n/d	Peupleraie boréale (ou baumière) à <i>Cornus stolonifera</i>
riveraine de	n/d	30	125	Gr. à <i>Alnus rugosa</i>
cuvette	7,2	25	sol minéral	Gr. à <i>Equisetum arvense</i>
	n/d	0	sol minéral	Gr. à <i>Heracleum lanatum</i>

Figure 2 : Schématisation des zones d'échantillonnage potentielles pour la mesure de structuration des biotopes.



2.3.3 Mesures sur place

Variables

Profondeur de la nappe phréatique par rapport à la surface du sol.

La mesure est acquise automatiquement par les sondes *SOLINST*.

Pour les lectures manuelles, la partie du puits d'observation située à l'extérieur du sol doit être déduite de la mesure de la profondeur de l'eau pour obtenir une mesure de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol. Une attention particulière doit être appliquée pour mesurer la partie extérieure au sol de façon constante d'un échantillonnage à l'autre et, surtout, pour que cette mesure soit notée lors de chaque échantillonnage.

Consulter également les données de précipitations à la station météorologique la plus proche pour l'ensemble de la période d'échantillonnage.

Cartographie de l'eau de surface et occupation de la strate arborescente

Cette mesure est effectuée à l'aide d'images aériennes numérisées ou encore à l'aide d'images IKONOS panchromatiques, si disponibles. Une échelle de 1 : 15 000 pour les photographies aériennes permet une bonne évaluation de ces deux mesures. Une période de 10 ou 20 ans doit séparer la prise des photographies aériennes pour obtenir un signal clair de la situation.

La cartographie de l'eau libre en surface (essentiellement des mares) peut être effectuée à l'aide d'un système d'information géographique tel que ArcGIS. La superficie totale pour chaque tourbière peut être comparée d'une année à l'autre.

Pour sa part, la mesure de l'occupation de la strate arborescente s'effectue par une évaluation visuelle. Le couvert des arbres est évalué, portion d'image par portion d'image, à l'aide d'une échelle de classes. Le décompte des couronnes n'est pas nécessaire. Par ailleurs, une mesure à grande échelle de l'occupation de la strate

arborescente est d'autant plus pertinente que la mesure de couvert de la strate arborescente est effectuée au sol dans les quadrats permanents.

2.3.4 Ressources humaines et matérielles nécessaires

Profondeur de la nappe phréatique

Installation des puits d'observation

Matériel :

- 6 tuyaux de PVC, épaisseur 40, 2" de diamètre, percés à intervalles réguliers, longueur d'environ 1,5 m
- Bouchons assortis aux tuyaux (6)
- Bas de nylon (3 paires)
- *Duct tape*
- Ruban à mesurer
- Câble de cuivre ou de laiton
- Masse
- Carottier
- GPS
- Scie à métaux
- Tige d'acier (sondage)
- Crayon marqueur

Les tuyaux sont percés à l'aide d'une perceuse à colonne en respectant une distance constante d'espacement. Les puits sont ensuite couverts de l'une des jambes du bas de nylon qui est retenue à l'aide de *duct tape*. Si un bouchon est posé au pied du puits pour le solidifier, on doit s'assurer que ce matériel est troué pour permettre à l'eau de s'évacuer si le niveau descend plus bas que le puits.

La profondeur de la nappe phréatique varie en fonction des divers groupements végétaux (Tableau 5). Nous proposons de couper les puits à une longueur commune de 1,5 m ou encore de sonder le terrain à l'aide d'une tige d'acier lors de la mise en place afin de connaître l'épaisseur de la tourbe dans les divers groupements et de réduire la longueur des puits en conséquence.

Sur le terrain, il faut d'abord creuser un trou à l'aide d'un carottier pour éviter de compacter la tourbe (le diamètre du trou doit être légèrement inférieur ou identique à celui du puits afin d'éviter la création d'un espace entre le puits et le sol). Il faut ensuite enfoncer le tuyau (puits) dans le trou en laissant environ 30 cm dépasser du sol (soit 1,2 m dans le sol pour un

puits de 1,5 m de longueur). Si possible, à l'aide du carottier, noter en creusant un autre trou l'épaisseur de tourbe à cet endroit. Couvrir le puits à l'aide d'un bouchon.

Pour certains endroits où la profondeur de tourbe sera inférieure à 1 m, le puits sera vraisemblablement enfoncé dans le sol minéral. L'atteinte du sol minéral n'affecte pas la mesure de la nappe phréatique. Les puits dont la base se trouvera dans le sol minéral profiteront d'une plus grande stabilité face aux mouvements de la tourbe que les puits reposant uniquement dans un substrat tourbeux. Néanmoins, comme l'épaisseur de tourbe à ces endroits est moindre (< 1 m), il ne sera pas nécessaire de tenir compte des mouvements dans la tourbe pour la mesure de la profondeur de la nappe phréatique à l'aide des sondes.

Les sondes de lecture automatique en continu de *SOLINST* doivent être installées dans la colonne d'eau à l'aide de fils de laiton ou de cuivre.

Pour les lectures manuelles, un système permettant la mesure du niveau maximal atteint par la nappe entre les visites est proposé dans Morgan et Slot (2004). Ce système sera testé par M. Sylvain Jutras (INRS). Couplé à des mesures prises automatiquement, ce système vise à interpoler les niveaux de nappe phréatique atteints entre les visites.

Échantillonnage des puits d'observation

Échantillonnage continu

- 6 sondes de types *Level Logger-M5* de la compagnie *SOLINST*

Fixer la lecture de la sonde aux heures.

Échantillonnage manuel

- Tige de bois sur laquelle on a collé un ruban à mesurer et un tube souple de vinyle
- Carte de localisation des puits

Enfoncer la tige dans le puits délicatement en soufflant dans le tube. Lorsque le contact avec l'eau se fait (formation de bulles dans le puits), noter la profondeur à l'aide du ruban. Noter également la hauteur du tuyau hors du sol qui est identifié à un endroit fixe (marqué sur le tuyau à l'aide d'un crayon marqueur).

Ressources humaines :

Mise en place : 5 jours / personne

Fréquence :

Faire le suivi tous les ans.

La période de dégel est une période-clé devant être suivie. Ainsi, idéalement, les sondes *SOLINST* devraient être laissées en place tout l'hiver afin de s'assurer de capter cette période. L'équipe de la réserve de parc doit s'assurer par ailleurs que la sonde ne gèle pas à la profondeur de la colonne d'eau où elle se trouve. Le Centre d'études nordiques de l'Université Laval laisse ses sondes en place à une profondeur de 1,5 à 2 m (épaisseur de neige > 50 cm) toute l'année et n'observe pas de problème. S'il y a risque de gel, des précautions supplémentaires doivent être prises (voir avec la compagnie *SOLINST*). Sur cette question, nous conseillons à l'équipe de la réserve de parc d'exposer les conditions climatiques particulières de leur région à la compagnie pour s'assurer de ne pas abîmer les sondes.

Les mesures manuelles doivent être effectuées lors d'une journée sans pluie et débiter dès le dégel.

Niveau d'expertise des échantillonneurs :

La mise en place des sondes exige une certaine expertise. Les lectures manuelles exigent pour leur part une moindre expertise.

L'analyse des données demande une expertise plus importante.

Chercheurs à contacter pour le suivi de la nappe phréatique en tourbière :

Sylvain Jutras (stagiaire post-doctoral de monsieur Alain Rousseau)

Université du Québec

Institut national de la recherche scientifique, Eau, Terre et Environnement

490, de la Couronne, Québec, Québec G1K 9A9

Téléphone : 418-654-3723

Courriel: sylvain.jutras@ete.inrs.ca

André St-Hilaire

Institut national de la recherche scientifique, Eau, Terre et Environnement

490, de la Couronne, Québec, Québec G1K 9A9

Téléphone : 418-654-3113

Courriel : andre_st-hilaire@ete.inrs.ca

Jonathan Price

Department of Geography, Faculty of Environmental Studies

University of Waterloo

200 University Avenue West

Waterloo, Ontario N2L 3G1

Téléphone : 519-888-4567 poste 32433

Cartographie de l'eau de surface et occupation de la strate arborescente

Matériel :

- Photographie aérienne au 1:15 000 ou image IKONOS panchromatique
- Système d'information géographiques : Arc GIS

La consultation d'images des décennies passées permettrait aux autorités de parc de mieux cerner l'évolution de la végétation dans leur tourbière.

Ressources humaines :

5 jours / personne

Niveau d'expertise des échantillonneurs :

Bas

Fréquence :

10 ans; simultanément à une année de mesure de la diversité et de l'abondance relative des espèces.

2.3.5 Cibles et seuils

Nous proposons à l'équipe de la réserve de parc de s'intéresser à l'ensemble de la courbe de fluctuation de la nappe phréatique acquise par la sonde. La végétation en place est en effet affectée par le maintien d'une nappe à un certain niveau pour une certaine période de temps.

Le taux de variation du niveau d'eau dans les tourbières minérotrophes dépend du système hydrologique dans lequel elles se trouvent. En général, on s'attend à ce que le niveau de la nappe phréatique soit moins variable en tourbière minérotrophe qu'en tourbière ombrotrophe car la tourbière minérotrophe reçoit un apport en eau souterraine continu. La profondeur de la nappe phréatique en tourbière ombrotrophe est généralement basse et fluctue davantage car son apport en eau provient des précipitations (Rydin et Jeglum, 2006). Nous proposons donc à l'équipe de la réserve de parc d'établir indépendamment les cibles et les seuils de chaque tourbière étudiée.

Le fait de relier les mesures de la profondeur de la nappe phréatique à celle des quadrats de végétation permettra d'interpréter les cibles et les seuils visant à quantifier l'effet du niveau de la nappe phréatique sur la végétation de tourbière. Cette interprétation sera facilitée par la mesure de la cartographie de l'eau de surface et de l'occupation de la strate arborescente. Cette dernière mesure peut aisément être quantifiée pour fixer des cibles et des seuils. En effet, par comparaison des superficies obtenues par cartographie à l'aide d'un système d'information géographique, les autorités de parc disposeront de données fixes de couvert arborescent et d'eau de surface pour les six tourbières étudiées. De plus, pour la cartographie de l'eau de surface ainsi que de l'occupation de la strate arborescente, la consultation de photographies aériennes passées (< 2007) permettrait aux autorités de parc de mieux établir leur condition de référence, leurs cibles et leurs seuils.

2.4 Les changements climatiques

Mesure : Données météorologiques et indicateurs climatiques

2.4.1 Justification

Dans le contexte des connaissances actuelles, la mesure portant sur le régime climatique, soit les données météorologiques ou les indicateurs climatiques, demeure la meilleure mesure quantifiable des changements climatiques. Il existe un lien entre le régime climatique (température et précipitations) et les thèmes présentés dans les mesures précédentes, car il peut affecter la végétation des tourbières au niveau de leur phénologie, de la présence de certaines espèces (répartition), des strates dominantes, etc. (Gignac, 2001; Parmesan et Yohe, 2003; Tape *et al.*, 2006).

2.4.2 Mesures

Le climat peut être étudié à trois échelles, soit : le macroclimat qui est propre au climat d'une région, le mésoclimat qui est propre à une tourbière par exemple, et le microclimat qui se rapporte aux variations rencontrées à l'intérieur de la tourbière (il est lié notamment à la micro-topographie; Rydin et Jeglum, 2006). Pour l'étude des changements climatiques, il est vraisemblablement plus pertinent de s'intéresser au macroclimat. Ce dernier peut être documenté à l'aide de données météorologiques mesurées par les stations météorologiques régulières. En fait, la mesure la plus directe des changements climatiques demeure la récolte de données météorologiques. L'interprétation des données météorologiques peut être simplifiée par l'usage « d'indicateurs climatiques » qui sont calculés à partir de ces dernières. Sommairement, les données météorologiques relèvent de la température de l'air et des précipitations.

La température de l'air :

Les indicateurs climatiques plus communs liés à la température de l'air sont ceux rapportant les moyennes mensuelles ou annuelles (Tuhkanen, 1980). Le Consortium

Ouranos propose plusieurs indicateurs calculés à partir des valeurs de température annuelle ou saisonnière (moyenne ou maximale/minimale; voir Annexe 3). Les données de températures quotidiennes permettent également le calcul de divers indicateurs (percentiles, écart diurne, etc.; Annexe 3).

Certains indicateurs témoignent de l'effet de la température sur la croissance des végétaux. À ce titre, les indicateurs traitant de la saison de croissance ou des degrés-jours sont considérés comme des indicateurs intégrateurs pour la végétation. Nous les jugeons pertinents également pour la végétation de tourbière. La longueur de la saison de croissance est délimitée par deux points de référence au cours de l'année pouvant être, par exemple, des valeurs seuils de température (Tuhkanen, 1980). Le Consortium Ouranos propose par exemple l'indicateur de la longueur de la saison de croissance avec pour définition que cette dernière débute par une température quotidienne moyenne supérieure à 5 °C, maintenue pendant au moins six jours, et se termine lorsque la température quotidienne moyenne chute sous les 5 °C également pendant au moins six jours (Annexe 3). Cet indicateur s'intéresse donc à la période de croissance des plantes (Yagouti *et al.*, 2006). Les changements climatiques ont pour effet d'allonger la saison de croissance à certaines latitudes (GIEC, 2001). Un autre indicateur est produit en calculant la somme des températures au-dessus ou au-dessous d'un certain seuil (Tukanen, 1980). Le cumul annuel des degrés jours en °C au-dessus de 5 °C, proposé par exemple par le Consortium Ouranos (Annexe 3), témoigne de l'évolution de la quantité totale de chaleur disponible lors de la saison de croissance de la végétation (Yagouti *et al.*, 2006).

Précipitations :

Tel que pour les données de température de l'air, divers indicateurs ont été développés pour les données de précipitations (pour un exemple d'indicateurs communs pour les précipitations, voir Vincent et Mekis, 2006). Certains indicateurs sont directement calculés à partir des précipitations (ex. : total, nombre de jours ayant des précipitations). D'autres intègrent des données de précipitations et de température, tel le Code canadien de sécheresse (CDC), ou encore s'intéressent aux périodes sèches. D'autres encore se

basent sur les précipitations et l'évaporation. Tous ces indicateurs sont pertinents pour la végétation (Tuhkanen, 1980).

2.4.3 Planification de l'échantillonnage

Données météorologiques

Les données météorologiques actuelles pour le secteur de la réserve de parc peuvent être obtenues auprès des quatre stations d'Environnement Canada suivantes. La disponibilité des normales climatiques sur 30 ans est également indiquée entre parenthèses.

- Longue-Pointe-de-Mingan
- Havre-Saint-Pierre (1961 à 1990)
- Île aux Perroquets*
 ** mesures de précipitations non disponibles*
- Baie Johan-Beetz (1961 à 1990; 1971 à 2000)

La station de la Baie Johan-Beetz semble celle offrant les données les plus complètes pour les modélisations des températures ou des précipitations.

Tendances et indicateurs climatiques

La station météorologique située à la Baie de Johan-Beetz (station 7040MMN) a été intégrée dans une étude visant l'homogénéisation des séries de température dans l'optique d'en extraire les grandes tendances pour la période de 1960 à 2003 dans le Québec méridional (Yagouti *et al.*, 2006). De plus, monsieur Abderrahmane Yagouti publiera sous peu un ouvrage scientifique intégrant de nouveau les tendances de températures à cette station de même que celles liées aux données des précipitations (Luc Vescovi, Ouranos, comm. pers., 2007). Par ailleurs, une station localisée à Natashquan a été intégrée dans une étude illustrant les tendances dans les précipitations au Canada pour la période de 1950 à 2003 (Vincent et Mekis, 2006). Pour mieux comprendre la tendance climatique dans leur région, nous conseillons aux autorités de parc de consulter les études publiées en 2006 et de demeurer informées de la publication prochaine des travaux de

monsieur Yagouti. Les résultats de l'étude de Yagouti *et al.* (2006) sont disponibles sur le site Internet du Consortium Ouranos présentant des cartes interactives : www2.ouranos.ca. Les valeurs pour certains indicateurs climatiques de la station de la Baie Johan-Beetz peuvent être également consultées sur le site Internet du Centre de Ressources en Impacts et Adaptation au Climat et à ses Changements (CRIACC; www.criacc.qc.ca).

D'autre part, le Consortium Ouranos établit actuellement une liste d'indicateurs pertinents pour les divers parcs nationaux du Canada (Luc Vescovi, Consortium Ouranos, comm. pers., 2007). On peut également trouver une banque d'indicateurs climatiques pertinents pouvant être intégrés dans des programmes de suivi et servant à la détection des changements climatiques sur le site Internet de l'European Climate Assessment & Dataset (ECA&D, 23/03/2007).

2.4.5 Cibles et seuils

Compte tenu du niveau actuel des recherches sur les changements climatiques, il nous est impossible de statuer sur des cibles et des seuils des tendances climatiques et de leur effet sur les tourbières de la RPNCAM. Une proposition d'indicateurs climatiques pour les parcs nationaux du Canada est en préparation par le Consortium Ouranos (Luc Vescovi, Ouranos, comm. pers., 2007).

2.5 Les dépôts acides

Mesure : Chimie des précipitations/dépôts humides

2.5.1 Justification

Tel que souligné dans le chapitre 1, les dépôts acides peuvent influencer la végétation de tourbière notamment à travers une modification de pH ou du bilan des éléments nutritifs. Le chapitre 1 a également permis de préciser que les dépôts acides ne constituent pas une menace importante pour la région de la RPNCAM. Néanmoins, les autorités de parc ont désiré obtenir quelques indices quant aux moyens d'effectuer un tel suivi.

2.5.2 Mesures

On mesure les dépôts acides notamment par l'évaluation du pH des précipitations et par l'analyse des éléments chimiques qui causent l'acidité dans les dépôts humides et secs.

Au Canada, les indicateurs des pluies acides définis dans « La série nationale d'indicateurs environnementaux du Canada 2003 » sont : les émissions d'oxydes d'azote, les tendances observées dans la teneur en sulfates des lacs, les tendances observées dans l'acidité des lacs, la moyenne quadriennale des dépôts humides de sulfates et la moyenne quadriennale des dépôts humides de nitrates (Environnement Canada, 23/01/2007). Tel que mentionné précédemment, plusieurs stations de surveillance de la chimie des précipitations/dépôts humides sont actives au pays, dont une située à Mingan (station CAPMCAPQ1MIN, 50.26667 -64.21667, en fonction depuis le 29 novembre 1993) qui peut fournir les données nécessaires à l'évaluation des dépôts acides humides pour la réserve de parc.

2.5.3 Plan de l'échantillonnage

Les dépôts humides sont mesurés au Canada depuis les années 1970. La principale unité des différents réseaux de mesure fédéral et provinciaux est le *Réseau canadien d'échantillonnage des précipitations et de l'air* (RCEPA), en fonction depuis 1983. Dans ce réseau, la mesure des dépôts humides est déterminée par l'analyse chimique des échantillons de précipitations prélevés dans des collecteurs de dépôts humides (Environnement Canada, 2004).

Il est possible d'avoir accès aux données provenant du RCEPA, ainsi que d'autres réseaux, par une grande base de données centralisée. De fait, les données sur les dépôts humides provenant de tous les réseaux régionaux de surveillance des États-Unis et du Canada sont archivées et soumises à un contrôle de qualité dans la Base de données nationales sur la chimie atmosphérique et analysées par le système d'analyse (NAtChem) exploités par Environnement Canada (Environnement Canada, 2004). NatChem est en fait une base donnée centrale pour l'archivage, exploitée par le Service météorologique du Canada à laquelle peuvent participer divers réseaux d'Amérique du Nord sur la chimie de l'air et des précipitations. (Accès Internet au réseau NatChem : www.msc-smc.ec.gc.ca/natchem/index_f.html?)

Les données de la station de mesure de chimie des précipitations/dépôts humides située à Mingan sont disponibles via le service Internet de NatChem (voir exemple en Annexe 4). Le réseau de surveillance RCEPA récolte des données à la fois sur les dépôts acides humides et secs. Les dépôts totaux (secs + humides) sont importants à regarder pour l'effet sur les écosystèmes. Toutefois, la station de surveillance de la chimie des précipitations/dépôts humides inscrite dans le *Réseau canadien d'échantillonnage des précipitations et de l'air* (RCEPA) localisée à Mingan est une station de mesure des dépôts humides uniquement (Environnement Canada, 2004).

Les variables d'intérêt à consulter pour les autorités de la réserve de parc auprès de cette station sont tout spécialement les dépôts humides de soufre et d'azote et le pH des précipitations.

2.5.4 Cibles et seuils

Les cibles et les seuils devraient très certainement être établis séparément pour les tourbières ombrotrophes et les tourbières minérotrophes.

La littérature scientifique fournit des indications quant aux valeurs de pH ou de nutriments favorables aux diverses espèces. Néanmoins, les cibles et les seuils de la présente mesure doivent être fixés par rapport aux propriétés physiques des dépôts acides arrivant sur le site et non sur les propriétés de l'eau dans la tourbière elle-même.

Il est difficile de trancher sur une valeur unique de dépôts humides acides nuisibles aux tourbières. L'effet des dépôts d'azote (représentant un des éléments comptabilisé sous le terme « dépôt acide ») sur les sphaignes en tourbière ombrotrophe est peut-être l'aspect de cette question le plus documenté. En synthétisant divers ouvrages, on peut proposer qu'un effet négatif résultant de l'ajout d'azote atmosphérique se fait ressentir à partir de 10 kg de N / ha / an⁷ (voir Bobbink *et al.* 2002; Vitt *et al.* 2003; Bragazza *et al.* 2004). De là, s'engage un processus en chaîne où les plantes vasculaires peuvent être favorisées au détriment des sphaignes modifiant l'équilibre des espèces dans l'écosystème (Berendse *et al.*, 2001) et divers autres processus environnementaux. Ce seuil peut-être fortement influencé par les espèces présentes ou encore par l'historique des dépôts acides du site.

Nous pouvons également proposer aux autorités de parc de comparer sur une base régulière les dépôts acides humides mesurés à la station située à proximité de Mingan et la charge critique en dépôts acides fixée pour la région (milieu aquatique –lac– et terrestre –sol forestier–) pour fixer une sonnette d'alarme par rapport à ce stress (voir Environnement Canada, 2004).

⁷ Prendre note que la valeur fournie est en kg d'azote (N). Pour comparer la chimie des précipitations de la station d'échantillonnage de Mingan à ce seuil, l'azote des diverses molécules (Annexe 4) doit être isolé et additionné.

ANNEXE 1

Bryophytes des tourbières selon Belland et Schofield (1990) et leur précarité au niveau mondial et national :

habitat	rang global (rang G)	rare au Canada (rang N1 ou N2)	nom utilisé par les auteurs	nom accepté (selon le Système d'information taxonomique intégré du Gouvernement du Canada)
minérotrophe	G5		<i>Amblystegium riparium</i>	<i>Leptodictyum riparium</i>
minérotrophe	G5		<i>Amblystegium serpens</i>	
minérotrophe	G5		<i>Anastrophyllum minutum</i>	
minérotrophe	G5		<i>Aneura pinguis</i>	
minérotrophe	G5		<i>Aulacomnium palustre</i>	
minérotrophe	G5		<i>Brachythecium albicans</i>	
minérotrophe	G3G4		<i>Brachythecium calcareum</i>	
minérotrophe	G5		<i>Bryhnia novae-angliae</i>	
minérotrophe	G5		<i>Bryum pseudotriquetrum</i>	
minérotrophe	G4G5		<i>Bryum weigeli</i>	
minérotrophe	G5		<i>Calliergon cordifolium</i>	
minérotrophe	G5		<i>Calliergon giganteum</i>	
minérotrophe	G5		<i>Calliergon stramineum</i>	
minérotrophe	G4		<i>Calliergon trifarium</i>	
minérotrophe	G5		<i>Calypogeia neesiana</i>	
minérotrophe	G5		<i>Campylium chrysophyllum</i>	
minérotrophe	G4G5		<i>Campylium hispidulum</i>	
minérotrophe	G5		<i>Campylium polygamum</i>	
minérotrophe	G5		<i>Campylium stellatum</i>	
minérotrophe	G4G5		<i>Catoscopium nigrum</i>	
minérotrophe	G5		<i>Ceratodon purpureus</i>	
minérotrophe	G5		<i>Chiloscyphus polyanthos</i>	
minérotrophe	G5		<i>Cinclidium stygium</i>	
minérotrophe	GU		<i>Cinclidium subrotundum</i>	
minérotrophe	G5		<i>Cladopodiella fluitans</i>	
minérotrophe	G5		<i>Climacium dendroides</i>	
minérotrophe	G5		<i>Cratoneuron filicinum</i>	
minérotrophe	G5		<i>Desmatodon heimii</i>	
minérotrophe	G5		<i>Dicranum elongatum</i>	
minérotrophe	G5?		<i>Dicranum groenlandicum</i>	
minérotrophe	G2G4		<i>Dicranum leioneuron</i>	
minérotrophe	G4G5		<i>Dicranum majus</i>	
minérotrophe	G5		<i>Dicranum polysetum</i>	
minérotrophe	G5		<i>Dicranum scoparium</i>	
minérotrophe	G5		<i>Dicranum undulatum</i>	<i>Dicranum polysetum</i>
minérotrophe	G4G5		<i>Distichium inclinatum</i>	
minérotrophe	G5		<i>Ditrichum flexicaule</i>	
minérotrophe	G5		<i>Drepanocladus aduncus</i>	
minérotrophe	G5		<i>Drepanocladus fluitans</i>	<i>Warnstorfia fluitans</i> var. <i>fluitans</i>
minérotrophe	G4G5		<i>Drepanocladus revolvens</i>	<i>Limprichtia revolvens</i>
minérotrophe	G5TNR		<i>Drepanocladus uncinatus</i>	<i>Sanionia uncinata</i> var. <i>uncinata</i>
minérotrophe	G5		<i>Fissidens adianthoides</i>	
minérotrophe	G5		<i>Fissidens osmundoides</i>	
minérotrophe	G5		<i>Gymnostomum recurvirostrum</i>	
minérotrophe	G5		<i>Helodium blandowii</i>	

habitat	rang global (rang G)	rare au Canada (rang N1 ou N2)	nom utilisé par les auteurs	nom accepté (selon le Système d'information taxonomique intégré du Gouvernement du Canada)
minérotrophe	G4G5		<i>Hylocomium pyrenaicum</i>	<i>Hylocomiastrum pyrenaicum</i>
minérotrophe	G5		<i>Hylocomium splendens</i>	
minérotrophe	G5		<i>Hylocomium umbratum</i>	<i>Hylocomiastrum umbratum</i>
minérotrophe	G4G5		<i>Hypnum bambergeri</i>	
minérotrophe	G5		<i>Hypnum lindbergii</i>	
minérotrophe	G5		<i>Hypnum pallescens</i>	
minérotrophe	G5		<i>Hypnum pratense</i>	
minérotrophe	G3G5		<i>Hypnum vaucheri</i>	
minérotrophe	G4G5		<i>Loeskyphnum badium</i>	
minérotrophe	G4?		<i>Lophozia bantriensis</i>	
minérotrophe	G5		<i>Lophozia quadriloba</i>	<i>Barbilophozia quadriloba</i>
minérotrophe	G4?		<i>Lophozia rutheana</i>	
minérotrophe	G5		<i>Marchantia polymorpha</i>	
minérotrophe	G5		<i>Meesia triquetra</i>	
minérotrophe	G4?		<i>Moerckia hibernica</i>	
minérotrophe	G5		<i>Mylia anomala</i>	
minérotrophe	G5		<i>Oncophorus wahlenbergii</i>	
minérotrophe	G3G5		<i>Paludella squarrosa</i>	
minérotrophe	G5		<i>Plagiochila porelloides</i>	
minérotrophe	G5		<i>Plagiomnium ciliare</i>	
minérotrophe	G5		<i>Plagiomnium ellipticum</i>	
minérotrophe	G5		<i>Plagiomnium medium</i>	
minérotrophe	G5		<i>Pleurozium schreberi</i>	
minérotrophe	G2G3		<i>Pohlia sphagnicola</i>	
minérotrophe	G4		<i>Polytrichastrum pallidisetum</i>	<i>Polytrichum pallidisetum</i>
minérotrophe	G4		<i>Polytrichum strictum</i>	
minérotrophe	G5		<i>Preissia quadrata</i>	
minérotrophe	G5		<i>Ptilidium ciliare</i>	
minérotrophe	G5		<i>Ptilium crista-castrensis</i>	
minérotrophe	G5		<i>Racomitrium lanuginosum</i>	
minérotrophe	G4G5		<i>Rhizomnium magnifolium</i>	
minérotrophe	G5		<i>Rhizomnium pseudopunctatum</i>	
minérotrophe	G5		<i>Rhizomnium punctatum</i>	
minérotrophe	G4G5		<i>Rhytidiadelphus subpinnatus</i>	<i>Rhytidiadelphus squarrosus</i>
minérotrophe	G5		<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	
minérotrophe	G5		<i>Riccardia multifida</i>	
minérotrophe	G5		<i>Schistidium apocarpum</i>	
minérotrophe	G2G4		<i>Schistidium trichodon</i>	
minérotrophe	G4G5		<i>Scorpidium scorpioides</i>	
minérotrophe	G3G5		<i>Scorpidium turgescens</i>	<i>Pseudocalliergon turgescens</i>
minérotrophe	G5		<i>Sphagnum capillifolium</i>	
minérotrophe	G5		<i>Sphagnum fuscum</i>	
minérotrophe	G5		<i>Sphagnum girgensohnii</i>	

habitat	rang global (rang G)	rare au Canada (rang N1 ou N2)	nom utilisé par les auteurs	nom accepté (selon le Système d'information taxonomique intégré du Gouvernement du Canada)
minérotrophe	G5		<i>Sphagnum rubellum</i>	
minérotrophe	GNR		<i>Sphagnum subfulvum</i>	<i>Sphagnum nitidum</i>
minérotrophe	G5		<i>Sphagnum teres</i>	
minérotrophe	G5		<i>Sphagnum warnstorffii</i>	
minérotrophe	G4		<i>Tetraplodon angustatus</i>	
minérotrophe	G4		<i>Tetraplodon mnioides</i>	
minérotrophe	G5		<i>Thuidium recognitum</i>	
minérotrophe	G3G5		<i>Tomenthypnum falcifolium</i>	
minérotrophe	G5		<i>Tomenthypnum nitens</i>	
minérotrophe	G5		<i>Tortella fragilis</i>	
minérotrophe	G5		<i>Tortella tortuosa</i>	
minérotrophe	G5		<i>Tritomaria quinquedentata</i>	
minérotrophe	G3G5		<i>Ulotia phyllantha</i>	
non défini	G4G5		<i>Abietinella abietina</i>	
non défini	G3G4		<i>Brachythecium calcareum</i>	
non défini	G5		<i>Calliergon cordifolium</i>	
non défini	G5		<i>Calliergon stramineum</i>	
non défini	G5		<i>Campylium stellatum</i>	
non défini	G4G5		<i>Catoscopium nigrum</i>	
non défini	G5		<i>Ceratodon purpureus</i>	
non défini	G5		<i>Cinclidium stygium</i>	
non défini	G5		<i>Dicranum fuscescens</i>	
non défini	G4G5		<i>Dicranum majus</i>	
non défini	G5		<i>Dicranum polysetum</i>	
non défini	G5		<i>Dicranum undulatum</i>	<i>Dicranum polysetum</i>
non défini	G5		<i>Ditrichum flexicaule</i>	
non défini	G5		<i>Drepanocladus aduncus</i>	
non défini	G5TNR		<i>Drepanocladus fluitans</i>	<i>Warnstorffia fluitans</i> var. <i>fluitans</i>
non défini	G4G5		<i>Drepanocladus revolvens</i>	<i>Limprichtia revolvens</i>
non défini	G5TNR		<i>Drepanocladus uncinatus</i>	<i>Sanionia uncinata</i> var. <i>uncinata</i>
non défini	G5		<i>Fissidens adianthoides</i>	
non défini	G4G5		<i>Hylocomium pyrenaicum</i>	<i>Hylocomiastrum pyrenaicum</i>
non défini	G5		<i>Hylocomium splendens</i>	
non défini	G5		<i>Hylocomium umbratum</i>	<i>Hylocomiastrum umbratum</i>
non défini	G5		<i>Hypnum lindbergii</i>	
non défini	G5		<i>Hypnum pratense</i>	
non défini	G5		<i>Lophozia quadriloba</i>	<i>Barbilophozia quadriloba</i>
non défini	G4		<i>Meesia uliginosa</i>	
non défini	G5		<i>Mylia anomala</i>	
non défini	G5		<i>Pellia neesiana</i>	
non défini	G5		<i>Plagiochila porelloides</i>	
non défini	G5		<i>Pleurozium schreberi</i>	
non défini	G5		<i>Pohlia nutans</i>	

habitat	rang global (rang G)	rare au Canada (rang N1 ou N2)	nom utilisé par les auteurs	nom accepté (selon le Système d'information taxonomique intégré du Gouvernement du Canada)
non défini	G5		<i>Reboulia hemisphaerica</i>	
non défini	G4G5		<i>Rhizomnium magnifolium</i>	
non défini	G5		<i>Rhizomnium punctatum</i>	
non défini	G5		<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	
non défini	G4G5		<i>Scorpidium scorpioides</i>	
non défini	G5		<i>Sphagnum capillifolium</i>	
non défini	G5		<i>Sphagnum fuscum</i>	
non défini	G5		<i>Sphagnum quinquefarium</i>	
non défini	GNR		<i>Sphagnum subfulvum</i>	<i>Sphagnum nitidum</i>
non défini	G5		<i>Sphagnum warnstorffii</i>	
non défini	G3G5		<i>Tetraphis geniculata</i>	
non défini	G5		<i>Tetraphis pellucida</i>	
non défini	G5		<i>Thuidium recognitum</i>	
non défini	G5		<i>Tomenthypnum nitens</i>	
non défini	G5		<i>Tortella fragilis</i>	
non défini	G5		<i>Tortella tortuosa</i>	
non défini	G5		<i>Tortula norvegica</i>	
non défini	G5		<i>Trichocolea tomentella</i>	
ombrotrophe	G5		<i>Aulacomnium palustre</i>	
ombrotrophe	G5		<i>Calliergon stramineum</i>	
ombrotrophe	G5		<i>Campylium stellatum</i>	
ombrotrophe	G5		<i>Cladopodiella fluitans</i>	
ombrotrophe	G5		<i>Dicranum elongatum</i>	
ombrotrophe	G2G4		<i>Dicranum leioneuron</i>	
ombrotrophe	G5		<i>Dicranum polysetum</i>	
ombrotrophe	G5		<i>Dicranum undulatum</i>	<i>Dicranum polysetum</i>
ombrotrophe	G5TNR		<i>Drepanocladus exannulatus</i>	<i>Warnstorffia exannulata</i> var. <i>exannulata</i>
ombrotrophe	G5TNR		<i>Drepanocladus fluitans</i>	<i>Warnstorffia fluitans</i> var. <i>fluitans</i>
ombrotrophe	G5		<i>Hypnum pallescens</i>	
ombrotrophe	G5	N2	<i>Hypnum plicatulum</i>	
ombrotrophe	G5		<i>Hypnum pratense</i>	
ombrotrophe	G5		<i>Leptobryum pyriforme</i>	
ombrotrophe	G5		<i>Mylia anomala</i>	
ombrotrophe	G5		<i>Nowellia curvifolia</i>	
ombrotrophe	G5		<i>Oncophorus wahlenbergii</i>	
ombrotrophe	G3G5		<i>Paludella squarrosa</i>	
ombrotrophe	G5		<i>Pleurozium schreberi</i>	
ombrotrophe	G5		<i>Pohlia nutans</i>	
ombrotrophe	G2G3		<i>Pohlia sphagnicola</i>	
ombrotrophe	G4		<i>Polytrichum strictum</i>	
ombrotrophe	G5		<i>Ptilidium ciliare</i>	
ombrotrophe	G4G5		<i>Scorpidium scorpioides</i>	
ombrotrophe	G5		<i>Sphagnum capillifolium</i>	

habitat	rang global (rang G)	rare au Canada (rang N1 ou N2)	nom utilisé par les auteurs	nom accepté (selon le Système d'information taxonomique intégré du Gouvernement du Canada)
ombrotrophe	G5		<i>Sphagnum cuspidatum</i>	
ombrotrophe	G5		<i>Sphagnum fuscum</i>	
ombrotrophe	G5		<i>Sphagnum girgensohnii</i>	
ombrotrophe	G5?		<i>Sphagnum lindbergii</i>	
ombrotrophe	G5		<i>Sphagnum magellanicum</i>	
ombrotrophe	G5?		<i>Sphagnum majus</i>	
ombrotrophe	G5		<i>Sphagnum pulchrum</i>	
ombrotrophe	G5		<i>Sphagnum recurvum</i>	
ombrotrophe	G5		<i>Sphagnum rubellum</i>	
ombrotrophe	G5		<i>Sphagnum squarrosum</i>	
ombrotrophe	GNR		<i>Sphagnum subfulvum</i>	<i>Sphagnum nitidum</i>
ombrotrophe	G5		<i>Sphagnum tenellum</i>	
ombrotrophe	G4		<i>Tetraplodon mnioides</i>	
ombrotrophe	G3G5		<i>Tomenthypnum falcifolium</i>	
ombrotrophe	G5		<i>Tomenthypnum nitens</i>	

Brève signification de divers rangs cités :

G1 : Péril critique; risque d'extinction dû à une rareté extrême (souvent moins de cinq populations), déclin rapide ou autre

G2 : En péril; très haut risque d'extinction dû à une répartition restreinte, peu de populations (souvent < 20), déclin rapide ou autre

G3 : Vulnérable; risque modéré d'extinction dû à une répartition restreinte, relativement peu de populations (souvent < 80), déclin récent et étendu, ou autre

G4 : Statut sécurisé en apparence; non commun mais non rare, certaines inquiétudes à long terme quant à des déclins ou autres

G5 : Statut sécurisé; taxon commun, abondant et bien distribué

G#G# : Le statut n'est pas établi entre les 2 rangs

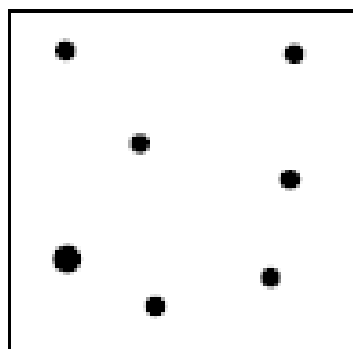
? : Rang numérique inexact. Dénote d'un certain doute sur le rang

GU : Manque d'information, information contradictoire ou le statut couvre plus d'un rang d'écart

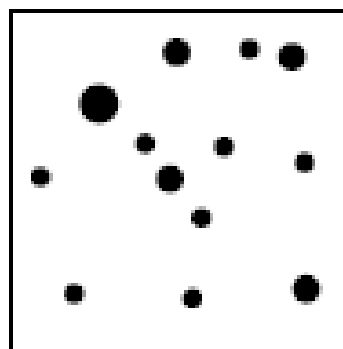
GNR : Rang non établi

ANNEXE 2

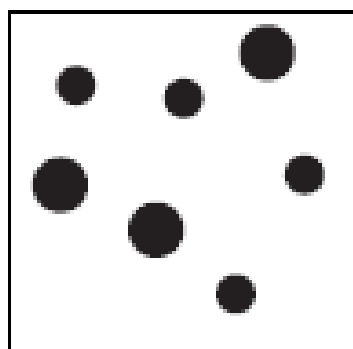
Exemples de valeurs de % de recouvrement (Source : Quinty et Rochefort, 2003)



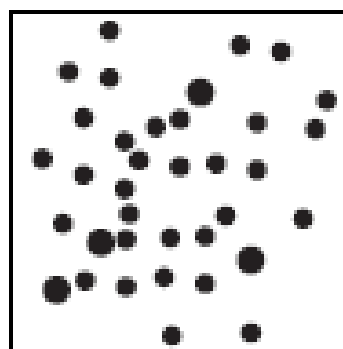
2%



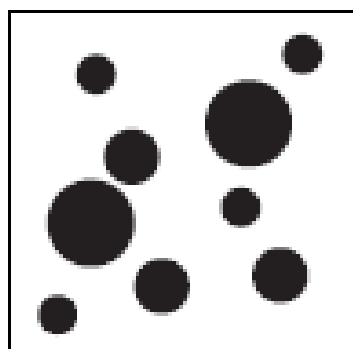
5%



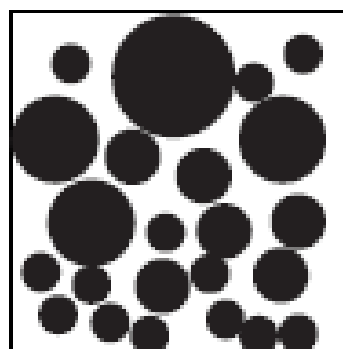
10 %



10%



20%



50%

ANNEXE 3

Indicateurs climatiques liés à la température proposés par le Consortium Ouranos (Source : www2.ouranos.ca)

INDICATEURS CALCULÉS À PARTIR DES VALEURS DE LA TEMPÉRATURE ANNUELLE OU SAISONNIÈRE

Tendance des températures annuelles maximales

Tendance des températures annuelles minimales

Tendance des températures annuelles moyennes

Tendance des températures maximales observées durant les quatre saisons de l'année : l'hiver, le printemps, l'été et l'automne.

Tendance des températures minimales observées durant les quatre saisons de l'année : l'hiver, le printemps, l'été et l'automne

Rappel

Les tendances ont été calculées par la méthode non paramétrique de Sen et leur degré de signification a été calculé en utilisant le test non paramétrique de Mann-Kendall.

Les températures saisonnières ont été calculées de la façon suivante :

- La température de l'hiver de l'année A est calculée en effectuant la moyenne de la température du mois de décembre de l'année (A-1), de la température du mois de janvier de l'année A et la température du mois de février de l'année A.
- La température du printemps de l'année A est calculée en effectuant la moyenne des températures des mois de mars, avril et mai de l'année A.
- La température de l'été de l'année A est calculée en effectuant la moyenne des températures des mois de juin, juillet et août de l'année A.
- La température de l'automne de l'année A est calculée en effectuant la moyenne des températures des mois de septembre, octobre et de novembre de l'année A.

INDICATEURS CALCULÉS À PARTIR DES DONNÉES DE LA TEMPÉRATURE QUOTIDIENNE

Percentiles 90 et 95 en °C des températures maximales durant les saisons de l'hiver, du printemps, de l'été et de l'automne.

Percentile 98 en °C des températures maximales durant la saison de l'été.

Percentiles 10 et 5 en °C des températures minimales durant les saisons de l'hiver, du printemps, de l'été et de l'automne.

Percentile 2 en °C des températures minimales durant la saison de l'hiver.

Écart diurne moyen en °C durant les saisons de l'hiver, du printemps, de l'été et de l'automne : l'écart diurne moyen saisonnier est obtenu en calculant la moyenne de toutes les différences entre les températures quotidiennes maximale et minimale pour une saison donnée.

Longueur de la saison de croissance en jours : le début de la saison de croissance est la date du début de la première séquence où la température quotidienne moyenne est strictement supérieure à 5 °C pendant au moins six jours. La fin de la saison de croissance est la date du début de la première séquence où la température quotidienne moyenne est strictement inférieure à 5 °C pendant au moins six jours. On suppose que la saison de croissance doit être comprise entre le 15 mars et le 15 novembre.

Longueur de la saison de gel soutenu en jours : le début de la saison de gel soutenu est la date du début de la première séquence où la température quotidienne moyenne est strictement inférieure à 0 °C pendant au moins six jours. La fin de la saison de gel soutenu est la date du début de la première séquence où la température quotidienne moyenne est strictement supérieure à 0 °C pendant au moins six jours.

Longueur de la saison de gel non soutenu en jours : le début de la saison de gel non soutenu correspond à la date de la première journée où la température quotidienne minimale est strictement inférieure à 0 °C. La fin de la saison de gel non soutenu correspond à la date de la première journée où la température quotidienne minimale est strictement supérieure à 0 °C.

Le nombre de jours où il y a eu gel et dégel dans la même journée en jours : cet indicateur est calculé pour les saisons de l'hiver, du printemps et de l'automne.

La durée en jours et la fréquence (nombre de séquences) de la vague de froid : une vague de froid correspond à une séquence où pendant au moins trois jours la température quotidienne est inférieure à la température quotidienne minimale normale moins 5 °C.

La durée en jours et la fréquence (nombre de séquences) de la vague de chaleur : une vague de chaleur correspond à une séquence où pendant au moins trois jours la température quotidienne maximale est supérieure à 30 °C et la température quotidienne minimale est supérieure à 22 °C.

Le cumul annuel des degrés-jours en °C au dessus de 5 °C : la valeur des degrés-jours pour une journée donnée est obtenue en calculant la différence entre la température quotidienne moyenne et la température de référence (dans ce cas 5 °C). Si la différence est négative, alors la valeur des degrés-jours de cette journée est nulle.

Le cumul annuel des degrés-jours en °C au dessus de 22 °C : la valeur des degrés-jours pour une journée donnée est obtenue en calculant la différence entre la température

quotidienne moyenne et la température de référence (dans ce cas 22 °C). Si la différence est négative, alors la valeur des degrés-jours de cette journée est nulle.

Le cumul annuel des degrés-jours en °C au dessus de 25 °C : la valeur des degrés-jours pour une journée donnée est obtenue en calculant la différence entre la température quotidienne moyenne et la température de référence (dans ce cas 25 °C). Si la différence est négative, alors la valeur des degrés-jours de cette journée est nulle.

Le cumul annuel des degrés-jours en °C au dessous de 0 °C : la valeur des degrés-jours pour une journée donnée est obtenue en calculant la différence entre la température de référence (dans ce cas 0 °C) et la température quotidienne moyenne. Si la différence est négative, alors la valeur des degrés-jours de cette journée est nulle.

Le cumul annuel des degrés-jours en °C au dessous de 18 °C : la valeur des degrés-jours pour une journée donnée est obtenue en calculant la différence entre la température de référence (dans ce cas 18 °C) et la température quotidienne moyenne. Si la différence est négative, alors la valeur des degrés-jours de cette journée est nulle.

ANNEXE 4

Exemple de données fournies par le réseau NatChem pour la station d'échantillonnage de Mingan
(source : Fichier de données sélectionnées; NatChem; www.on.ec.gc.ca/natchem/User/SearchData.aspx)

NATIONAL ATMOSPHERIC CHEMISTRY (NatChem) DATABASE													4
2004 ANNUAL													
SUMMARY STATISTICS OF PRECIPITATION CHEMISTRY DATA													
NatChem Station ID: CAPMCAQ1MIN			Period Covered: 01 JAN 2004 to 01 JAN 2005					Network: CAPMoN					
Latitude: 50° 16' 00"			Site Name: Mingan (PQ)					Possible Sampling Periods: 366					
Longitude: 64° 13' 00"								% Precipitation Coverage Length: 100 %					
Site Rating: 1								Actual Precipitation Sampling Periods: 152					
Sampling Period: Daily								Trace Sampling Periods: 5					
Sea Salt Correction: 16 %								Non-Trace Sampling Periods: 147					
	pH	H ⁺	SO ₄ ⁼	nssSO ₄ ⁼	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	%IB	
DATA COMPLETENESS													
Total Precipitation from Valid Samples (% TP)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	
% Valid Sample Length (% VSL)	97	97	99	99	99	99	96	98	98	98	98	94	
% Valid Wet Samples (% VSMP)	93	93	99	99	99	99	90	97	97	97	97	89	
% Collection Efficiency (% CE)	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	
No. of Samples Below Detection Limit	na	na	0	0	0	0	6	0	0	1	1	na	
Data Completeness Rating	4(4112)	4(4112)	4(4112)	4(4112)	4(4112)	4(4112)	4(4112)	4(4112)	4(4112)	4(4112)	4(4112)	na	
DISTRIBUTION TEST ^a													
Normal	0.141	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Log-Normal	0.071	0.137	0.003	0.010	0.000	0.135	0.000	0.856	0.130	0.305	0.063	na	
CONCENTRATION ^b													
Arithmetic Mean	4.741	0.029	1.350	1.204	1.228	1.039	0.237	0.636	0.114	0.082	0.049	-5.189	
Arithmetic Standard Deviation	0.428	0.032	1.467	1.435	1.322	1.591	0.306	1.151	0.142	0.124	0.062	13.365	
Geometric Mean	4.722	0.018	0.707	0.561	0.654	0.406	0.082	0.209	0.060	0.035	0.026	na	
Geometric Standard Deviation	1.095	2.678	3.631	3.984	3.661	4.279	6.125	4.830	3.309	3.881	3.142	na	
Minimum	3.619	0.002	0.027	0.018	0.002	0.021	<0.001	0.002	0.004	<0.005	<0.005	-80.100	
10th Percentile	4.196	0.005	0.101	0.074	0.120	0.050	0.007	0.025	0.012	0.005	0.005	-23.600	
25th Percentile	4.423	0.008	0.328	0.195	0.266	0.143	0.026	0.067	0.025	0.013	0.011	-8.600	
50th Percentile	4.717	0.019	0.787	0.474	0.710	0.408	0.124	0.216	0.065	0.037	0.024	-1.200	
75th Percentile	5.097	0.037	1.799	1.681	1.710	1.185	0.322	0.608	0.158	0.087	0.056	1.800	
90th Percentile	5.333	0.061	3.291	3.136	2.535	2.431	0.688	1.550	0.290	0.211	0.140	4.700	
Maximum	5.679	0.240	8.121	8.022	6.132	8.292	1.582	7.679	0.989	0.752	0.447	25.200	
Precipitation-Weighted Mean (mg/l)	4.777 ^c	0.017	0.851	0.716	0.659	0.945	0.126	0.547	0.064	0.069	0.031	na	
Wet Deposition (kg/ha/yr)	na	0.185	9.431	7.940	7.299	10.474	1.398	6.061	0.713	0.760	0.342	na	
Total Precipitation (cm)	110.82	110.82	110.82	110.82	110.82	110.82	110.82	110.82	110.82	110.82	110.82	na	

Notes:

a : probability value, $P, Y/P < \text{chosen confidence level (e.g. 0.05)}$, then data do not fit the stated distribution

b : In mg/l, except pH and %IB

c : Calculated from H⁺ concentration, then converted to pH

* : Maximum of standard gauge and collector depth is used

20SEP2005

Mingan (PQ)

Notes:

< : Denotes below detection limit
na : Not Applicable to this column
-- : Data not available
nssSO₄⁻ : is non-sea-salt sulphate
10SEP2005

a : probability value, P. If P < chosen confidence level (e.g. 0.05), then data do not fit the stated distribution
b : In mg/l, except pH and %IB
c : Calculated from H⁺ concentration, then converted to pH
* : Maximum of standard gauge and collector depth is used
Mingan (PQ)

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aerts R., B. Wallen & N. Malmer. 2002. Growth-limiting nutrients in *Sphagnum*-dominated bogs subject to low and high atmospheric nitrogen supply. *The Journal of Ecology* 80: 131-140.
- Bakker, J.P., H. Olff, J.H. Willems & M. Zobel. 1996. Why do we need permanent plots in the study of long-term vegetation dynamics. *Journal of Vegetation Science* 7: 147-156.
- Bégin, Y. 2001. Tree-ring dating of extreme lake levels at the subarctic-boreal interface. *Quaternary Research* 55: 133-139.
- Bégin, Y. 2006. Les changements climatiques en cours dans le Nord du Québec. Mémoire présenté à la Commission parlementaire sur les transports et l'environnement, sous le thème de l'impact du réchauffement climatique dans le Nord du Québec, Assemblée nationale du Québec, Lundi le 18 septembre 2006, 15 p.
- Belland, R. J. 1987. The moss flora of the gulf of St. Lawrence region: ecology and phytogeography. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory* 62: 205-267.
- Belland, R. J. 1998. The rare mosses of Canada. A review and first listing. *Devonian Botanic Garden, University of Alberta, pour le Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada (CSEMDC)*, 91 p.
- Belland, R. J. & W. B. Schofield. 1990. The bryophytes of Mingan Archipelago National Park Reserve, Department of botany, University of British Columbia, 162 p.
- Belland, R. J., W. B. Schofield & T. A. Hedderson. 1992. Bryophytes of Mingan Archipelago National Park Reserve, Quebec: a boreal flora with arctic and alpine components. *Canadian Journal of Botany* 70: 2207-2222.
- Berendse, F., N. van Breemen, H. Rydin, A. Buttler, M. heijmans, M. R. Hoosbeek, Johan A. Lee, E. Mitchell, T. Saarinen, H. Vassander & B. Wallén. 2001. Raised atmospheric CO₂ level and increased N deposition cause shifts in plant species composition and production in *Sphagnum* bogs. *Global Change Biology* 7: 591-598.
- Bobbink, R., M. Ashmore, S. Braun, W. Flückiger & I. J. J. Van den Wyngaert. 2002. Empirical nitrogen critical loads for natural and semi-natural ecosystems: 2002 update. Background document of the Expert workshop on Empirical Critical Loads for Nitrogen UN ECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, Bern, Switzerland : Swiss Agency for the Environment, Forest and Landscape, 102 p.

- Bragazza, L., T. Tahvanainen, L. Kutnar, H. Rydin, J. Limpens, M. Hajek, P. Grosvernier, T. Hajek, P. Hajkova, I. Hansen, P. Iacumin & R. Gerdol. 2004. Nutritional constraints in ombrotrophic *Sphagnum* plants under increasing atmospheric nitrogen deposition in Europe. *New Phytologist* 163: 609-616.
- Bubier, J. L., G. Bhatia, T. R. Moore, N. T. Roulet & P. M. Lafleur. 2003a. Spatial and temporal variability in growing-season net ecosystem carbon dioxide exchange at a large peatland in Ontario, Canada. *Ecosystems* 6: 353-367.
- Bubier, J., P. Crill, A. Mosedale, S. Frolking & E. Linder. 2003b. Peatland responses to varying interannual moisture conditions as measured by automatic CO₂ chambers. *Global Biogeochemical Cycles* 17: 1066.
- Bullock, J. 1996. Plants, dans *Ecological Census Techniques, a handbook*. W.J. Sutherland (éd.). Cambridge University Press, P.111-138.
- Buteau, P., N. Dignard, N. & P. Grondin. 1994. Système de classification des milieux humides du Québec. Direction de la recherche géologique, Division des minéraux industriels, financé par le Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources du Canada et le Ministère des Ressources naturelles du Québec. 25 p.
- Campbell, D. & L. Rochefort. 2001. La végétation : gradients, dans *Écologie des tourbières du Québec-Labrador*, Payette, S. & L. Rochefort (éd.). Les Presses de l'Université Laval, Ste-Foy. P.129-140.
- Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec. 2007. Extractions du système de données pour le territoire de Havre Saint-Pierre. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, 34 pages.
- Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ). Les plantes menacées ou vulnérables du Québec [en ligne : www.cdpnq.gouv.qc.ca/pdf/liste_alpha_menacees_vulnerables.pdf] (Page consultée le 15/02/2006).
- Charman, D. J. 2002. *Peatland systems and environmental change*. John Wiley & Sons, Chichester Ltd. 301 p.
- Clymo, R. S. 1965. Experiments on breakdown of *Sphagnum* in two bogs. *Journal of Ecology* 53: 547-558
- Clymo, R. S. 1970. The growth of *Sphagnum*: methods of measurement. *Journal of Ecology* 58: 13-49.

- Clymo, R. S. 1984. Sphagnum-dominated peat bog: a naturally acid ecosystem. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, Biological Sciences* 305: 487-499.
- Collin, J. 2005. Dispositifs expérimentaux, BVG-60678, Notes de cours. Département de phytologie, Université Laval. 304 p.
- Couillard, L. & P. Grondin. 1986. La végétation des milieux humides du Québec, Les publications du Québec, Gouvernement du Québec. 400 p.
- Couillard, L., P. Grondin et collaborateurs. 1983. Les îles de Mingan des siècles à raconter. Direction générale des publications gouvernementales du Ministère des Communications, Québec. 241 p.
- Del Degan, Massé & Associés inc. 1998. Inventaire et description des écosystèmes terrestres, Réserve de parc national de l'Archipel-de-Mingan. Tome 1 : Description générale des écosystèmes terrestres. Tome 2 : Cahier des annexes. Tome 3 : Description des écosystèmes par île. Tome 4 : Cahier d'inventaire. Tome 5 : Implantation d'un réseau permanent de suivi des écosystèmes terrestres. Tome 6 : Description générale des écosystèmes terrestres- secteur est.
- Del Degan, Massé & Associés inc. 2004. Priorités de conservation. Réserve de parc national du Canada de l'Archipel-de-Mingan. Parcs Canada. Volume 1. Rapport. Volume 2. Cahier des annexes. Volume 3. Compendium cartographique.
- Elzinga, C. L., D. W. Salzer, J. W. Willoughby & J. P. Gibbs. 2001. Monitoring plant and animal populations. Blackwell Science Inc. 360 p.
- Environnement Canada, Service météorologique du Canada. 2004. Évaluation scientifique 2004 des dépôts acides au Canada [Ressources électroniques], 440 p.
- Environnement Canada, Réseau d'Évaluation et de Surveillance Écologique (RESE). Phénologie des plantes, [mis à jour 24/07/2004], < <http://www.eman-rese.ca/rese/ecotools/protocols/terrestrial/plant/intro.html> >, (Page consultée le 15/03/2007).
- Environnement Canada. Un regard sur les changements climatiques au Canada : L'étude pancanadienne [mis à jour le 16/05/2005] <http://www.ec.gc.ca/climate/overview_canada-f.html>, (consulté le 11/01/2007).
- Environmental Protection Agency (EPA). 2002a. Methods for evaluating wetland condition: Using vegetation to assess environmental conditions in wetlands.

Office of water, U.S Environmental Protection Agency, Washington, DC.
EPA-822-R-02-020.

Environmental Protection Agency (EPA). 2002b. Methods for evaluating wetland condition: Study design for monitoring wetlands. Office of Water, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA-822-R-02-015.

European Climate Assessment & Dataset. Indices dictionary. [Date de mise à jour non indiquée], <<http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>>, (Page consultée le 23/03/2007).

FORAMEC. 1992. Monitoring 1991 : Impacts d'utilisation sur les milieux fragiles, Réserve de parc national de l'Archipel de Mingan. 35 p. + annexes.

Froking, S. E., J. L. Bubier, T. R. Moore, T. Ball, L. M. Bellisario, A. Bhardwaj, P. Carroll, P. M. Crill, P. M. Lafleur, J. H. McCaughey, N. T. Roulet, A. E. Suyker, S. B. Verma, J. M. Waddington & G. J. Whiting. 1998. Relationship between ecosystem productivity and photosynthetically active radiation for northern peatlands. *Global Biogeochemical Cycles* 12: 115-126.

Garneau, M. 2001. Statut trophique des taxons préférentiels et des taxons fréquents mais non préférentiels des tourbières naturelles du Québec-Labrador, dans *Écologie des tourbières du Québec-Labrador*, S. Payette & L. Rochefort (éd.). Les Presses de l'Université Laval, Ste-Foy. P.523-531.

Gignac, L. D. 2001. Bryophytes as indicators of climate change. *The Bryologist* 104: 410-420.

Gignac, L. D. & D. H. Vitt. 1994. Responses of northern peatlands to climate change: effects on bryophytes. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory* 75: 119-132.

Gitay, H., A. Suárez, R. T. Watson & D. Jon Dokken. 2002. Les changements climatiques et la biodiversité, Document technique V du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC). 72 p. + annexes non paginées.

Glaser, P. H. & J. A. Janssens. 1986. Raised bog in eastern North America: transitions in landforms and gross stratigraphy. *Canadian Journal of Botany* 64: 395-415.

Gorham, E., 1991. Northern peatlands: role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming. *Ecological Applications* 1 : 182-195.

Gratton, L., D. Robert, M. Chagnon, J. Levasseur & R. Perreault. 1989. Protocole pour le suivi environnemental des milieux écologiques, Tome 1 : L'évaluation et le suivi de l'impact des visiteurs sur les milieux écologiques fragiles de

l'Archipel de Mingan, par les consultants SOGEAM inc., Projet 87-1156, 152 p. + annexes.

Grondin, P., J. L. Blouin & D. Bouchard. 1980. Étude phyto-écologique de l'archipel de Mingan, pour Le Groupe Dryade, Tome 1 : Le cadre écologique, Tome 2 : La végétation Tome 3 : Cartographie.

Grondin, P., L. Couillard, D. Bouchard, & R. Thériault. 1983. Brève description et cartographie de la végétation de l'archipel de Mingan. Ministère de l'Environnement du Québec, Direction des réserves écologiques et des sites naturels, en collaboration avec le Groupe Dryade. 97 p. et annexe non paginée.

Groupe Dryade ltée. 1986a. Tome 1 : Présentation de la classification et description des habitats. Tome 2 : Présentation des îles. Tome 3 : Description des groupements végétaux sur fiches signalétiques. Tome 4 : Tableaux de végétation. Tome 5 : Cartographie des groupements végétaux à l'échelle 1 : 10 000. Tome 6 : Localisation des groupements végétaux d'intérêt.

Groupe Dryade ltée. 1986b. La flore vasculaire de l'archipel de Mingan. Tome 1 : Description et analyse, Tome 2 (2 volumes) : Fiches décrivant les stations de plantes rares, Tome 3 : Localisation des stations de plantes rares.

Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC). 2001. Bilan 2001 des changements climatiques : Conséquence, adaptation et vulnérabilité, Rapport du groupe de travail II du GIEC. 97 p.

Gunnarsson, U., H. Rydin & H. Sjörs. 2000. Diversity and pH changes after 50 years on the boreal mire Skattlösbergs Stormosse, Central Sweden. *Journal of Vegetation Science* 11: 277-286.

Gunnarsson, U., N. Malmer & H. Rydin. 2002. Dynamics or constancy in *Sphagnum* dominated mire ecosystems? A 40-year study. *Ecography* 25: 685-704.

Lachance, D., C. Lavoie & A. Desrochers. 2005. The impact of peatland afforestation on plant and bird diversity in southeastern Québec. *Écoscience* 12: 161-171.

Lavoie, C. & D. Lachance. 2006. A new herbarium-based method for reconstructing the phenology of plant species across large areas. *American Journal of Botany* 93: 512-516.

Limpens, J., F. Berendse & H. Klees. 2003. N deposition affects N availability in interstitial water, growth of *Sphagnum* and invasion of vascular plants in bog vegetation. *New Phytologist* 157: 339-347.

Marie-Victorin, Fr. 1995. Flore laurentienne, 3^e édition, Gaëtan Morin, éditeur. 1093 p.

- Marie-Victorin, Fr. & Fr. Rolland-Germain. 1963. Flore de l'Anticosti-Minganie, Les Presses de l'Université de Montréal, Montréal. 529 p.
- Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). Le réchauffement du climat : une réalité au Québec méridional, avec la participation de Ouranos, <http://www.mddep.gouv.qc.ca/communiqués/2005/c051205_carte.pdf> (consulté le 11/01/2007).
- Moore, T.R. 2001. Les processus biogéochimiques liés au carbone, dans *Écologie des tourbières du Québec-Labrador*. S. Payette & L. Rochefort (éd.). Les Presses de l'Université Laval, Ste-Foy. P. 183-197.
- Moore, T. & N. Basiliko. 2006. Decomposition, dans R.K. Wieder & D.H. Vitt, (éd.) *Boreal Peatland Ecosystems*. Ecological Studies 188, Springer-Verlag, Berlin, Allemagne.
- Moore, T. R., N. T. Roulet & M. Waddington. 1998. Uncertainty in predicting the effect of climatic change on the carbon cycling of Canadian peatlands. *Climate Change* 40: 229-245.
- Moore, T. R., J. L. Bubier, S. E. Froking, P. M. Lafleur & N. T. Roulet. 2002. Plant biomass and production and CO₂ exchange in an ombrotrophic bog. *Journal of Ecology* 90: 25-36.
- Morgan, C. P. & M. H. Slolt. 2004. A comparison of several approaches to monitor water-table fluctuations. *Soil Science Society of America Journal* 68: 562-566.
- Nature Serve. NatureServe Explorer Plants/Animals, [En ligne le 06/10/2006], <http://www.natureserve.org/explorer/servlet/NatureServe?init=Species> (Page consultée le 22/03/2007).
- Parcs Canada. 2005. Les sources locales de pollution atmosphériques et les parcs nationaux du Canada : Sommaire par écozone. Rapports en matière de sciences des écosystèmes 20, RWDI West Inc., Highwood Environmental Management Ltd., Neil Munro & David Welch.
- Parmesan, C. & G. Yohe. 2003. A globally fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37-42.
- Payette, S. 2001. Les principaux types de tourbières, dans S. Payette & L. Rochefort (éd.), *Écologie des tourbières du Québec-Labrador*, Les presses de l'Université Laval, Ste-Foy. P. 39-90.

- Payette, S. & B. Gauthier. 1972. Les structures de végétation : interprétation géographique et écologique, classification et application. *Le Naturaliste Canadien* 99: 1-26.
- Pellerin, S. & C. Lavoie. 2003. Reconstructing the recent dynamics of mires using a multitechnique approach. *Journal of Ecology* 91: 1008-1021.
- Poulin, M., L. Rochefort, F. Quinty & C. Lavoie. 2005. Spontaneous revegetation of mined peatlands in eastern Canada. *Canadian Journal of Botany* 83: 539-557.
- Pouliot, R. 2006. Les effets fertilisants de la grande oie des neiges sur la dynamique des milieux humides de l'île Bylot, Nunavut : impact du tapis de bryophytes, Département de phytologie, Université Laval, thèse (maîtrise). 131 p.
- Price, J. S. 2001. L'hydrologie, dans S. Payette & L. Rochefort (éd.), *Écologie des tourbières du Québec-Labrador*, Les presses de l'Université Laval, Ste-Foy. P.141-158.
- Proctor, M. C. F. & E. Maltby. 1998. Relationships between acid atmospheric deposition and the surface pH of some ombrotrophic bogs in Britain. *Journal of Ecology* 86: 329-340.
- Quinty, F. & L. Rochefort. 2003. Guide de restauration des tourbières, 2e éd. Association canadienne de mousse de sphaigne et Ministère des Ressources naturelles du Nouveau-Brunswick. Québec, Québec. 119 p.
- Roberts-Pichette, P. & L. Gillepsie. 1999. Protocoles de suivi de la biodiversité végétale terrestre, pour le compte du Groupe de travail sur les protocoles de suivi des végétaux du Conseil scientifique de la biodiversité canadienne pour le Réseau d'Évaluation et de Surveillance Écologique (RESE), Collection des publications hors-série du RESE, Rapport n° 9, Bureau de coordination du RESE, Centre canadien des eaux intérieures. 138 p.
- Rochefort, L., D. H. Vitt, & S. E. Bayley. 1990. Growth, production, and decomposition dynamics of *Sphagnum* under natural and experimentally acidified conditions. *Ecology* 71: 1986-2000.
- Ross, J. B. 1991. Environmental impact of all-terrain vehicles on bogs and barrens of the Cape Breton Highlands. Dalhousie University, Nouvelle-Écosse (thèse). 109 p.
- Roulet, N. T. 2000. Peatlands, carbon storage, greenhouse gases, and the Kyoto protocol: prospects and significance for Canada. *Wetlands* 20: 605-615.

- Rydin, H. & J. K. Jeglum. 2006. The biology of peatlands, Oxford University Press. 392 p.
- Shaw, J. & F. Marcotte. 1983. *Bryum warneum* in North America. The Bryologist 86: 266-269.
- Shaw, S. C & B. D. Wheeler. 1995. Monitoring rehabilitation work on lowland peatlands. Report to English Nature. By Environmental Consultancy, University of Sheffield, 205 p.
- Shurpali, N. J., S. B. Verma, J. Kim & T. J. Arkebauer. 1995. Carbon dioxide exchange in a peatland ecosystem. Journal of Geophysical Research 100: 14 319-14 326.
- Silvola, J., J. Alm, U. Ahlholm, H. Nykänen & P. J. Martikainen. 1996. CO₂ fluxes from peat in boreal mires under varying temperature and moisture conditions, Journal of Ecology 84: 219-228.
- Sturm, M., C. Racine & K. Tape. 2001. Increasing shrub abundance in the Arctic. Nature 411: 546.
- Tape, K., M. Sturm & C. Racine. 2006. The evidence of shrubs expansion in Northern Alaska and the Pan-Arctic. Global Change biology 12: 686-702.
- Thormann, M. N. & S. E. Bayley. 1997. Above-ground primary production along a bofen-marsh gradient in southern boreal Alberta, Canada. Écoscience 4: 374-384.
- Tuhkanen, S. 1980. Climatic parameters and indices in plant geography. Acta Phytogeographica Suecica 67: 1-105.
- Vincent, L. A. & E. Mekis. 2006. Changes in daily extreme temperature and precipitation indices for Canada over the twentieth century. Atmosphere-Ocean 44: 177-193.
- Vitt, D. H., K. Wieder, L. A. Halsey & M. Turetsky. 2003. Response of *Sphagnum fuscum* to nitrogen deposition: A case study of ombrogenous peatlands in Alberta, Canada. The Bryologist 106: 235-245.
- Warner, B. G. & T. Asada. 2006. Biological diversity of peatlands in Canada. Aquatic Science 68: 240-253.
- Whittington, P. N. & J. S. Price. 2006. The effects of water-table drawdown (as a surrogate for climate change) on the hydrology of a fen peatland, Canada. Hydrological Processes 20: 3589-3600.

- Woodin S. J. & J. A. Lee. 1987. The fate of some components of acidic deposition in ombrotrophic mires. *Environmental Pollution* 45: 61-72.
- Yagouti, A., G. Boulet & L. Vescovi. 2006. Homogénéisation des séries de températures du Québec méridional et analyse de l'évolution du climat à l'aide d'indicateurs. Rapport no. 4. Projet MENV-7 : Homogénéisation des séries de températures et analyse de la variabilité spatio-temporelle de ces séries au Québec méridional. Consortium Ouranos. 140 p.