

Les milieux humides du parc national du Canada de la Mauricie: cartographie en vue d'une surveillance de l'intégrité écologique



Louis-Vincent Lemelin
Marcel Darveau

Rapport technique n° Q11
2008



Canards Illimités Canada
La conservation des milieux humides

LES RAPPORTS TECHNIQUES DE CANARDS ILLIMITÉS CANADA, RÉGION DU QUÉBEC

Lancée en 2005, cette série de rapports donne des informations scientifiques et techniques issues de projets de Canards Illimités Canada (CIC), bureau du Québec. Le but de ces rapports est de diffuser des résultats d'études s'adressant à un public restreint ou qui sont trop volumineux pour paraître dans une revue scientifique avec arbitrage. D'ordinaire, seuls les spécialistes demandent ces rapports techniques. C'est pourquoi les rapports sont diffusés surtout en format électronique PDF, lisibles ou imprimables avec l'utilitaire gratuit Adobe Acrobat Reader (www.adobe.com).

En général, ces rapports ne sont publiés que dans une seule langue. Certains rapports peuvent être publiés en français et en anglais. Dans ce cas, une mention est faite à la page suivante. Ces rapports sont disponibles par courriel.

La citation recommandée apparaît au bas de la page suivante.

DUCKS UNLIMITED CANADA TECHNICAL REPORTS – QUÉBEC REGION

Established in 2005, this series of reports provides scientific and technical information from projects of the Quebec office of Ducks Unlimited Canada (DUC). The purpose of the reports is to make available material that is either of limited interest or that is too extensive to be published in refereed scientific journals. Technical reports of this nature are usually requested by specialists. Thus, the reports are essentially published in PDF electronic format readable or printable with the Adobe Acrobat Reader freeware (www.adobe.com).

These reports are generally published in one language only. Some may be published both in English and French. In such cases, it is mentioned on the next page. Copies of this report are available by email.

The recommended citation appears on the next page.

Les milieux humides du parc national du Canada de la Mauricie: cartographie en vue d'une surveillance de l'intégrité écologique*

Louis-Vincent Lemelin¹ et Marcel Darveau^{1, 2}

¹ Canards Illimités Canada, 710 rue Bouvier, bureau 260, Québec (Québec) G2J 1C2.

² Centre d'étude de la forêt, Faculté de foresterie et de géomatique, Université Laval, Québec (Québec) G1K 7P4.

Rapport technique n° Q11
Canards Illimités Canada - Québec

© Canards Illimités Canada 2008
ISBN13 978-2-9809673-9-9
Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Québec, 2008
Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Canada, 2008

Citation recommandée :

Lemelin, L.V. et M. Darveau. 2008. Les milieux humides du parc national du Canada de la Mauricie: cartographie en vue d'une surveillance de l'intégrité écologique. Rapport technique n° Q11, Canards Illimités Canada – Québec, Québec. 43 p.

Photo de la page couverture: Milieu humide situé à l'est du lac Édouard, parc national du Canada de la Mauricie, par Denis Masse, Parcs Canada.

* Ce rapport technique reprend le contenu d'un document produit par Canards Illimités Canada, bureau de Québec, dans le cadre d'un accord de contribution en partenariat avec l'Agence Parcs Canada.

Résumé

Les milieux humides sont des écosystèmes riches et diversifiés qui constituent un élément fondamental de la diversité biologique. C'est dans cette optique que l'Agence Parcs Canada a fait des milieux humides l'un des trois indicateurs de son programme de surveillance de l'intégrité écologique du parc national du Canada de la Mauricie (PNLM). Ce rapport présente les résultats d'un projet visant à cartographier et à classifier les milieux humides du PNLM, en date de 1996, en vue d'établir un protocole de surveillance de l'intégrité écologique. La démarche utilisée a été la photo-interprétation en stéréoscopie de photographies aériennes à l'échelle 1:15 000 et la numérisation sur système d'information géographique sur une orthomosaïque. Diverses sources d'information ont aussi été mises à contribution, notamment les cartes numériques forestières et bathymétriques. Les milieux humides identifiés ont été classifiés selon un système unique de classification des milieux humides, élaboré à partir d'une synthèse critique des divers systèmes de classification publiés jusqu'à maintenant pour les territoires forestiers du nord-est de l'Amérique du Nord. Les résultats révèlent que les eaux profondes et les milieux humides occupent respectivement 5,7% et 7,8% des 537 km² du territoire du PNLM. Selon les cinq classes de la classification canadienne du Groupe de travail national sur les terres humides, les milieux humides se répartissent de la façon suivante: 2,4% eau peu profonde, 1,4% marais, 2,9% marécage, 0,2% tourbière ombrotrophe (bog) et 0,9% tourbière minérotrophe (fen). Le paysage du PNLM est fortement influencé par les activités du castor, avec une densité de barrages de castor cartographiés de 1,08/km². L'intégrité écologique des milieux humides du PNLM est par ailleurs toujours affectée par les barrages dressés avant la création du parc pour le flottage du bois: ceux-ci influençaient, encore en 2007, 44,6% de la superficie totale des plans d'eau du parc. La cartographie produite lors de ce projet, en plus d'être la première cartographie thématique des milieux humides du PNLM, constitue également l'une des premières cartographies spécifiques aux milieux humides forestiers au Québec. En plus de fournir une base pour la surveillance de l'intégrité écologique, les connaissances acquises pourront s'avérer utiles dans le cadre de programmes d'interprétation.

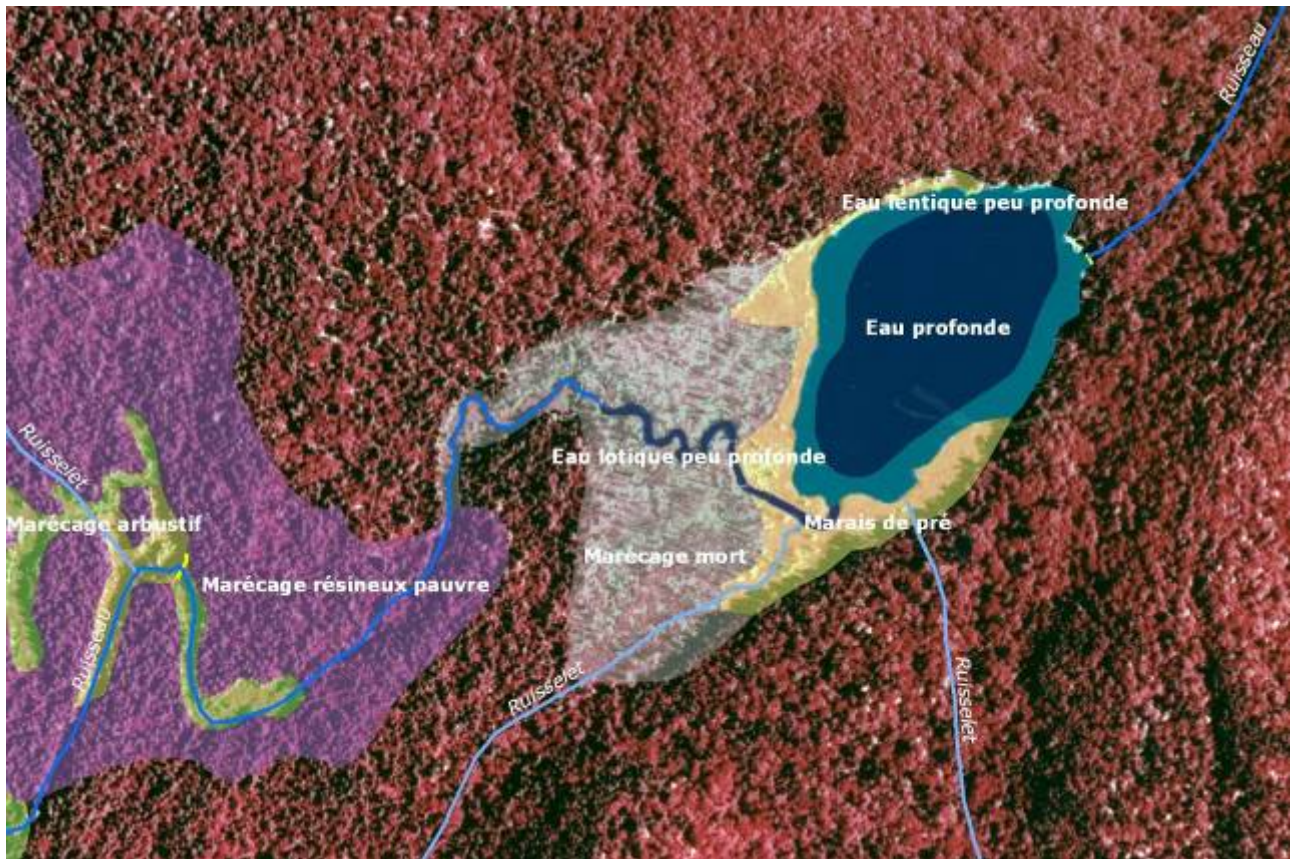
Abstract

Wetlands of forested landscapes represent rich ecosystems and constitute a fundamental element of the biological diversity. Parks Canada Agency selected wetlands as one of the three indicators of its ecological integrity monitoring program in La Mauricie National Park of Canada (LMNP), Québec. This report presents the results of a project aimed at mapping and classifying the wetlands of LMNP, in the context of establishing a protocol for ecological integrity monitoring. This was achieved through stereoscopic photo-interpretation of 1:15,000 aerial photographs dating from 1996. Photo-interpreted features were digitized in a geographic information system and positioned with an orthomosaic. A combination of information sources have been utilized, including digitized forestry and bathymetry maps. Wetlands were classified according to a unique wetland classification system, which was elaborated based on a critical synthesis of the classification systems published for wetlands of the forested landscapes of the northeastern North America. Results revealed that deepwaters and wetlands occupy 5,7% and 7.8% of the 536-km² area of LMNP, respectively. According to the Canadian Wetland Classification System of the National Wetlands Working Group, wetlands are distributed as follows: 2.4% shallow water, 1.4% marsh, 2.9% swamp, 0.2% ombrotrophic peatland (bog), and 0.9% minerotrophic peatland (fen). The landscapes within LMNP are strongly influenced by beaver activity, with mapped density of beaver dams averaging 1.08/km². Ecological integrity of wetlands in LMNP is still affected by dams built for log driving purposes before the park creation, with 44.6% of waterbody area still influenced by such dams in 2007. The wetland inventory produced in this project was the first thematic mapping of the wetlands in LMNP, and among the first ones in forested landscapes of Quebec. It will provide a sound basis for establishing a protocol for ecological integrity monitoring as well as developing ecological interpretation programs.

Avant-propos et remerciements

Ce rapport a été produit par Canards Illimités Canada (CIC), bureau de Québec, dans le cadre d'un partenariat avec l'Agence Parcs Canada (APC). Le programme boréal de CIC a bénéficié du support financier de l'Initiative boréale canadienne.

Nous remercions nos homologues Denis Masse, Claude Samson, Gaétan Synnott et Michel Plante, de l'APC, pour leur contribution et leur soutien durant le projet. Merci également à Jason Beaulieu, Sylvie Picard et Karine Boisvert, de CIC, pour leur aide en géomatique.



Orthomosaïque infrarouge de 1996 et cartographie des milieux humides, secteur du lac du Rapide, parc national du Canada de la Mauricie.

Table des matières

Résumé	iv
Abstract	v
Avant-propos et remerciements	vi
Liste des tableaux	viii
Liste des figures.....	ix
1 Introduction	1
2 La classification et la cartographie des milieux humides: un tour d’horizon	3
2.1 La classification écologique: considérations théoriques	3
2.2 Le Système de classification des terres humides du Canada de Warner et Rubec (1997)	4
2.3 Les systèmes de classification des milieux humides du nord-est de l’Amérique du Nord	6
3 Le système de classification des milieux humides de CIC pour le PNLM	9
3.1 Définition des milieux humides	9
3.2 Structure du système et définition des classes	9
3.3 Évolution des milieux humides.....	10
3.4 Conventions de représentation cartographique (CRC)	13
3.5 Photo-interprétation et numérisation	15
3.6 Résultats: portrait des milieux humides	16
3.7 Discussion	26
4 Surveillance de l’intégrité écologique: les milieux humides.....	27
4.1 Les barrages humains	27
4.2 Le castor	30
4.3 Superficies de milieux humides.....	30
5 Recommandations	33
5.1 Validation de la cartographie sur le terrain	33
5.2 Utilisation de la classification dans les autres parcs nationaux du Canada.....	33
5.3 Surveillance de l’intégrité écologique	34
5.4 Interprétation du patrimoine naturel humide	34
6 Conclusion	37
7 Références.....	39
Annexe I Liste des produits géomatiques associés au rapport	43

Liste des tableaux

Tableau 1	Définition des classes de milieux humides de la classification de CIC pour le PNLM	11
Tableau 2	Catégories de milieu physique employées dans la définition des classes de milieux humides	12
Tableau 3	Correspondance conceptuelle entre les classes des systèmes de classification des milieux humides de la carte écoforestière, de CIC pour le PNLM et du GTNTH (cinq classes), et dimensions d'interprétation minimales (DMI) associées.	14
Tableau 4	Résultats de la classification et de la cartographie des milieux humides surfaciques de CIC pour le PNLM.....	16
Tableau 5	Résultats de la classification et de la cartographie des petits cours d'eau de la classification de CIC pour le PNLM.	17
Tableau 6	Résultats de la cartographie des milieux humides du PNLM classés selon les cinq classes de la classification canadienne du GTNTH (Warner et Rubec, 1997).	17
Tableau 7	Résultats de la cartographie des milieux humides des entités extraites de la carte écoforestière du 3 ^e décennal.	17
Tableau 8	Taux de concordance de la carte écoforestière avec la classification des milieux humides de CIC pour le PNLM (incluant les eaux profondes). Le taux de concordance exprime le pourcentage de la superficie des entités écoforestières chevauchant spatialement les classes correspondantes de la classification de CIC pour le PNLM.	18
Tableau 9	Nombre et densité des barrages de castor et des barrages humains dans le PNLM selon la carte écoforestière et la cartographie de CIC pour le PNLM.	18
Tableau 10	État des exutoires et effet des barrages sur les étendues d'eau du PNLM. L'analyse est basée sur la cartographie de CIC de la mosaïque de photos aériennes de 1996 et sur le recensement des barrages de 2007. Les valeurs expriment le nombre d'étendues d'eau et le pourcentage de superficie des étendues d'eau (caractères italiques).	28

Liste des figures

Figure 1	Schéma évolutif d'un milieu type affecté par le castor en relation avec la classification de CIC pour le PNLM.	12
Figure 2	Schéma de vue en coupe des tourbières non-forestières en relation avec la classification de CIC pour le PNLM.	13
Figure 3	Carte des milieux humides, parc national du Canada de la Mauricie	20
Figure 4	Exemple du lac du Portage. Ce lac est toujours influencé par un ancien barrage de drave (en rouge; sur le ruisseau au nord du lac) qui se dégrade lentement avec le temps. Plusieurs barrages de castor (en jaune) dynamisent les milieux humides du secteur. Classification de CIC pour le PNLM et orthomosaïque de 1996.	21
Figure 5	Exemple du secteur nord du lac Anticagamac, qui comporte une forte diversité de milieux humides. Classification de CIC pour le PNLM et orthomosaïque de 1996.	21
Figure 6	Exemple du secteur des lacs Godendart et Grappin, qui illustre l'influence majeure que peut avoir le castor sur l'écoulement de l'eau et les superficies de milieux humides. En haut: orthomosaïque de 1970. En bas: classification de CIC pour le PNLM et orthomosaïque de 1996. Plusieurs barrages de castor (en jaune) ont modifié les niveaux d'eau et les superficies des milieux humides. Sur l'image de 1996, on remarque que l'eau qui s'accumule dans le milieu humide situé entre les deux lacs est retenue de part et d'autre par des barrages de castor, de sorte que l'écoulement est dirigé à la fois vers le bassin versant de gauche et celui de droite.	22
Figure 7	Exemple du lac à la Barbotte, un plan d'eau fortement influencé par le castor. En haut à gauche: orthomosaïque de 1970. En haut à droite: classification de CIC pour le PNLM et orthomosaïque de 1996. En bas: photo oblique prise en 2007 (D. Masse). Suite à l'ennoisement de la dépression topographique dû au barrage de castor qui s'est maintenu de 1996 à 2007, la tourbe accumulée par comblement à la marge du lac s'est soulevée pour former un fen flottant. Les chicots du marécage mort supportent maintenant une colonie de grands hérons (<i>Ardea herodias</i>).	23
Figure 8	Exemple de l'exutoire du lac Édouard, alors que le plan d'eau était influencé par un barrage de drave. En haut: orthomosaïque de 1970. Au centre: classification de CIC pour le PNLM et orthomosaïque de 1996. En bas: photo oblique prise en 2007 (D. Masse).	24
Figure 9	Exemple d'un complexe de tourbières situées sur un haut plateau. En haut: classification de CIC pour le PNLM et orthomosaïque de 1996. En bas: photo oblique prise en 2007 (D. Masse).	25
Figure 10	Carte de l'état des barrages et de leurs effets sur les étendues d'eau, parc national du Canada de la Mauricie	29

1 Introduction

Les milieux humides sont des écosystèmes riches, complexes et variés. Situés à l'interface des milieux aquatiques et terrestres, ils exercent un rôle clé tant pour la diversité biologique (Odum, 1971) que pour l'utilisation humaine des territoires naturels (Fustec et Lefevre, 2000). Malgré leur importance, la classification et la cartographie des milieux humides en sont toujours en phase de premiers développements à l'échelle du Canada. En effet, depuis les années 1970, plusieurs systèmes de classification des milieux humides ont été proposés (p. ex. Jeglum et al., 1974; Jacques et Hamel, 1982; Buteau et al., 1994; Harris et al., 1996; Warner et Rubec, 1997), mais peu ont été poussés jusqu'au stade de la cartographie. Au parc national du Canada de la Mauricie (PNLM), les milieux humides n'ont encore jamais fait l'objet d'une cartographie pouvant servir d'assise à la gestion écologique de ces écosystèmes.

La protection de l'intégrité écologique des parcs nationaux est au cœur du mandat de l'Agence Parcs Canada (APC). C'est pourquoi l'APC a mis sur pied le programme de surveillance de l'intégrité écologique, dont l'objectif est de fournir aux gestionnaires des parcs de l'information pertinente et en temps opportun sur l'état de l'intégrité écologique de leur parc (surveillance de l'état) et sur les répercussions des mesures de gestion sur l'intégrité écologique (surveillance de l'efficacité de la gestion). Dans ce cadre de travail, les milieux humides ont été désignés comme l'un des trois indicateurs de l'intégrité écologique du PNLM, conjointement avec les écosystèmes forestiers et les écosystèmes aquatiques.

En termes généraux, le projet consistait à établir un premier portrait général des milieux humides du PNLM, en vue d'y établir un programme de surveillance de l'intégrité écologique. Plus spécifiquement, les objectifs étaient de: 1) cartographier et classifier les milieux humides du parc et établir un portrait de référence en date de l'année 1996; 2) dresser un portrait des empreintes humaines résultant d'activités passées et toujours visibles dans les milieux humides du parc et des territoires en amont; 3) tester, et éventuellement proposer des ajustements aux mesures envisagées par le PNLM dans le cadre de son programme de surveillance de l'intégrité écologique des milieux humides du PNLM; et 4) identifier des éléments ou processus des milieux humides du PNLM à potentiel d'interprétation ou de communication scientifique.

Le rapport est organisé en six chapitres. Après le chapitre d'introduction (1), le chapitre 2 présente une analyse des divers systèmes existants de classification des milieux humides. Au chapitre 3 est élaborée la classification des milieux humides de Canards Illimités Canada (CIC) pour le PNLM. Les résultats de la cartographie y sont également présentés et discutés. Le chapitre 4 commente quelques mesures envisagées par le PNLM dans le cadre de son programme de surveillance de l'intégrité écologique des milieux humides du PNLM. Enfin, le

rapport comprend un chapitre de recommandations concernant tant les aspects scientifiques que l'interprétation du patrimoine naturel humide (5) et, finalement, une conclusion (6).

2 La classification et la cartographie des milieux humides: un tour d'horizon

Les parcs nationaux du Canada forment un réseau de conservation visant à représenter la diversité naturelle du territoire canadien. Dans cette optique, il devient judicieux d'adopter un système de classification écologique qui soit applicable de façon uniforme aux diverses réalités territoriales. Parmi les nombreux systèmes de classification des milieux humides mis de l'avant en Amérique du Nord (p. ex. Stewart et Kantrud, 1971; Jeglum et al., 1974; Cowardin et al., 1979; Jacques et Hamel, 1982; Couillard et Grondin, 1986; Brinson, 1993; Buteau et al., 1994; Harris et al., 1996; Racey et al., 1996; Warner et Rubec, 1997), celui du Groupe national de travail sur les terres humides du Canada (Warner et Rubec, 1997) a retenu l'attention des gestionnaires de l'APC pour une application dans les parcs nationaux de la biorégion du Québec et de l'Atlantique (Samson et Kehler, 2006). Afin qu'une telle orientation produise des résultats cohérents, il convient au préalable d'examiner plus en détails la structure des systèmes de classification écologique du territoire et, en particulier, de celle des milieux humides.

2.1 La classification écologique: considérations théoriques

Bien qu'ils soient généralement présentés sous des titres et des formats très semblables, les nombreux systèmes de classification écologique peuvent varier fondamentalement selon la façon dont ils font «atterrir» leur structure de concepts écologiques. Même lorsqu'un concept écologique (p. ex.: un marais) est défini par des descriptifs écologiques précis (p. ex.: une classe de substrat, des limites supérieures et inférieures de profondeur d'eau, une forme de dominance végétale, de seuils de pourcentage de recouvrement végétal, etc.), une part importante de sa signification sur le terrain est laissée au jugement de l'interprète. Pour appliquer un concept écologique de la façon la plus objective possible, on doit également associer à sa définition des conventions de représentation cartographique (CRC; en anglais: *mapping conventions*).

De façon générale, les CRC sont définies par la géométrie autorisée du trait, par l'aire ou la longueur minimale cartographiable et, optionnellement, par le nombre maximal de polygones possibles sur une aire donnée. Des règles ou contraintes de contiguïté spatiale peuvent également être observées. L'établissement des CRC est essentiel pour classifier et cartographier le territoire de manière répétable. Aussi, bien que l'échelle de la carte définisse généralement la résolution cartographique nominale (par exemple des cartes au 1:20 000 ou au 1:50 000), la résolution cartographique réelle est en bout de ligne définie par les CRC.

Ainsi, une classification conceptuelle peut être interprétée et adaptée à un territoire pour une application cartographique. Toutefois, deux adaptations cartographiques d'un même système conceptuel ne peuvent être comparées que dans la mesure où les CRC sont identiques. Une classification dont les concepts de base ont été spatialisés permet de catégoriser l'espace (unités territoriales cartographiables) en établissant systématiquement les règles qui permettent de délimiter les classes et les liens qui unissent les niveaux de résolution cartographique. Ce type de classification s'élabore habituellement dans une démarche qui tend vers un maximum d'objectivité, ceci tant pour opérationnaliser la cartographie que pour faciliter l'utilisation et l'interprétation des modèles cartographiques.

Le fait qu'il existe deux types fondamentalement différents de classification écologique (avec et sans CRC) est souvent mal compris par les non-spécialistes et est à lui seul suffisant pour embrouiller les échanges entre les divers utilisateurs et intervenants des milieux humides. En effet, le non-expert attend généralement d'un système de classification écologique qu'il énonce complètement les règles permettant de classer et cartographier le territoire. Toutefois, tel n'est pas toujours le cas, à l'exemple de la classification canadienne de Warner et Rubec (1997).

2.2 Le Système de classification des terres humides du Canada de Warner et Rubec (1997)

Le plus récent système de classification des terres humides du Canada a été publié en 1997 par le Groupe national de travail sur les terres humides (GTNTH). Cet ouvrage est le résultat des travaux d'un groupe de spécialistes canadiens des milieux humides qui visaient d'abord à organiser et à synthétiser les connaissances sur ces milieux.

Dans les grandes lignes, ce système canadien ordonne les milieux humides en niveaux hiérarchiques (*classes, formes, et types*). De manière synthétique, les cinq classes du système correspondant aux classes canadiennes traditionnelles (Jeglum et al., 1974) et se définissent ainsi:

1. Bog: tourbe > 40 cm, régime ombrotrophe²;
2. Fen: tourbe > 40 cm, régime minérotrophe³;
3. Marécage: dominance par les grandes plantes ligneuses (> 1 m de hauteur);
4. Marais: plantes > 25% de recouvrement, dominance par les herbacées;
5. Eau peu profonde: plantes < 25% de recouvrement, eau < 2 m.

² Ombrotrophe: Se dit des zones de tourbières ayant pour source d'eau et de nutriments uniquement les précipitations atmosphériques. Payette, S. et L. Rochefort [éditeurs]. 2001. Écologie des tourbières du Québec-Labrador. Les Presses de l'Université Laval, Québec, Canada. 621 p.

³ Minérotrophe: Se dit d'une tourbière ayant pour source d'eau et de nutriments les précipitations ainsi que l'écoulement de surface et souterrain provenant des hautes terres minérales avoisinantes. *Ibid.*

Les cinq classes se divisent selon un ordre hiérarchique de généralité des concepts. Les niveaux supérieurs seraient donc les concepts écologiques s'appliquant le mieux à toutes les régions et à toutes les échelles, alors que les niveaux inférieurs reflèteraient des particularités plus régionales.

La structure du système canadien comporte deux problèmes importants. Tout d'abord, le critère de classification du premier niveau de ce système est décrit comme étant «l'origine génétique générale de l'écosystème». Bien que ce critère conceptuel soit très valable pour la classification des milieux humides, l'interprétation qu'en font les auteurs est inconsistante. Par exemple, les classes «marais» et «eau peu profonde» distinguent les cuvettes des Prairies selon un pourcentage de recouvrement de l'eau libre par rapport à la surface humide totale de la cuvette équivalant à 75%. Une cuvette comprenant 74% d'eau libre pourrait donc être un «marais» tandis que sa voisine comprenant 76% serait une «eau peu profonde». Les étangs à castor, qui entrent dans la classe «eau peu profonde», seraient de ce fait considérés plus proches de la cuvette de 76% que de la cuvette de 74%. Il s'agirait d'une utilisation erratique du critère d'origine génétique générale de l'écosystème, qui aurait pour effet de fausser le système dès son premier niveau hiérarchique. Par ailleurs, le système canadien manque également de précision en regard de l'unité écologique classifiée (MacKenzie et Banner, 2001), variant de façon imprécise du site au complexe de milieux humides, sans référence à un ordre de grandeur. Il s'agit donc d'un système de classification conceptuel non applicable directement pour un projet de cartographie, car dépourvu de CRC. De plus, les relations hiérarchiques entre les niveaux de classification ne sont pas clairement explicitées. Par exemple, le *système aquatique* de Cowardin et al. (1979) y est référé comme étant plus vaste et plus général que la *classe*, alors qu'il produit un découpage plutôt fin. D'autre part, pour une gestion biorégionale des milieux humides, il serait sans doute plus pertinent de distinguer en premier lieu les milieux humides sur la base des grands systèmes (marins, estuariens, continentaux, etc.), à la façon de Cowardin et al. (1979) ou de Couillard et Grondin (1986). Malgré ses lacunes, il demeure que le système canadien fournit une explication détaillée et individualisée des processus hydrologiques et hydrochimiques de chaque sous-forme conceptuelle reconnue.

Si le système canadien ne peut répondre entièrement à lui seul aux besoins de l'APC, il apparaît judicieux d'examiner brièvement les autres systèmes de classification des milieux humides élaborés pour le nord-est de l'Amérique du Nord afin d'intégrer les connaissances existantes à un éventuel système adapté aux exigences de gestion des parcs nationaux canadiens.

2.3 Les systèmes de classification des milieux humides du nord-est de l'Amérique du Nord

À la base, tout système de classification est un modèle nécessairement biaisé et plus ou moins efficace de représentation et de communication de la réalité. En étudiant les divers systèmes mis de l'avant, il ressort que le développement de la discipline de la classification des milieux humides en est à ses débuts. L'avancement de la discipline a réellement démarré au début des années 1970. Depuis, plusieurs systèmes de classification des milieux humides ont été publiés. Au Canada, cette littérature a notamment été alimentée par les travaux du GTNTH et des experts en faisant partie. Nous présentons ici une discussion sur la structure des systèmes et sur leur applicabilité cartographique, inspirée de l'analyse de plusieurs systèmes, notamment les classifications québécoises de Jacques et Hamel (1982), Couillard et Grondin (1986), et Buteau et al. (1994), les classifications ontariennes de Jeglum et al. (1974), Harris et al. (1996), et Racey et al. (1996), ainsi que les classifications états-uniennes de Stewart et Kantrud (1971), Golet (1973) et Cowardin et al. (1979).

La plupart des systèmes de classification sont élaborés selon une structure «hiérarchique». Parmi les critères priorisés pour l'établissement de la hiérarchie dans les différents systèmes de classification, certains ont pour effet de diviser le territoire en grandes régions ou ensembles distincts (cf. Jacques et Hamel, 1982; Couillard et Grondin, 1986; Brinson, 1993; Buteau et al., 1994), alors que d'autres identifient des concepts s'appliquant à toutes les échelles (Warner et Rubec, 1997), visent à rencontrer des besoins pratiques (Cowardin et al., 1979), ou distinguent en classes homogènes des milieux de superficie correspondant au bassin (Stewart et Kantrud, 1971; Golet, 1973) ou au site ponctuel (Harris et al., 1996). Une fois le premier niveau de classification établi, les ramifications à l'intérieur des différentes classes sont presque toujours ramenées à des niveaux dont l'équivalence est artificielle, et les facteurs qui déterminent le niveau de détail auquel les différentes ramifications sont portées ne sont souvent pas discutés. Par exemple, de nombreux systèmes de classification accordent peu ou pas d'importance aux ruisseaux et aux rivières, probablement parce que ceux-ci sont déterminés par des facteurs différents des milieux humides vastes, qu'ils couvrent des territoires plutôt linéaires ou qu'ils présentent un intérêt limité du point de vue botanique.

L'applicabilité cartographique est un autre aspect qui semble imparfaitement saisi par les concepteurs de classification. Ainsi, plusieurs auteurs citent, parmi leurs objectifs, l'organisation des concepts afin que les non-spécialistes comprennent l'écologie des milieux humides et utilisent un langage et un cadre théorique communs. Toutefois, l'unité territoriale classifiée est fréquemment précisée en des termes généraux, de sorte que chaque lecteur doit interpréter les concepts évoqués sans critère objectif. L'exemple de confusion entre les eaux peu profondes et les marais du système canadien en est une illustration probante. Par ailleurs,

un processus de normalisation des CRC est actuellement en cours à l'inventaire national des milieux humides des États-unis (Heber, 2007), un inventaire réalisé à partir de la classification de Cowardin et al. (1979) et ayant déjà mené à la cartographie de vastes superficies (U.S. Fish & Wildlife Service, 2008).

3 Le système de classification des milieux humides de CIC pour le PNLM

3.1 Définition des milieux humides

Interfaces écologiques et géographiques entre les milieux aquatiques et terrestres, les milieux humides sont difficiles à définir. Plus précisément, ces milieux chevauchent les limites de ceux qui sont couramment désignés aquatiques et terrestres. Plusieurs définitions écologiques des milieux humides, ou terres humides, ont été avancées par divers scientifiques. Pour les besoins du présent rapport, nous retenons pour sa clarté la définition des milieux humides de Cowardin et al. (1979). Cette définition, en plus de comprendre les éléments véhiculés par Warner et Rubec (1997), est complétée d'une définition des sols hydriques et d'une classification des plantes selon leur caractère indicateur de milieu humide. Elle s'énonce comme suit (traduction de l'anglais):

«Les milieux humides sont des terres de transition entre les systèmes terrestre et aquatique, où la nappe phréatique est habituellement au niveau ou près de la surface, ou dont le substrat est couvert d'eau peu profonde. [...] Une terre humide se définit comme présentant au moins un des trois attributs suivants: (1) au moins périodiquement, des hydrophytes dominent la terre; (2) un sol hydrique non drainé domine le substrat; et (3) le substrat est un non-sol et est saturé d'eau ou couvert par de l'eau peu profonde à quelque moment durant la saison de croissance de chaque année.»

3.2 Structure du système et définition des classes

Le système de classification des milieux humides de CIC pour le PNLM a été élaboré avec l'objectif d'identifier clairement des classes de milieux humides qui soient représentatives de la variabilité naturelle des milieux humides du PNLM et qui s'arriment avec les définitions générales des cinq classes principales de la classification canadienne. Les classes retenues devraient correspondre à des entités écologiques utilisables dans des domaines variés de connaissance et de gestion des écosystèmes. La possibilité de généralisation du système à d'autres territoires comparables a également été prise en compte. Nous mentionnerons au passage qu'elle respecte le cadre d'une classification des milieux humides forestiers que nous avons élaborée pour le Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec (MRNF) en 2007 (L.V. Lemelin et M. Darveau, non publié) et qui est construite grosso modo selon les mêmes principes que la classification des milieux forestiers terrestres du MRNF. Les critères de caractérisation retenus sont ceux observés sur le site, sans inclusion de variables dites paysagères, puisque ces dernières découlent de la classification des sites eux-mêmes.

Sur la base du type de milieu physique et de la physiologie végétale, nous avons identifié 19 classes de milieux humides rassemblées en huit groupes facilitant leur définition (Tableau 1). Les limites entre les différentes classes de milieux humides s'appuient elles-mêmes sur un

ensemble de définitions ayant trait au milieu physique (Tableau 2), un important déterminant de l'écologie des sites.

3.3 Évolution des milieux humides

Les milieux humides sont des écosystèmes dynamiques dans le temps. Les perturbations qu'ils subissent altèrent non seulement la végétation, mais aussi les conditions de développement de la végétation: des changements majeurs affectent parfois le milieu physique (eau, sol/substrat). L'évolution des milieux humides du PNLN est régie par deux processus principaux: l'effet du castor (*Castor canadensis*) et l'entourbement.

Le castor est omniprésent au PNLN, avec une densité de 3,0 colonies actives par 10 km² (Masse et Bordeleau, 1988), tout comme dans l'est du Canada (Naiman et al., 1988; Lafond et Pilon, 2004). Les fluctuations du niveau d'eau induites par ses activités altèrent les conditions de croissance des végétaux et modifient la dynamique de déposition des sédiments et de la matière organique (Naiman et al., 1988). Lorsqu'une dépression est ennoyée par le castor, la succession végétale s'y trouve interrompue et réinitialisée. Le site évolue ensuite selon une séquence de stades prédictibles, dont la durée est fonction de la persistance du barrage, de l'hydrologie, de la topographie locale et du climat. Les stades de cette évolution sont traduits par plusieurs classes dans la classification des milieux humides de CIC pour le PNLN (Figure 1). En effet, les classes marécage mort et marais de pré sont en conditions naturelles majoritairement associées à l'activité du castor, les autres agents pouvant en être à l'origine étant les crues des cours d'eau majeurs et les barrages d'origine humaine.

En l'absence de castor, c'est le lent processus d'entourbement qui prévaut, soit le comblement sur les marges des plans d'eau et la paludification sur les milieux terrestres (Payette, 2001). Les sites où ces phénomènes sont les plus avancés comportent des polygones de tourbière ouverte (Figure 2), mais l'entourbement peut également être présent, à un stade moins avancé toutefois, dans les marais et les marécages. Au PNLN, le comblement se produit à la faveur d'une eau calme, soit un petit lac ou une baie abritée, et mène à la formation de tourbe flottante à la marge des plans d'eau. La paludification a quant à elle généralement cours sur les hauts plateaux et les crêtes peu accusées qui délimitent les bassins versants. Bien entendu, une dépression en comblement peut parfois être influencée aussi par un barrage de castor ou un barrage humain, d'où la présence occasionnelle de tapis de tourbe flottante entièrement détachée de la rive.

Tableau 1 Définition des classes de milieux humides de la classification de CIC pour le PNLM

Groupe de classes		Définition
Classe		
Milieux surfaciques	Eau profonde	Les eaux profondes sont des milieux strictement aquatiques définis par une inondation permanente, une profondeur supérieure à 2 m du niveau des basses eaux et un recouvrement végétal inférieur à 25%.
	Eau peu profonde	Les eaux peu profondes sont des milieux définis par une inondation permanente ou qui persiste pendant la plus grande partie de la saison de croissance des plantes, une profondeur inférieure à 2 m du niveau des basses eaux et un recouvrement végétal inférieur à 25%.
	Eau lenticule peu profonde	Eau peu profonde calme ou stagnante.
	Eau lotique peu profonde	Eau peu profonde courante.
	Marais	Les marais sont des milieux humides définis par une dominance végétale par les plantes herbacées, un substrat minéral, de tourbe sédimentaire ou de mixture organo-minérale, et un recouvrement végétal supérieur à 25%.
	Marais aquatique ou émergent	Marais sur substrat minéral ou de tourbe sédimentaire.
	Marais de pré	Marais sur substrat de mixture organo-minérale.
	Tourbière ouverte	Les tourbières ouvertes sont définies par un dépôt organique ou de tourbe flottante et un recouvrement des arbres de plus de 10 m inférieur à 25 %.
	Fen flottant	Tourbière ouverte définie par un substrat de tourbe flottante et une position riveraine.
	Fen ouvert	Tourbière ouverte définie par un dépôt organique et un régime minérotrophe.
	Bog ouvert	Tourbière ouverte définie par un dépôt organique et un régime ombrotrophe.
	Marécage non-forestier	Les marécages non-forestiers sont des milieux humides définis par un substrat minéral, de tourbe sédimentaire ou de mixture organo-minérale, une dominance végétale par des arbres ou des arbustes (excluant les éricacées), vivants ou morts en raison d'une inondation, et un recouvrement des arbres vivants de plus de 10 m inférieur à 25%.
	Marécage arbustif	Marécage non-forestier dont le recouvrement des arbres et arbustes vivants domine celui des arbres et arbustes morts.
Marécage mort	Marécage non-forestier dont le recouvrement des arbres et arbustes morts domine celui des arbres et arbustes vivants.	
Milieux surfaciques	Marécage forestier	Les marécages forestiers sont des milieux humides dont le recouvrement des arbres de plus de 10 m est supérieur à 25%.
	Feuillu riche	Marécage forestier dont les essences feuillues constituent plus de 75 % de la surface terrière du peuplement et croissant sur un dépôt minéral, de drainage hydrique et de régime trophique minérotrophe.
	Mixte riche	Marécage forestier dont les essences feuillues constituent entre 25% et 75 % de la surface terrière du peuplement et croissant sur un dépôt minéral ou organique, de drainage hydrique et de régime trophique minérotrophe.
	Résineux riche	Marécage forestier dont les essences résineuses constituent plus de 75 % de la surface terrière du peuplement et croissant sur un dépôt minéral ou organique, de drainage hydrique et de régime minérotrophe.
	Résineux pauvre	Marécage forestier dont les essences résineuses constituent plus de 75 % de la surface terrière du peuplement et croissant sur un dépôt minéral, de drainage hydrique et de régime ombrotrophe.
	Résineux très pauvre	Marécage forestier dont les essences résineuses constituent plus de 75 % de la surface terrière du peuplement et croissant sur un dépôt organique, de drainage hydrique et de régime ombrotrophe.
Milieux linéaires	Petit cours d'eau	Les petits cours d'eau sont des milieux humides d'eau lotique dont le lit est de largeur inférieure à 6 m.
	Ruisseau	Petit cours d'eau dont le lit occupe une largeur supérieure à environ 1 m.
	Ruisselet	Petit cours d'eau dont le lit occupe une largeur inférieure à environ 1 m (généralement détecté indirectement à partir de photographies aériennes).
	Autres	
Barrage de castor	Barrage de castor actif ou démantelé. Les barrages de castor peuvent être inférés lorsque situés dans des zones d'ombre des photographies aériennes.	
Barrage humain	Barrage d'origine humaine. Les barrages humains peuvent être localisés en se basant sur diverses sources d'information: Centre d'expertise hydrique du Québec, Base de données topographique du Québec, savoir local, etc.	

Tableau 2 Catégories de milieu physique employées dans la définition des classes de milieux humides

Catégorie	Définition
Dépôt organique	Substrat défini par un dépôt de matière organique de plus de 40 cm d'épaisseur et une accumulation de tourbe, caractéristique des tourbières.
Tourbe flottante	Tapis de tourbe retenue par des racines et des rhizomes, flottant à la surface ou sous la surface de l'eau, ou sur une tourbe lâche et fluide.
Tourbe sédimentaire	Tourbe limnique, caractéristique des fonds lenticques.
Mixture organo-minérale	Substrat minéral ou de tourbe bien décomposée, retenu par un dense réseau de racines et rhizomes. La microtopographie y est souvent développée en touradons, caractéristiques des formations de plantes herbacées cespiteuses. Ces milieux sont le plus souvent immergés, mais la succession végétale y est maintenue au stade herbacé ou arbustif par des inondations, que ce soit par l'intervention du castor ou de l'homme.

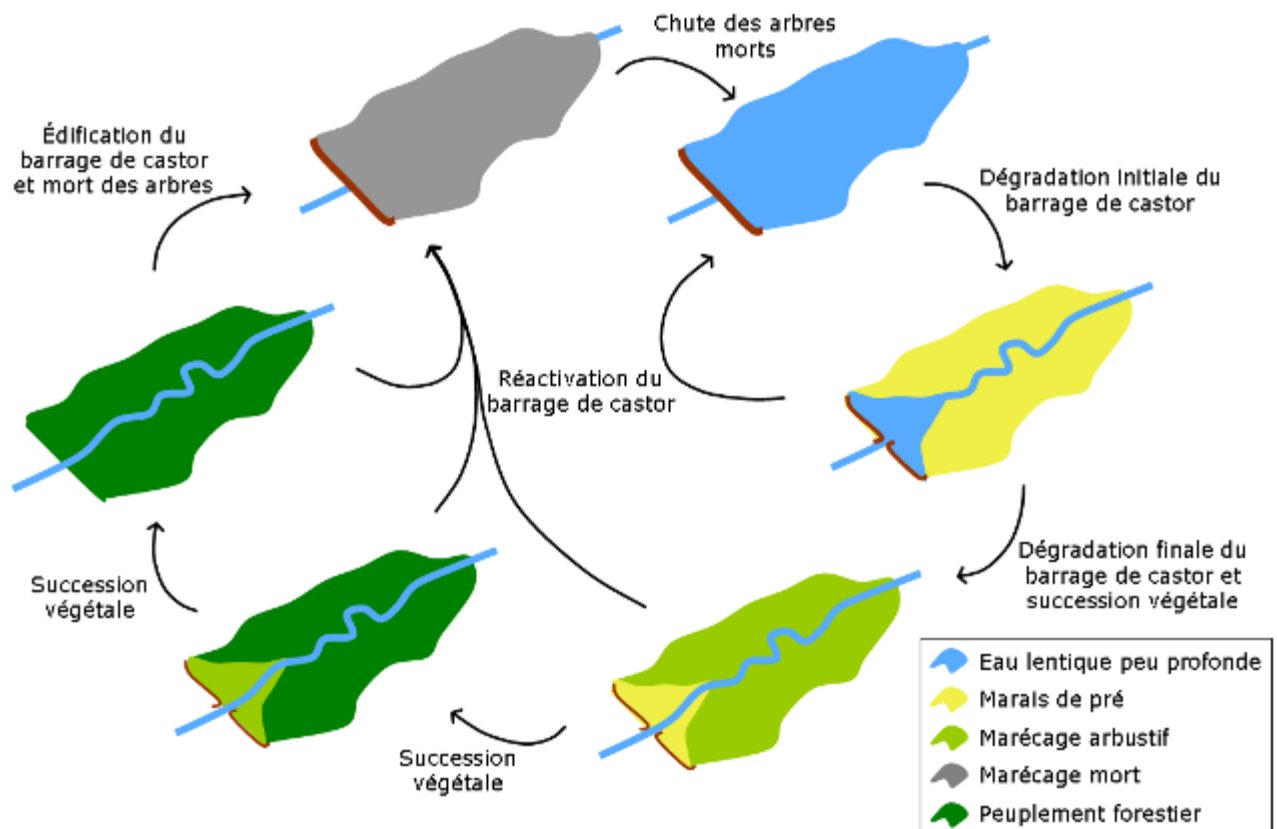


Figure 1 Schéma évolutif d'un milieu type affecté par le castor en relation avec la classification de CIC pour le PNLM.

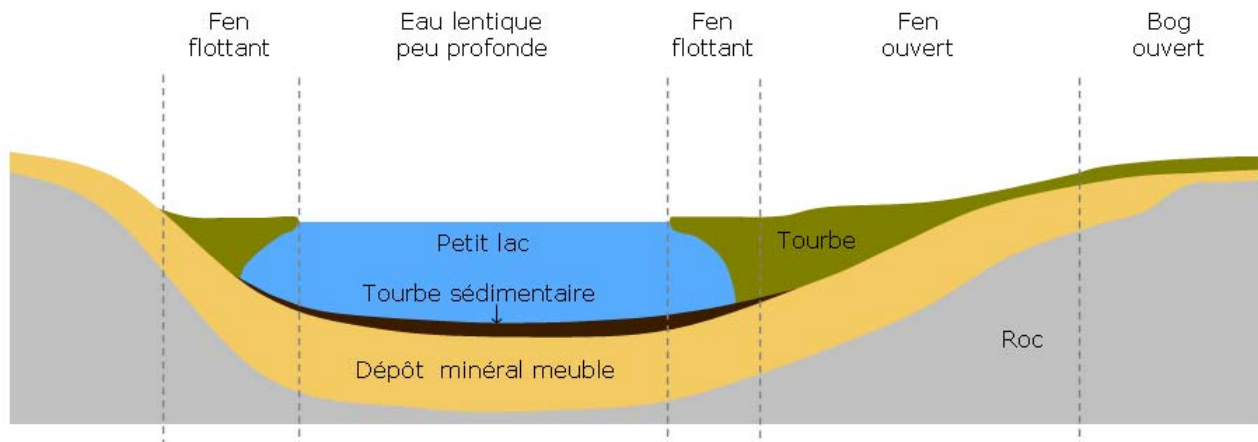


Figure 2 Schéma de vue en coupe des tourbières non-forestières en relation avec la classification de CIC pour le PNLM.

3.4 Conventions de représentation cartographique (CRC)

L'établissement des CRC constitue une étape essentielle dans la définition des concepts écologiques spatialisés et permet de modéliser ceux-ci en une démarche de cartographie aussi objective et répétable que possible.

Afin d'adapter la cartographie à la variabilité naturelle des milieux humides, nous avons modulé les dimensions minimales d'interprétation en fonction des différentes classes. Les dimensions minimales d'interprétation des polygones photo-interprétés varient de 0,01 ha pour les milieux entourés d'eau à 4 ha pour les marécages forestiers (Tableau 3). Les polygones de forme allongée ont été délimités tels quels sur les portions de largeur supérieure à 6 m. En deçà de cette largeur, le milieu humides identifié est incorporé au polygone de milieu humide adjacent lorsque possible. De même, la limite entre les eaux lotiques et les petits cours d'eau est une largeur du lit d'environ 6 m. Pour les petits cours d'eau, qui sont des milieux linéaires, la dimension (longueur) minimale d'interprétation est d'environ 150 m. Les barrages de castor et les barrages humains, en raison de leur importance hydrologique, ne sont quant à eux soumis à aucune longueur minimale. Malgré cet ensemble de conventions de représentation, certains milieux ne satisfaisant pas aux dimensions minimales d'interprétation ont été cartographiés lorsque clairement délimitables.

En somme, les CRC de la classification constituent une augmentation de précision par rapport à la carte écoforestière et un ajout par rapport à la classification canadienne.

Tableau 3 Correspondance conceptuelle entre les classes des systèmes de classification des milieux humides de la carte écoforestière, de CIC pour le PNLM et du GTNTH (cinq classes), et dimensions d'interprétation minimales (DMI) associées.

Carte écoforestière		Classification CIC		Classification GTNTH	
Entité	DMI	Classe	DMI	Classe	DMI
Lac	0,06 ha	Eau lentique profonde	1 ha	-	-
		Eau lentique peu profonde	0,06 ha	Eau peu profonde	-
		Marais aquatique ou émergent	0,06 ha	Marais	-
Dénudé humide	1 ha	Marais de pré	0,5 ha	Marais	-
		Fen flottant		Fen	-
		Fen ouvert		Fen	-
		Bog ouvert		Bog	-
Aulnaie	1 ha	Marécage arbustif	0,5 ha	Marécage	-
Site inondé	1 ha	Marécage mort	0,5 ha	Marécage	-
Types écologiques Fxx8	4 ha	Marécage feuillu riche	4 ha	Marécage	-
Types écologiques Mxx8		Marécage mixte riche		Marécage	-
Types écologiques Rxx8		Marécage résineux riche		Marécage	-
Types écologiques Rxx7		Marécage résineux pauvre		Marécage	-
Types écologiques Rxx9		Marécage résineux très pauvre		Marécage	-
Cours d'eau (surfactive)	0,2 ha	Eau lotique profonde	0,06 ha	-	-
		Eau lotique peu profonde		Eau peu profonde	-
		Marais aquatique ou émergent		Marais	-
Cours d'eau (permanent)	150 m	Ruisseau	150 m	Eau peu profonde	-
Cours d'eau intermittent		Ruisselet		Eau peu profonde	-
Barrage de castor	10 m	Barrage de castor	-	-	-
Barrage	20 m	Barrage humain	-	-	-
Île	0,01 ha	Classé selon les autres types	0,01 ha	Classé selon les autres types	-

3.5 Photo-interprétation et numérisation

Suite à l'élaboration de la classification des milieux humides, nous l'avons appliquée pour produire une couche numérique géographiquement conforme à la mosaïque géoréférencée des photographies aériennes (orthomosaïque) infrarouges au 1:15 000 de 1996 fournie par l'APC. Les photographies aériennes du territoire ont été photo-interprétées à l'aide d'un stéréoscope à miroirs et les milieux humides détectés ont été numérisés à l'aide du logiciel ArcGIS (ESRI, 2005), directement à l'écran, à une résolution non moins fine que 1:3 000, et en respect des CRC mentionnées plus haut. La photo-interprétation implique l'identification des formes de terrain et de végétation de même que la compréhension de l'origine et de l'historique de perturbation des sites. Pour faciliter ce processus, plusieurs documents ont été rassemblés et consultés.

Tout d'abord, la carte écoforestière numérique a été utilisée pour un repérage préliminaire des milieux humides. La carte écoforestière du 3^e décennal a également été réalisée à partir de photographies aériennes prises en 1996. Nous en avons extrait les polygones de lacs, de cours d'eau, de dénudés humides, d'aulnaies et de sites inondés identifiés par les champs «code de terrain» et/ou «indicatif» (Lord et Faucher, 2003). Nous avons également extrait de la carte écoforestière les marécages forestiers présents, que nous avons identifiés et caractérisés par les premier et quatrième caractères du type écologique, soit le type de couvert de la végétation au stade climacique (feuillu, mixte ou résineux) et le type de milieu physique, respectivement. Les peuplements forestiers considérés comme des milieux humides ont été reconnus par les codes de milieu physique 7 (dépôt minéral, drainage hydrique et régime ombrotrophe), 8 (dépôt minéral ou organique, drainage hydrique et régime trophique minérotrophe) et 9 (dépôt organique, drainage hydrique et régime ombrotrophe). Les cours d'eau linéaires permanents et intermittents ont respectivement été reclassés en ruisseaux et ruisselets puisque certaines études ont démontré qu'une large proportion des cours d'eau cartographiés comme intermittents seraient en réalité des cours d'eau permanents (Labbé, 2001; Bertrand, 2003). Lorsque le tracé des ruisseaux était directement visible, nous l'avons rectifié conformément à l'orthomosaïque.

De plus, nous avons consulté plusieurs données déjà existantes et récoltées sur le territoire du PNLM, soit les photographies aériennes en noir et blanc au 1:20 000 de 1970, l'orthomosaïque produite avec ces mêmes photos (Odion, 2006), les couches numériques des anciens barrages de drave (mise à jour en 2007 par le personnel du parc), des systèmes géomorphologiques (Service de la conservation des ressources naturelles région du Québec, 1981), des groupements végétaux d'intérêt particulier de 1975 et 1978 (Service de la conservation des ressources naturelles région du Québec, 1981), des inventaires du noyer cendré (Gérin-Lajoie,

2005) et des plantes rares (Gilbert, 2006), les documents cartographiques de la végétation aquatique supérieure des lacs Caribou, Édouard et Wapizagonke (Bourassa et al., 1972) et de l'inventaire des barrages (Parcs Canada, 1973), ainsi que de photos obliques datant d'août 2006 (Odion, 2006) et de novembre 2007 (D. Masse).

Finalement, nous avons utilisé la couche numérique de bathymétrie (135 lacs) de la géodatabase du PNLM pour extraire les zones d'eau lenticule profonde, i.e. celles de plus de 2 m de profondeur. Pour ce faire, nous avons ajusté un à un et par translation les contours bathymétriques de chacun des lacs par rapport à leur position sur l'orthomosaique, puis nous avons interpolé la profondeur d'eau en créant un réseau de triangles irréguliers.

3.6 Résultats: portrait des milieux humides

La photo-interprétation des milieux humides du PNLM a permis de cartographier, en excluant les eaux profondes, 2 735 polygones de milieux humides totalisant 4 162 ha, soit 7,8% des 53 664 ha du territoire du PNLM (Tableau 4). Les petits cours d'eau (ruisseaux et ruisselets) totalisaient quant à eux 707 km, pour une densité de 1,32 km par km² (Tableau 5).

Tableau 4 Résultats de la classification et de la cartographie des milieux humides surfaciques de CIC pour le PNLM.

Classe	Nombre de polygones	Superficie (ha)	% du PNLM
Eau lenticule profonde	165	3 042	5,7
Eau lenticule peu profonde	704	1 200	2,2
Eau lotique profonde	0	0	0,0
Eau lotique peu profonde	102	69	0,1
Marais aquatique ou émergent	103	48	0,1
Marais de pré	677	693	1,3
Fen flottant	280	133	0,2
Fen ouvert	144	345	0,6
Bog ouvert	48	95	0,2
Marécage arbustif	378	356	0,7
Marécage mort	173	153	0,3
Marécage feuillu riche	1	1	0,0
Marécage mixte riche	8	61	0,1
Marécage résineux riche	37	304	0,6
Marécage résineux pauvre	32	290	0,5
Marécage résineux très pauvre	48	415	0,8
Total sans les eaux profondes	2 735	4 162	7,8
Total avec les eaux profondes	2 900	7 204	13,4

L'arrimage de la classification de CIC pour le PNLM avec les cinq classes de la classification canadienne du GTNTH (Warner et Rubec, 1997) a permis de calculer les superficies occupées par ces dernières (Tableau 6). Fait intéressant, la réduction de 66% du nombre de classes (de

15 à 5 classes) s'est accompagnée d'une réduction de seulement 10% du nombre de polygones.

Tableau 5 Résultats de la classification et de la cartographie des petits cours d'eau de la classification de CIC pour le PNLM.

Classe de petit cours d'eau	Longueur (km)	Densité (km/km ²)
Ruisseau	261	0,49
Ruisselet	446	0,83
Total	707	1,32

Tableau 6 Résultats de la cartographie des milieux humides du PNLM classés selon les cinq classes de la classification canadienne du GTNTH (Warner et Rubec, 1997).

Classe	Nombre de polygones	Superficie (ha)	% du PNLM
Eau peu profonde	760	1269	2,4
Marais	705	740	1,4
Marécage	563	1 579	2,9
Fen	374	478	0,9
Bog	48	95	0,2
Total	2 450	4 162	7,8

Les polygones de milieux humides de la carte écoforestière couvraient quant à eux 13,2% du territoire du PNLM, soit une valeur très proche de celle de 13,4% obtenue avec la classification de CIC, en incluant toutefois les eaux profondes (Tableau 7). Cependant, le taux de concordance des superficies parmi les différentes classes variait de 21% à 100% (Tableau 8). Globalement, 93,3% des milieux humides de la carte écoforestière chevauchaient spatialement des milieux humides de la cartographie de CIC pour le PNLM.

Tableau 7 Résultats de la cartographie des milieux humides des entités extraites de la carte écoforestière du 3^e décennal.

Entité	Nombre de polygones	Superficie (ha)	% du PNLM
Lac	356	4 283	8,0
Dénudé humide	310	1 282	2,4
Aulnaie	38	225	0,4
Site inondé	116	239	0,4
Marécage feuillu riche	0	0	0,0
Marécage mixte riche	6	58	0,1
Marécage résineux riche	26	267	0,5
Marécage résineux pauvre	18	262	0,5
Marécage résineux très pauvre	42	425	0,8
Cours d'eau	13	44	0,1
Île	82	15	0,0
Total	1 007	7 101	13,2

Tableau 8 Taux de concordance de la carte écoforestière avec la classification des milieux humides de CIC pour le PNLM (incluant les eaux profondes). Le taux de concordance exprime le pourcentage de la superficie des entités écoforestières chevauchant spatialement les classes correspondantes de la classification de CIC pour le PNLM.

Entité écoforestière	Classes CIC correspondantes	% de concordance
Lac	Eau lenticule profonde	96,3
	Eau lenticule peu profonde	
	Marais aquatique ou émergent	
Cours d'eau	Eau lotique profonde	71,8
	Eau lotique peu profonde	
	Marais aquatique ou émergent	
Dénudé humide	Marais de pré	55,2
	Fen flottant	
	Fen ouvert	
	Bog ouvert	
Aulnaie	Marécage arbustif	25,6
Site inondé	Marécage mort	21,0
Types écologiques Mxx8	Marécage mixte riche	100,0
Types écologiques Rxx8	Marécage résineux riche	94,4
Types écologiques Rxx7	Marécage résineux pauvre	95,9
Types écologiques Rxx9	Marécage résineux très pauvre	93,3
Total des classes		83,7
Total des milieux humides		93,3

La comparaison de la carte écoforestière et de la cartographie de CIC diverge également quant à la détection des barrages. Davantage de barrages de castor et de barrages humains ont été cartographiés avec la classification de CIC (Tableau 9). Ceci peut être expliqué en bonne partie par la plus grande attention accordée aux milieux humides lors de la photo-interprétation et par la consultation de la base de donnée détaillée sur les anciens barrages de drave du PNLM.

Tableau 9 Nombre et densité des barrages de castor et des barrages humains dans le PNLM selon la carte écoforestière et la cartographie de CIC pour le PNLM.

Élément	Nombre	Densité (nombre/km ²)
Carte écoforestière		
Barrage de castor	100	0,186
Barrage humain	1	0,002
Cartographie CIC		
Barrage de castor	580	1,081
Barrage humain	29	0,054

Enfin, le temps requis pour compléter la photo-interprétation et la numérisation a été d'environ 25 jours-personnes, pour un rythme d'environ 120 polygones par jour (17 polygones/heure), ou 3 km² de milieux humides par jour, ou 21 km² de territoire par jour. Ce calcul exclut les

phases de mise au point de la classification et de vérification de la numérisation. Les couches géomatiques produites ont été rassemblées en une base de données utilisable avec les logiciels ArcGIS (ESRI, 2005) et Google Earth (Annexe I). Une carte d'ensemble et quelques exemples sont ici présentés (Figures 3 à 9).

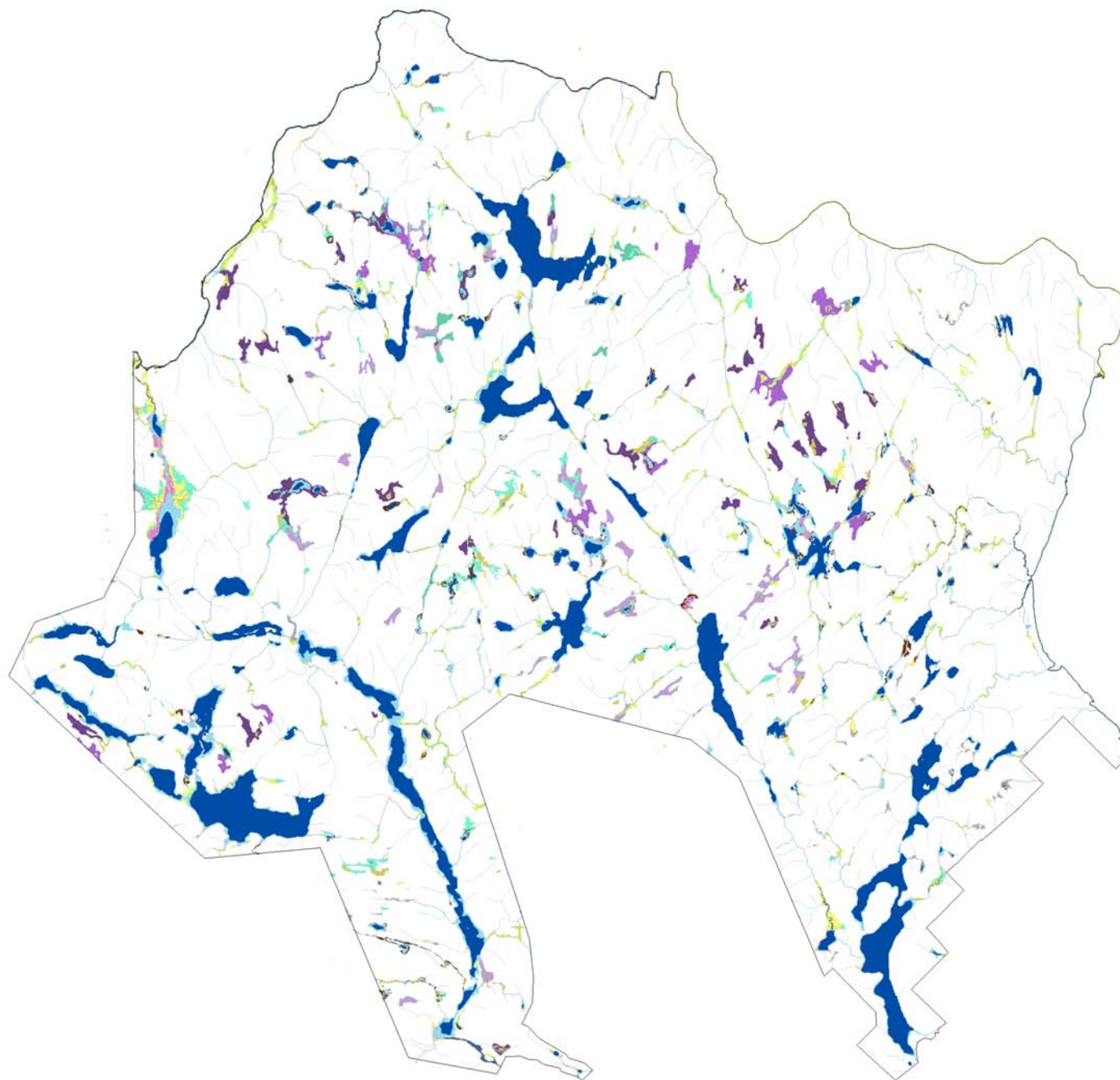


Figure 3

**Carte des milieux humides
Parc national du Canada de la Mauricie**

Milieux linéaires

-  Ruisseau
-  Ruisselet
-  Barrage de castor
-  Barrage humain

Milieux surfaciques

-  Eau profonde
-  Eau lentique peu profonde
-  Eau lotique peu profonde
-  Marais aquatique ou émergent
-  Marais de pré
-  Fen flottant
-  Fen ouvert
-  Bog ouvert
-  Marécage arbusatif
-  Marécage mort
-  Marécage feuillu riche
-  Marécage mixte riche
-  Marécage résineux riche
-  Marécage résineux pauvre
-  Marécage résineux très pauvre

Limite du PNLM



0 1 2 3 4 5 10 km



Année de validité: 1996
Projection: MTM
Datum: NAD83

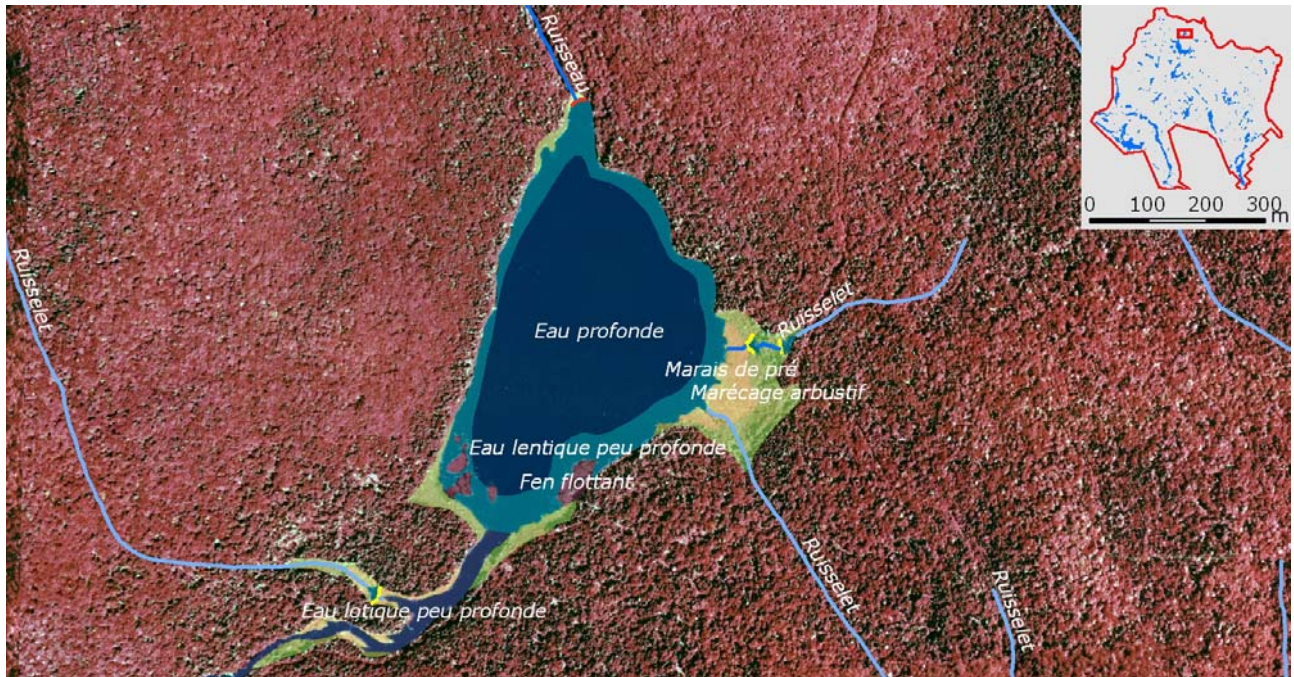


Figure 4 Exemple du lac du Portage. Ce lac est toujours influencé par un ancien barrage de drave (en rouge; sur le ruisseau au nord du lac) qui se dégrade lentement avec le temps. Plusieurs barrages de castor (en jaune) dynamisent les milieux humides du secteur. Classification de CIC pour le PNLM et orthomosaïque de 1996.

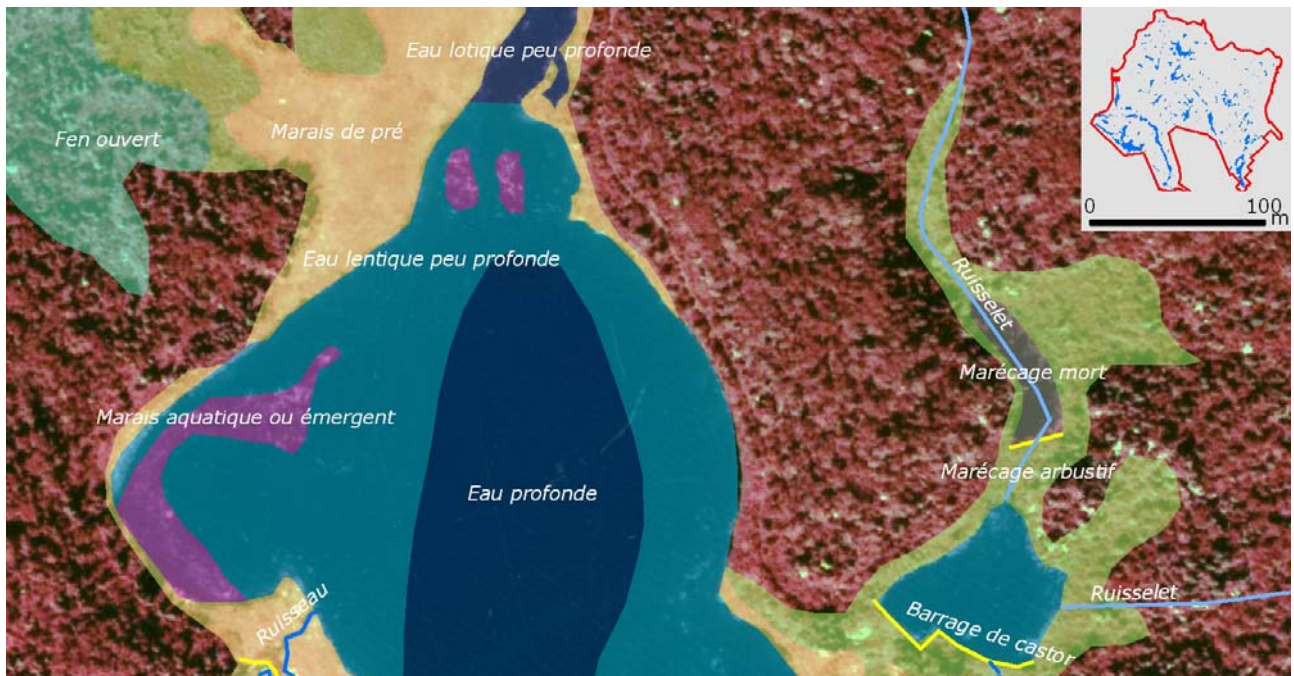


Figure 5 Exemple du secteur nord du lac Anticagamac, qui comporte une forte diversité de milieux humides. Classification de CIC pour le PNLM et orthomosaïque de 1996.

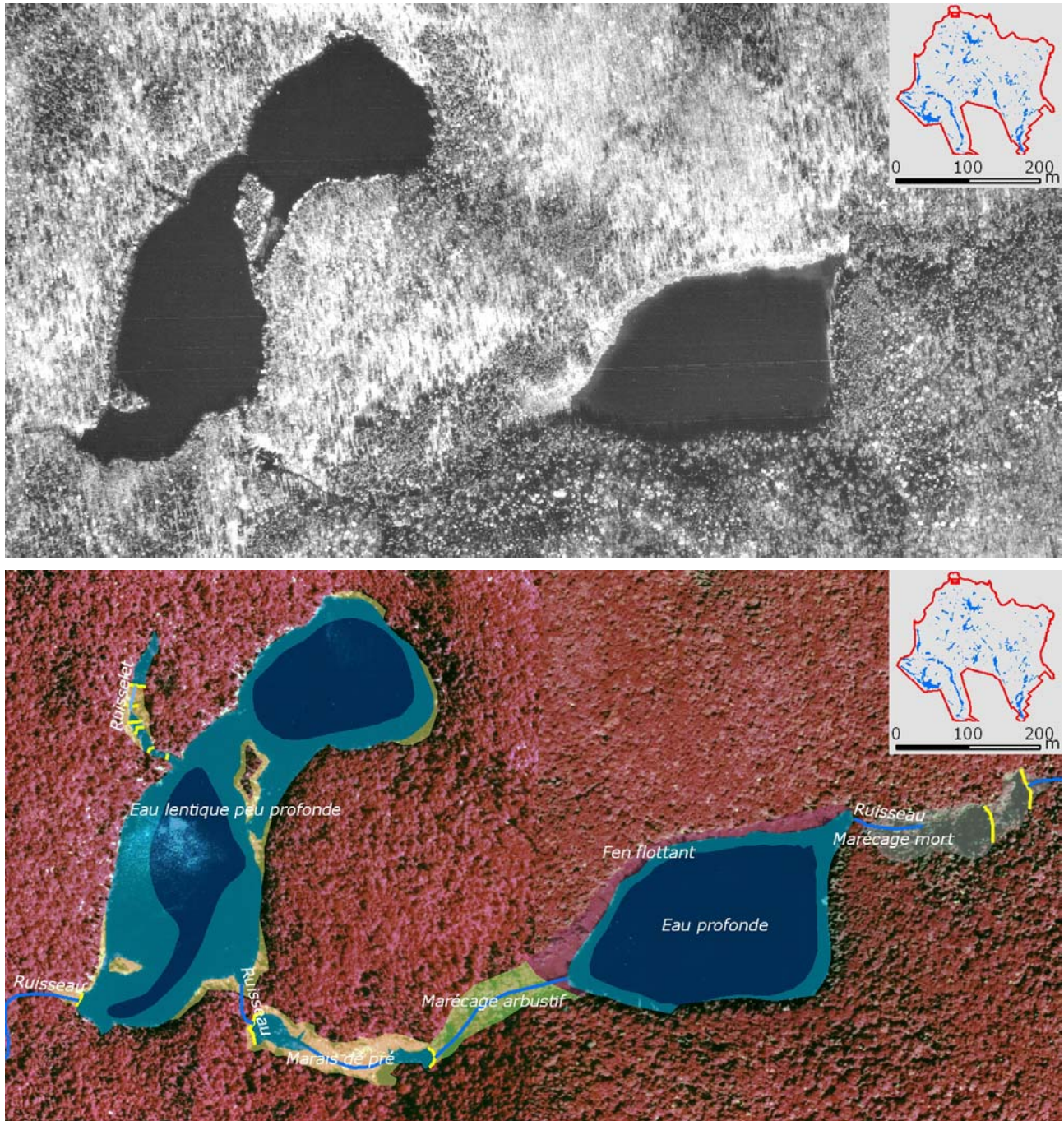


Figure 6 Exemple du secteur des lacs Godendart et Grappin, qui illustre l'influence majeure que peut avoir le castor sur l'écoulement de l'eau et les superficies de milieux humides. En haut: orthomosaïque de 1970. En bas: classification de CIC pour le PNLM et orthomosaïque de 1996. Plusieurs barrages de castor (en jaune) ont modifié les niveaux d'eau et les superficies des milieux humides. Sur l'image de 1996, on remarque que l'eau qui s'accumule dans le milieu humide situé entre les deux lacs est retenue de part et d'autre par des barrages de castor, de sorte que l'écoulement est dirigé à la fois vers le bassin versant de gauche et celui de droite.

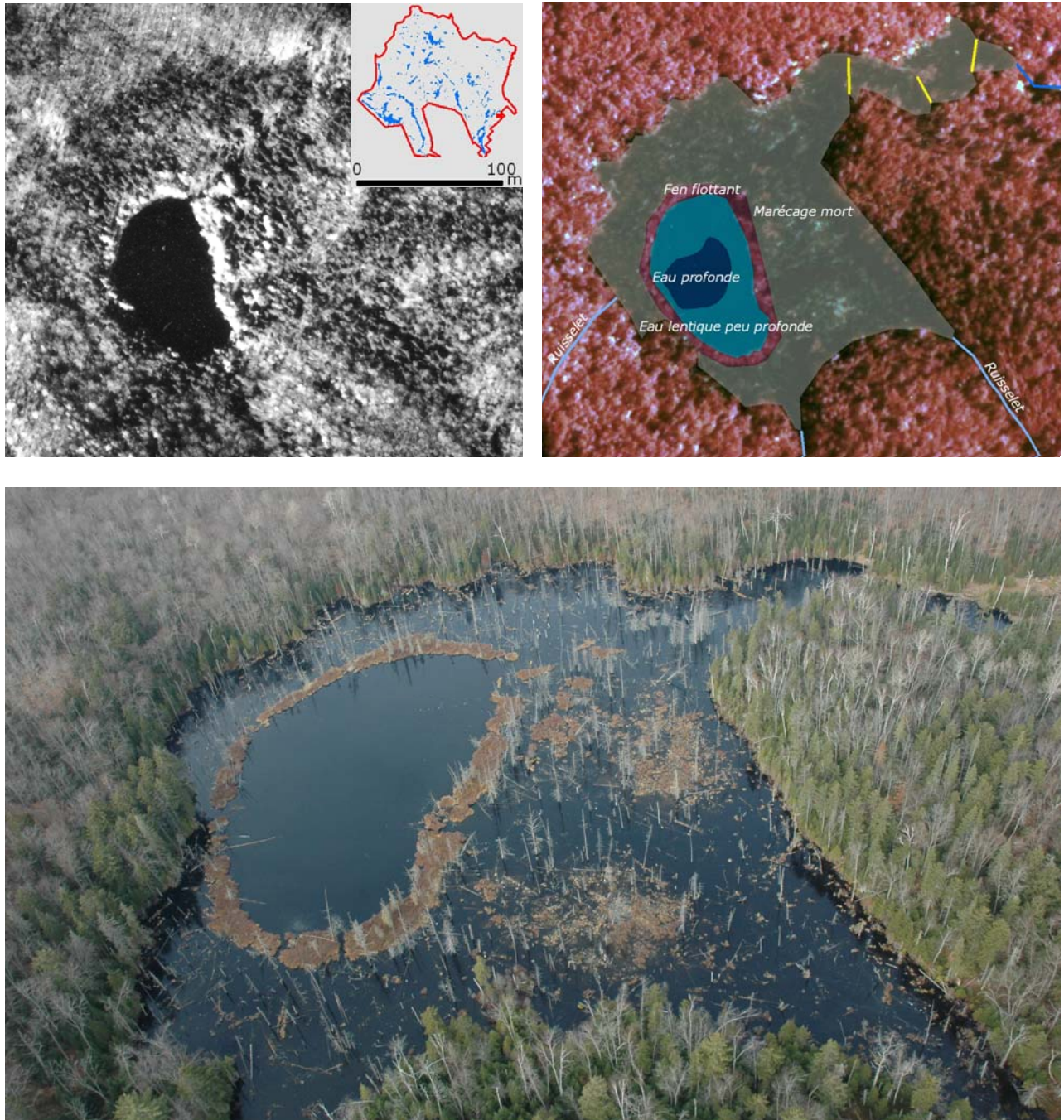


Figure 7 Exemple du lac à la Barbotte, un plan d'eau fortement influencé par le castor. En haut à gauche: orthomosaïque de 1970. En haut à droite: classification de CIC pour le PNLN et orthomosaïque de 1996. En bas: photo oblique prise en 2007 (D. Masse). Suite à l'envolement de la dépression topographique dû au barrage de castor qui s'est maintenu de 1996 à 2007, la tourbe accumulée par comblement à la marge du lac s'est soulevée pour former un fen flottant. Les chicots du marécage mort supportent maintenant une colonie de grands hérons (*Ardea herodias*).

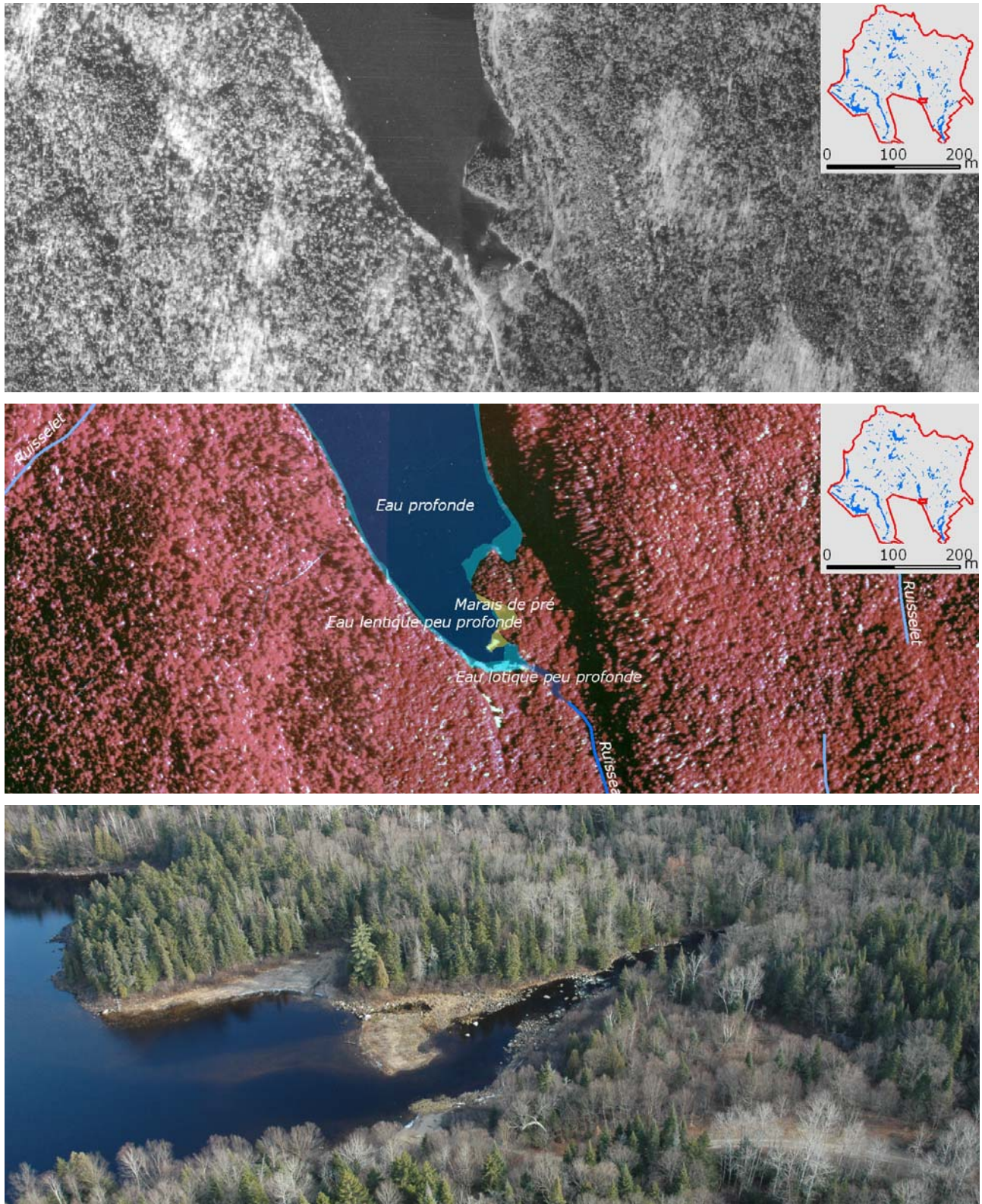


Figure 8 Exemple de l'exutoire du lac Édouard, alors que le plan d'eau était influencé par un barrage de drave. En haut: orthomosaïque de 1970. Au centre: classification de CIC pour le PNLM et orthomosaïque de 1996. En bas: photo oblique prise en 2007 (D. Masse).

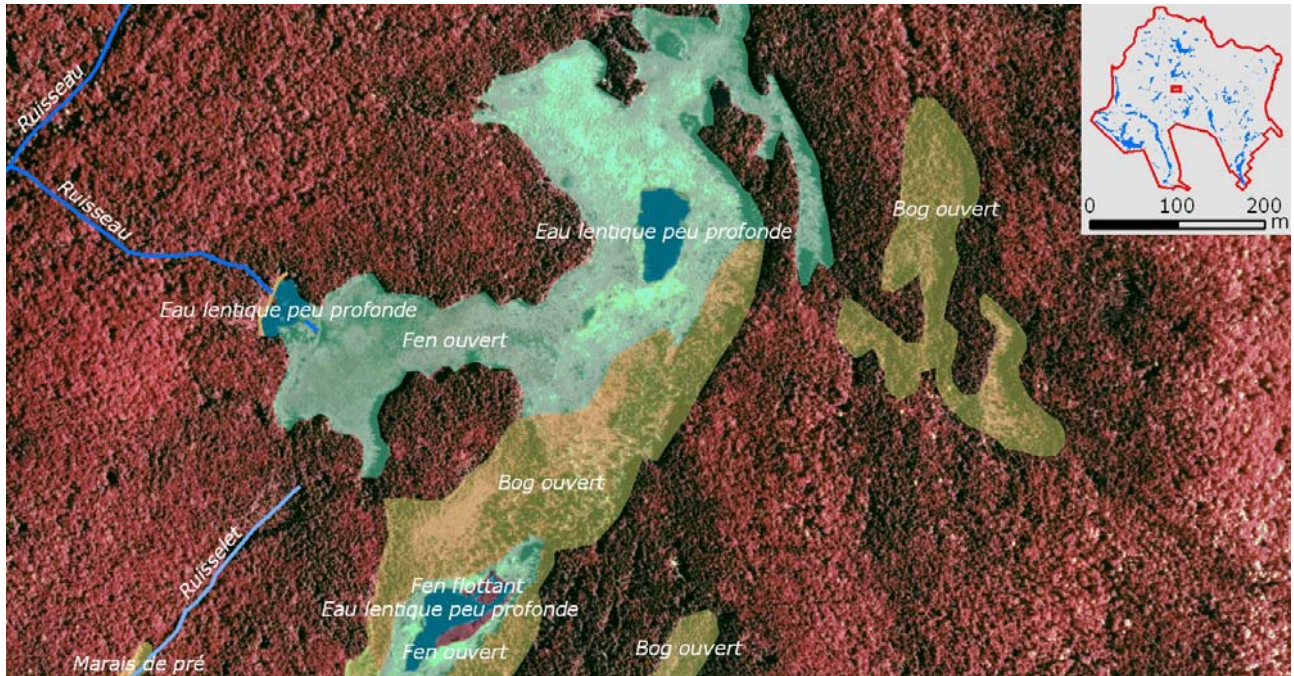


Figure 9 Exemple d'un complexe de tourbières situées sur un haut plateau. En haut: classification de CIC pour le PNLM et orthomosaïque de 1996. En bas: photo oblique prise en 2007 (D. Masse).

3.7 Discussion

Ce projet de cartographie et de classification détaillées des milieux humides par photo-interprétation du PCNM constitue l'un des premiers exercices du genre en milieu forestier au Québec. Cet exercice a mis en lumière le fait que les milieux humides sont des écosystèmes beaucoup trop diversifiés pour être ramenés à un système de classification à seulement cinq classes. Si cette affirmation est valable pour un territoire aussi petit que le PNLM, elle devient cruciale pour la cartographie des milieux humides à l'échelle de la biorégion ou du pays.

Le système de classification établi par CIC pour le PNLM est basé sur la connaissance des divers systèmes de classification publiés jusqu'à maintenant pour le sud-est du Canada et le nord-est des États-Unis. Il fait notamment appel à la carte écoforestière, qui recèle de précieuses données sur les milieux humides, particulièrement utiles pour identifier les marécages forestiers. Inversement, la carte écoforestière ne constitue pas un outil de précision pour la caractérisation écologique des milieux humides non-forestiers, ce qui n'est pas surprenant car cette carte vise essentiellement les sites à potentiel ligneux. Les barrages de castor y sont par ailleurs nettement sous-estimés. La photo-interprétation détaillée des milieux humides révèle en effet l'omniprésence du castor sur le territoire du PNLM.

La méthode de numérisation employée, basée sur des mosaïques de photographies aériennes géoréférencées, calque l'erreur géographique de celles-ci. Cette imprécision explique en partie l'écart des superficies humides entre la carte des milieux humides de CIC et les polygones de milieux humides de la carte écoforestière. L'imprécision peut entraîner des difficultés pour certaines applications des cartes numériques.

La cartographie des milieux humides nécessite des données bathymétriques pour localiser les courbes de profondeur de 2 m, lesquelles ne peuvent être obtenues à partir de photos aériennes, et qui sont peu fiables lorsque obtenues par les techniques de télédétection. Sans ces données, les zones d'eau profonde ne peuvent être distinguées des eaux peu profondes et la délimitation des milieux humides ne peut être complétée. La qualité des données bathymétriques a quant à elle une influence directe sur les résultats de la cartographie. Celles qui ont été utilisées dans ce projet ont été récoltées durant seconde moitié des années 1970 (Plante, 1996). De façon rigoureuse, leur validité est donc diminuée par les écarts des niveaux d'eau entre le moment de la récolte des données et le moment de la photographie aérienne, écart qui doit prendre en considération les variations annuelles des niveaux d'eau (Parcs Canada, 1991). Somme toute, il ressort d'un examen sommaire des résultats de la cartographie que les données bathymétriques apportent une information fort valable et du même ordre de précision que les autres éléments cartographiés.

4 Surveillance de l'intégrité écologique: les milieux humides

Le cadre de travail du programme de surveillance de l'intégrité écologique dont s'est doté l'APC fait intervenir un grand nombre de facteurs d'ordres écologique, économique et politique. Conscients que le protocole de surveillance de l'intégrité écologique des milieux humides ne pourra être mis en place qu'en intégrant cette multitude d'aspects, nous nous sommes limités dans cette section à commenter, en regard des milieux humides, quelques mesures sommairement exposées dans le plan de surveillance du PNLM en date du 31 mars 2008 (Masse et al., 2008).

4.1 Les barrages humains

Il est bien connu et documenté que la construction de barrages à des fins de flottage du bois, avant la création du PNLM, a considérablement transformé le paysage des milieux humides du parc (Plante, 1996). Ces ouvrages de retenue d'eau ont modifié les régimes d'écoulement naturels des hydrosystèmes du parc. Le régime d'écoulement naturel, défini par la pleine étendue des variations intra- et inter-annuelles des régimes hydrologiques ainsi que par les caractéristiques associées de synchronisation, de durée, de fréquence et de vitesse de changement des débits (Richter et al., 1997), déterminent les caractéristiques écologiques des hydrosystèmes (Poff et Allan, 1997). Le plan de surveillance 2008-2013 propose de bâtir un indice d'altération basé sur la proportion de la superficie des milieux humides dont l'écoulement est sous influence humaine. De ce que nous en comprenons, cette mesure concernerait uniquement les milieux humides situés en amont des barrages humains et dont le niveau de l'eau ou de la nappe phréatique serait directement déterminé par l'ouvrage de retenue d'eau.

Pour bien comprendre la portée d'un tel indice, il faut rappeler que la modification du régime d'écoulement naturel induite par un barrage influence également les milieux humides situés en aval du barrage. Bien que réelle, cette influence peut ne pas y être aussi marquée ou écologiquement significative qu'en amont des barrages. Comme les effets en aval sont plus difficilement peu détectables et mesurables, il apparaît logique de concentrer les efforts de suivi dans les secteurs en amont des barrages. Par ailleurs, il apparaît difficile de délimiter tous les milieux humides concernés par cette mesure, d'autant plus qu'il est possible que des polygones cartographiés chevauchent la limite d'influence proposée. Malgré cela, nous suggérons de conserver l'indice, et de le baser sur le pourcentage de la superficie des étendues d'eau – et non pas tous les milieux humides – dont les niveaux sont directement influencés par les barrages, i.e. les étendues qui sont situées immédiatement en amont des barrages. Nous avons d'ailleurs exploré la réalisation de l'indice.

Pour ce faire, nous avons tout d'abord créé une couche numérique des étendues d'eau en fusionnant les polygones adjacents des types suivants: eau profonde, eau lentique peu profonde, marais aquatique ou émergent et fen flottant. Après vérification, certaines portions d'eau lotique ont été intégrées à des étendues d'eau adjacentes lorsque le niveau d'eau était continu. Nous avons ensuite exclu les polygones limitrophes des rivières Matawin et Saint-Maurice (éclats), de même que les étendues d'eau de superficie inférieure à 100 m². Nous avons par la suite utilisé la base de données de 2007 du PNLM sur l'état des barrages pour inférer sur l'état des étendues d'eau situées à l'amont immédiat des barrages (Figure 10). Il ne nous restait donc plus qu'à analyser ces données (Tableau 10). Ainsi, en 2007, 21 des 469 plans d'eau étaient influencés par des barrages humains, pour un total d'environ 44,6% de la superficie des étendues d'eau. À noter que les superficies d'eau profonde auraient pu tout aussi bien être soustraites de ce calcul.

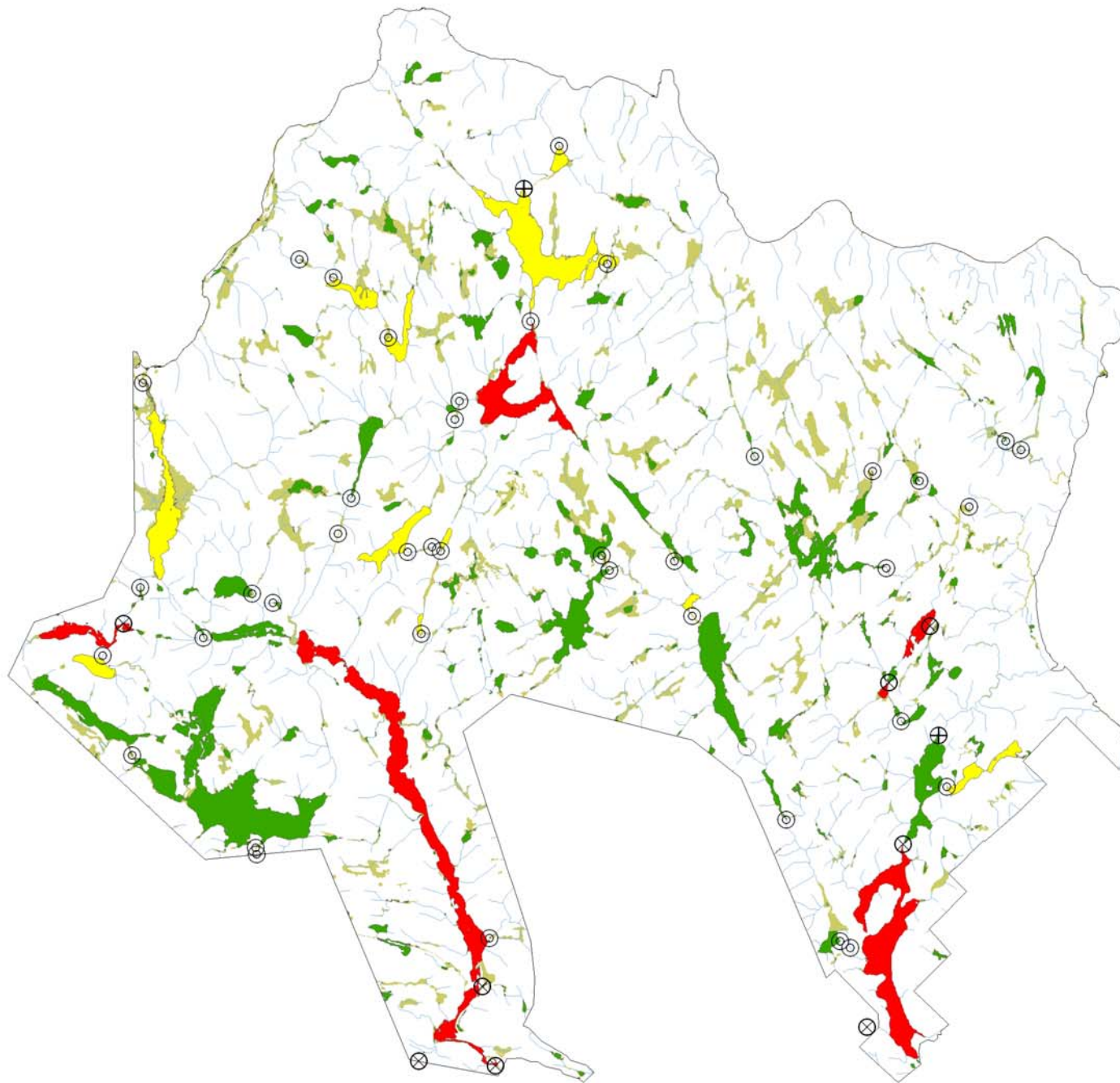
Tableau 10 État des exutoires et effet des barrages sur les étendues d'eau du PNLM. L'analyse est basée sur la cartographie de CIC de la mosaïque de photos aériennes de 1996 et sur le recensement des barrages de 2007. Les valeurs expriment le nombre d'étendues d'eau et le pourcentage de superficie des étendues d'eau (caractères italiques).

État de l'exutoire	Effet						Total	
	Effet continu		Effet en période de crue		Sans effet			
Barrage fonctionnel	6	<i>21,8</i>	-	-	-	-	6	<i>21,8</i>
Barrage naturellement dégradé	1	<i>4,5</i>	13	<i>11,2</i>	16	<i>24,2</i>	30	<i>39,9</i>
Barrage partiellement démantelé	0	<i>0,0</i>	1	<i>7,1</i>	1	<i>2,7</i>	2	<i>9,8</i>
Exutoire naturel restauré	-	-	-	-	1	<i>4,0</i>	1	<i>4,0</i>
Exutoire naturel (sans barrage)	-	-	-	-	430	<i>24,5</i>	430	<i>24,5</i>
Total	7	<i>26,4</i>	14	<i>18,2</i>	448	<i>55,4</i>	469	<i>100,0</i>

Puisque les étendues d'eau retenues par des barrages sont majoritairement des grands lacs, la part de l'erreur de précision liée à la photo-interprétation et à la numérisation serait négligeable par rapport à celle liée à la prise de données de terrain sur l'état des barrages. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle les résultats de l'analyse préliminaire, que nous avons effectuée en utilisant les données sur l'état des barrages de 2007 et les données d'étendues d'eau de 1996 (soit 11 ans auparavant), sont fort probablement valables pour l'année 2007.

Figure 10

**Carte de l'état des barrages et de leurs effets sur les étendues d'eau
Parc national du Canada de la Mauricie**



État des barrages (2007)

- ⊙ Barrage naturellement dégradé
- ⊕ Barrage partiellement démantelé
- ⊗ Barrage fonctionnel
- Exutoire naturel restauré

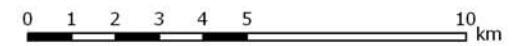
Effet des barrages sur les étendues d'eau

- Effet continu
- Effet en période de crue
- Sans effet

Réseau hydrographique

- Cours d'eau
- Milieu humide

Limite du PNLM



Année de validité: 2007
Projection: MTM
Datum: NAD83

4.2 Le castor

Le castor est sans contredit le principal agent naturel de changement des milieux humides des territoires forestiers du nord-est de l'Amérique du Nord. L'effet de ses activités se fait également ressentir dans les milieux aquatiques, notamment par la modification des conditions de croissance des végétaux, de la dynamique de déposition des sédiments et de la matière organique (Naiman et al., 1988) et de la circulation des poissons (Bernier et al., 1997). Le castor, par sa présence répétitive dans le temps, a le potentiel de modifier la topographie des bassins et des dépressions. Ainsi, le castor peut ne pas être présent sur un site où la répétition du cycle barrage/sédimentation a prévalu pendant des siècles. De même, des barrages abandonnés peuvent retenir des étangs en persistant dans le temps, sur plusieurs décennies. À la lumière de ces considérations, il apparaît difficile de cartographier de façon précise les barrages de castor et de quantifier l'influence de ceux-ci sur les superficies de milieux humides.

Le plan de surveillance propose un ensemble de deux sous-mesures basées sur le suivi du castor: la densité de colonies actives et la proportion de colonies actives retrouvées le long des cours d'eau. Une variation de ces valeurs par rapport aux moyennes historiques serait indicatrice de perte d'intégrité écologique. Cette mesure est selon nous judicieuse malgré qu'il n'existe pas, à notre connaissance, de confirmation scientifique prouvant son efficacité. On pourrait également considérer comme sous-mesure l'altitude moyenne de toutes les colonies actives de castor, ou l'altitude moyenne du quartile le plus élevé, par exemple. Cette sous-mesure pourrait être mise en relation avec des données sur les changements climatiques. Par exemple, une diminution des précipitations et une augmentation de la sévérité des sécheresses estivales pourraient modifier l'utilisation par les colonies de castor des habitats les plus instables et précaires, i.e. les lacs et les cours d'eau de tête de bassin versant. Ceux-ci se verraient dans ce cas moins utilisés que les milieux aquatiques situés plus en aval et à plus basse altitude.

4.3 Superficies de milieux humides

Les superficies des différentes classes de milieux humides sont elles-mêmes sujettes à certaines variations, qui en font une base potentielle pour une mesure de l'intégrité écologique du PNLM. Alors que certains milieux tels les bogs sont relativement stables dans le temps, d'autres tels les marais de pré sont continuellement dynamisés par les fluctuations des niveaux d'eau. Exclusion faite des erreurs attribuables aux inventaires, les variations observables des superficies de milieux humides s'opèrent selon des mécanismes dont l'origine se trouve soit dans l'action de l'homme, soit dans l'évolution naturelle de l'écosystème, ou encore dans l'interaction entre l'homme et la nature. Au PNLM, les trois principaux mécanismes

responsables de tels changements sont selon toute vraisemblance les barrages humains, les barrages de castor et le climat.

La dégradation et le démantèlement des anciens barrages de drave sont des mécanismes essentiellement attribuables à l'homme et ont le potentiel d'engendrer des déplacements en chaîne parmi les classes de milieux humides. Ainsi, dans la mesure où la dégradation ou le démantèlement d'un barrage s'accompagne d'une baisse du niveau du plan d'eau associé, on pourrait logiquement s'attendre à voir se transférer successivement les superficies des lacs vers les milieux forestiers secs, selon la séquence générale suivante: eau lentique profonde → eau lentique peu profonde → marais de pré → marécage arbustif → marécage forestier → milieu sec forestier. Également, dans la mesure où la dégradation ou le démantèlement des barrages s'accompagne d'une réduction de la variabilité des niveaux d'eau, on pourrait constater un rétrécissement des franges de végétation riveraines des stades pionniers au profit de formations végétales des stades les plus avancés. En termes propres à la classification, cela signifierait une réduction des marais de pré et des marécages arbustifs contrebalancée par une augmentation des marécages forestiers et des milieux secs forestiers. Globalement, l'abaissement et la réduction des fluctuations des niveaux d'eau devraient donner lieu à une diminution de la superficie totale des milieux aquatiques et humides associés aux anciens barrages de drave. Il serait possible de fixer des mesures quantitatives avec seuils pour le suivi, mais cela deviendrait un nouveau projet en soi étant donné l'ampleur de la tâche de modélisation numérique requise.

En l'absence de récolte du castor à l'intérieur du PNLM, on peut assumer que l'évolution des populations de castor suit une dynamique naturelle propre à l'écosystème du PNLM. Malgré des déplacements des colonies actives, le nombre total de colonies dans le parc n'a fluctué que légèrement depuis la création du parc (D. Masse, données inédites). Bien que les déplacements des colonies actives et les fluctuations du nombre de colonies puissent engendrer des changements dans les superficies des classes de milieux humides, il apparaît difficile de prédire la direction de ces changements dans le bilan des milieux humides de l'ensemble du parc. Aussi, étant donné que le castor fait l'objet d'un suivi direct par dénombrement, ce suivi pourrait s'avérer plus sensible à un éventuel changement de l'intégrité écologique qu'un suivi des superficies des classes de milieux humides influencées par le castor.

Enfin, les changements dans le régime climatique sont une autre source potentielle de modifications dans le fonctionnement des écosystèmes et des superficies de milieux humides. Cependant, comme ces changements risquent de s'opérer à très long terme, nous ne pouvons que suggérer de poursuivre le suivi des superficies des milieux humides du PNLM.

5 Recommandations

5.1 Validation de la cartographie sur le terrain

La classification élaborée pour les fins du projet a été appliquée au territoire du PNLM au moyen d'une photo-interprétation croisée avec la consultation de données existantes, de photographies aériennes historiques et de photographies obliques. Même si le PNLM est un territoire relativement bien documenté du point de vue écologique, il demeure que la classification et la cartographie des milieux humides exigent une somme considérable d'informations. Par conséquent, il existe une incertitude liée à la précision de la carte qu'aurait significativement réduit la réalisation de points de contrôle sur le terrain. Cette étape de validation de terrain, qui a normalement lieu après un balayage préliminaire des photographies aériennes, aurait non seulement permis d'élaborer un réseau de points de contrôle pour valider l'interprétation du milieu physique (type de sol, épaisseur des horizons, etc.) et la physiologie végétale (type de couvert, espèces, densité, hauteur, etc.), mais aurait également pu contribuer à peaufiner le système de classification lui-même. Nous n'avons pas pu la faire car notre travail a été réalisé en hiver. Nous recommandons de valider la cartographie par l'établissement d'un réseau de points d'observation écologique (Saucier et al., 1994) en milieux humides. Le nombre et la répartition de ces points de contrôle doivent faire en sorte de couvrir la diversité du territoire. Ce réseau pourrait par ailleurs être permanent, ce qui comporterait l'avantage d'enrichir la connaissance sur l'évolution temporelle de ces milieux.

5.2 Utilisation de la classification dans les autres parcs nationaux du Canada

La classification que nous avons utilisée pour le PNLM, qui est d'une part beaucoup plus détaillée que la carte de base des milieux humides canadiens en préparation dans le cadre de l'Inventaire canadien des terres humides (WetKit, 2004) et qui, d'autre part, peut s'arrimer avec les classifications de la végétation forestière du Québec et d'autres provinces, nous semble appropriée tant pour l'acquisition de connaissances biophysiques de base sur les parcs que pour la surveillance de leur intégrité écologique. De plus, en incluant les éléments linéaires tels les ruisseaux et les barrages de castor, elle permet de prendre en compte des milieux humides qui seraient en partie échappés autrement. Nous suggérons que cette classification soit appliquée aux autres parcs de la biorégion et éventuellement adaptée puis utilisée ailleurs au Canada.

5.3 Surveillance de l'intégrité écologique

La surveillance de l'intégrité écologique commande l'établissement de bases de données longitudinales uniformisées et selon des protocoles documentés. Dans cette optique, nous recommandons de:

- Créer une orthomosaïque à partir des photographies aériennes de 1983. Cette mosaïque devrait être réalisée en respectant le plus possible les limites d'interprétation de chacune des photos (i.e. le rectangle central de surface utile), de façon à minimiser la distorsion géographique et l'angle de vue.
- À partir des orthomosaïques de photographies aériennes de 1970 et 1983, cartographier les milieux humides avec la même méthodologie que celle qui a été utilisée pour 1996, faisant l'objet du présent rapport.
- Dans le cadre des prochains inventaires forestiers décennaux, le Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec rendra disponible de nouvelles séries de photographies aériennes du territoire du PNLM, de même que des orthomosaïques. La cartographie des milieux humides du PNLM devrait être refaite quand ces données seront disponibles, soit à un intervalle d'environ 10 ans. La prochaine couverture sera réalisée en 2008 et disponible pour analyse en 2009.
- Comparer les différents inventaires des milieux humides et établir la variabilité naturelle pour fixer des seuils éprouvés tels que recommandé pour le programme de surveillance de l'intégrité écologique.
- Évaluer la précision de la classification par la méthode du double décompte et ainsi valider la précision de la méthode d'inventaire cartographique proposée dans le présent rapport.
- À partir de la mosaïque de 1970 et au moyen de la photo-interprétation en stéréoscopie, créer une couche des chemins existants avant la création du parc.
- Maintenir à jour une base de données sur l'état de tous les barrages du parc.
- Maintenir à jour une base de données sur l'état de tous les ponts et ponceaux du parc.

5.4 Interprétation du patrimoine naturel humide

Tout au long de la réalisation de ce projet, nous avons porté attention aux éléments qui pourraient selon nous être intéressants à récupérer et à développer dans le cadre d'activités d'interprétations au PNLM. Nous les présentons ici à titre de scientifiques des milieux humides, c'est-à-dire sans les structurer dans des programmes d'interprétation. De tels programmes généraux à caractère éducatif sur les milieux humides sont toutefois disponibles sur le site web de Canards Illimités Canada (<http://www.ducks.ca>). Nos recommandations dans le cadre du

présent projet identifient quelques grands thèmes, avec pour chacun des idées à développer ou des éléments succincts («capsules»):

- Qu'est-ce qu'un milieu humide? Définition; défi pour les écologistes; régimes de perturbations en milieu humide, bilan de carbone selon les phases et les types des milieux humides.
- Le roi Castor. Pourquoi construit-il des barrages (accès à la nourriture et abri contre les prédateurs terrestres); cycle de l'étang à castor (Figure 1); sa capacité à non seulement endiguer, mais aussi parfois à inverser la circulation de l'eau (Figure 6); création de paysages énigmatiques, tel l'anneau flottant de végétation du lac à la Barbotte (Figure 7). Bâtir ou enrichir le programme éducatif ayant trait au castor en y illustrant les différentes influences qu'ils apportent aux milieux humides.
- Les milieux humides et l'activité humaine: héritage de l'ère du flottage du bois, effets possibles des routes.
- Adapter le programme actuel d'interprétation du PNLM aux nouvelles connaissances sur les milieux humides, en particulier les tourbières, et utiliser ces produits cartographiques pour illustrer la répartition et l'importance des milieux humides dans le parc.

6 Conclusion

Ce projet visait en premier lieu à établir un portrait cartographique de référence pouvant servir d'élément de base à l'élaboration du protocole de surveillance de l'intégrité écologique des milieux humides du PNLM. L'APC, par sa gestion du territoire du PNLM, tient le rôle de précurseur au chapitre du maintien de l'intégrité écologique des milieux humides forestiers. Pour Canards Illimités Canada, la collaboration à cet exercice a apporté une contribution unique en matière de connaissance des écosystèmes humides forestiers, un aspect essentiel à sa mission de conservation des milieux humides.

7 Références

- Bernier, S., M. Gauvreau et P. Dulude. 1997. Le castor (*Castor canadensis*) et l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) : modalités de gestion interactive. Association des Gestionnaires de Territoires Fauniques de Charlevoix/Bas-Saguenay inc., Ministère de l'Environnement et de la Faune et Fondation de la Faune du Québec. 37 p.
- Bertrand, N. 2003. La protection des milieux riverains dans le contexte de la coupe forestière: état de la situation sur le plan cartographique. Note technique. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs - Direction de l'environnement forestier, Québec. 4 p.
- Bourassa, J. P., A. Aubin et E. Lacoursière. 1972. Étude limnologique des lacs de la partie sud du Parc National de la Mauricie, Québec. Département de Chimie-Biologie, Université du Québec, Trois-Rivières, Québec. 235 p.
- Brinson, M. M. 1993. A Hydrogeomorphic Classification for Wetlands. Technical Report WRP-DE-4. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS, USA. 79 p.
- Buteau, P., N. Dignard et P. Grondin. 1994. Système de classification des milieux humides du Québec. Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources du Canada et Ministère des Ressources naturelles du Québec. 25 p.
- Couillard, L. et P. Grondin. 1986. La végétation des milieux humides du Québec. Les publications du Québec. 400 p.
- Cowardin, L. M., V. Carter, F. C. Golet et E. T. LaRoe. 1979. Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the United States. U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, D.C. 79 p.
- ESRI. 2005. Logiciel ArcGIS 9.1, version 9.1. ESRI, Redlands, California, USA.
- Fustec, É. et J. C. Lefevre [éditeurs]. 2000. Fonctions et valeurs des zones humides. Dunod, Paris, France. 426 p.
- Gérin-Lajoie, J. 2005. Inventaire du noyer cendré (*Juglans cinerea*) - Parc national du Canada de la Mauricie, Lieu historique national des Forges-du-Saint-Maurice, Lieu historique national du Manoir-Papineau. 29 p.
- Gilbert, H. 2006. Inventaire des plantes rares au parc national du Canada de la Mauricie et mise à jour de la liste des plantes vasculaires - été 2005. Bureau d'écologie appliquée. 15 p.
- Golet, F. C. 1973. Classification and Evaluation of Freshwater Wetlands as Wildlife Habitat in the Glaciated Northeast. PhD thesis. University of Massachusetts. 180 p.
- Harris, A. G., S. C. McMurray, P. W. C. Uhlig, J. K. Jeglum, R. F. Foster et G. D. Racey. 1996. Field Guide to the Wetland Ecosystem Classification for Northwestern Ontario. NWST Field Guide FG-01. Ontario Ministry of Natural Resources, Northwest Science & Technology. 74 p.
- Heber, M. 2007. Federal Geographic Data Committee Working Draft Wetland Mapping Standard. FGDC Wetland Subcommittee and Wetland Mapping Standard Workgroup, Environmental Protection Agency, Office of Water. 50 p. [En ligne]

http://www.fws.gov/nwi/PubsReports/FINAL_Draft_Wetlands_Mapping_Standard_08_06_07.pdf.

- Jacques, D. et C. Hamel. 1982. Système de classification des terres humides du Québec. Laboratoire d'étude des macrophytes aquatiques, Département des sciences biologiques, Université du Québec à Montréal. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction générale de la faune. 131 p.
- Jeglum, J. K., A. N. Boissonneau et V. F. Haavisto. 1974. Toward a Wetland Classification for Ontario. Information report O-X-215. Canadian Forestry Service, Department of the Environment. 54 p.
- Labbé, H. 2001. Identification des ruisseaux intermittents et permanents dans le massif des Laurentides et la Réserve faunique de la Vérendrye. Mémoire M.Sc. Université Laval, Québec, Canada. 120 p.
- Lafond, R. et C. Pilon. 2004. Abondance du castor (*Castor canadensis*) au Québec - Bilan d'un programme d'inventaire aérien. Le Naturaliste canadien 128:43-51.
- Lord, G. et A. Faucher. 2003. Normes de cartographie écoforestière - Troisième inventaire écoforestier. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs du Québec, Forêt Québec, Direction des inventaires forestiers. 95 p.
- MacKenzie, W. et A. Banner. 2001. A Classification Framework for Wetlands and Related Ecosystems in British Columbia: Third Approximation. Report (draft). Province of British Columbia, Ministry of Forests Research Program. 23 p. [En ligne]
<http://www.for.gov.bc.ca/hre/becweb/resources/classificationreports/wetlands/index.html>.
- Masse, D. et D. Bordeleau. 1988. Inventaire des colonies de castors - Parc national de la Mauricie - Automne 1987. Service de la conservation des ressources naturelles - Parc national de la Mauricie. 150 p.
- Masse, D., C. Samson, M. Villemure, M. Plante et A. Robillard. 2008. Plan de surveillance de l'intégrité écologique du parc national du Canada de la Mauricie 2008-2013. Service de la conservation des ressources, Parc national de la Mauricie. 36 p.
- Naiman, R. J., C. A. Johnston et J. C. Kelley. 1988. Alteration of North American Streams by Beaver. BioScience 38:753-762.
- Odion, M. 2006. Utilisation des S.I.G. pour mesurer l'impact du castor (*Castor canadensis*) sur le niveau d'eau et la végétation littorale de 62 lacs du Parc National du Canada de La Mauricie (Québec, Canada). Rapport de stage de Licence professionnelle. Université La Rochelle et Université du Québec à Trois-Rivières. 73 p.
- Odum, E. P. 1971. Fundamentals of Ecology. 3^e édition, Philadelphie, USA. 574 p.
- Parcs Canada. 1973. Inventaire et études d'aménagement des barrages et gravelières, Parc National la Mauricie. Parcs Canada, section Conservation des ressources naturelles.
- Parcs Canada. 1991. Parc national de la Mauricie - Synthèse et analyse des ressources naturelles. Parcs Canada, région du Québec, Service de la conservation des ressources naturelles. 2 volumes.

- Payette, S. 2001. Les principaux types de tourbière. Pages 39-89 *in* S. Payette et L. Rochefort [éditeurs]. *Écologie des tourbières du Québec-Labrador*. Les Presses de l'Université Laval.
- Payette, S. et L. Rochefort [éditeurs]. 2001. *Écologie des tourbières du Québec-Labrador*. Les Presses de l'Université Laval, Québec, Canada. 621 p.
- Plante, M. 1996. Plan de conservation des écosystèmes aquatiques. Parc national de la Mauricie - Service de la conservation des ressources naturelles - District de la Mauricie.
- Poff, N. L. et J. D. Allan. 1997. The Natural Flow Regime. *BioScience* 47:769-784.
- Racey, G. D., A. G. Harris, J. K. Jeglum, R. F. Foster et G. M. Wickware. 1996. Terrestrial and Wetland Ecosites of Northwestern Ontario. NWST Field Guide FG-02. Ontario Ministry of Natural Resources, Northwest Science & Technology. 94 p.
- Richter, B. D., J. V. Baumgartner, R. Wigington et D. P. Braun. 1997. How Much Water Does a River Need? *Freshwater Biology* 37:231-249.
- Samson, C. et D. Kehler. 2006. Report of the Working Group Meeting on Monitoring of Freshwater Wetland Ecosystems in National Parks of Quebec/Atlantic Bioregion, September 28th-29th, 2006, Kouchibouguac National Park. Parks Canada. 15 p.
- Saucier, J. P., J. P. Berger, H. D'Avignon et P. Racine. 1994. Le point d'observation écologique. Rapport RN94-3078. Ministère des Ressources naturelles, Québec.
- Service de la conservation des ressources naturelles région du Québec. 1981. Parc national de la Mauricie - Synthèse et analyse des ressources. Environnement Canada, Parcs Canada, Québec. 2 volumes.
- Stewart, R. E. et H. A. Kantrud. 1971. Classification of natural ponds and lakes in the glaciated prairie region. Resource Publication 92. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C. and Northern Prairie Wildlife Research Center, Jamestown, ND, USA, Washington, D.C. 57 p. [En ligne] <http://www.npwrc.usgs.gov/resource/wetlands/pondlake/index.htm>.
- U.S. Fish & Wildlife Service. 2008. National Wetlands Inventory - Providing Wetland Information to the American People. [En ligne] <http://www.fws.gov/nwi/>.
- Warner, B. G. et C. D. A. Rubec [éditeurs]. 1997. The Canadian Wetland Classification System. Wetlands Research Centre, University of Waterloo, Waterloo, Ontario.
- WetKit. 2004. Canadian Wetland Inventory. [En ligne] <http://www.cwi-icth.ca/>.

Annexe I Liste des produits géomatiques associés au rapport

- Les couches numériques suivantes sont présentées en format *shapefile* ArcGIS 9.1.

Nom de la couche numérique	Description
CIC_Milieux_humides_1996_poly	Milieux surfaciques de la classification de CIC pour le PNLM, avec une zone tampon de 30 autour des limites du parc. Notes: L'attribut Parc (Oui ou Non) indique si le polygone se situe à l'intérieur des limites du parc. Les attributs MTM_X et MTM_Y indiquent les coordonnées MTM du centroïde de chaque polygone (NAD83, zone 8). L'attribut Date_modif indique la date de la dernière modification.
CIC_Milieux_humides_1996_line	Milieux linéaires de la classification de CIC pour le PNLM
CIC_bathymétrie_mos1996	Couche de bathymétrie des lacs du PNLM dont les polygones ont été ajustés à la position des lacs sur l'orthomosaique de 1996. Note: L'attribut prof_min donne la profondeur minimale du polygone bathymétrique.
CIC_etendues_deau_mos1996	Étendues d'eau du PNLM, photo-interprétées à partir des photographies aériennes de 1996 et géoréférencées à partir de l'orthomosaique de 1996. Notes: L'attribut Bar_castor indique si l'étendue d'eau est soumise à l'influence d'un barrage de castor. L'attribut Bar_humain indique si l'étendue d'eau est soumise à l'influence d'un barrage humain ayant un effet, selon la base de données sur l'état des barrages mise à jour en 2007. L'attribut Effet renseigne sur le type d'effet, d'après la base de données sur l'état des barrages mise à jour en 2007.
CIC_Milieux_humides_GTNTNTH_1996_poly	Milieux humides surfaciques du PNLM selon la classification canadienne du Groupe de travail national sur les terres humides (Warner et Rubec 1997).
CIC_Milieux_humides_GTNTNTH_1996_line	Milieux humides linéaires du PNLM selon la classification canadienne du Groupe de travail national sur les terres humides (Warner et Rubec 1997).

- Les couches numériques suivantes (en format *shapefile*) comprennent l'ensemble des milieux humides extraits de la carte écoforestière numérique du 3e décennal du MRNFQ, pour les feuillets 31110NO, 31111NE, 31114NE, 31114SE, 31114SO, 31115NO et 31115SO.

Nom de la couche numérique	Description
de_hyfill	Cours d'eau et cours d'eau intermittents.
de_hyfill_barrage_castor	Barrages de castor.
de_hysfo	Lacs, cours d'eau, îles, sites inondés et mares.
de_peefo	Aulnaies, dénudés humides et marécages forestiers.

- Les couches numériques suivantes peuvent être visionnées à l'aide du logiciel Google Earth (format .kml).

Nom de la couche numérique	Description
CIC_Milieux_humides_1996_poly	Milieux surfaciques de la classification de CIC pour le PNLM
CIC_Milieux_humides_1996_line	Milieux linéaires de la classification de CIC pour le PNLM

Titres déjà parus dans la collection LES RAPPORTS TECHNIQUES DE CANARDS ILLIMITÉS CANADA, RÉGION DU QUÉBEC :

- N° 1.* Développement d'une méthode de classification automatisée des milieux humides et des milieux riverains en forêt boréale, par M.N. Breton, M. Darveau et J. Beaulieu. 2005. Rapport technique Q2005-1.
- N° 2.* Projet pilote de conservation des milieux humides et riverains dans un territoire où niche le Garrot d'Islande, par M.N. Breton et M. Darveau. 2005. Rapport technique Q2005-2.
- N° 3.* Où sont les gros arbres d'intérêt faunique? Répartition des arbres par essences, âges, diamètres, qualité de stations et sous-domaines bioclimatiques dans les peuplements forestiers naturels du Québec, par D. Julien et M. Darveau. 2005. Rapport technique Q2005-3.
- N° 4.* Analyse de la prise en compte des hydrosystèmes de la forêt boréale par la Stratégie québécoise sur les aires protégées, par L.V. Lemelin et M. Darveau. 2005. Rapport technique Q2005-4.
- N° 5.* La conservation des habitats : un actif pour une propriété agricole, par A. Avery et M.-H. Audet Grenier. 2005. Rapport technique Q2005-5.
- N° 6.* Analyse de la prise en compte des hydrosystèmes par la Stratégie québécoise sur les aires protégées dans la province naturelle des Laurentides méridionales, par A.A. Roy, M. Darveau et L.V. Lemelin. 2006. Rapport technique Q2006-1.
- N° 7.* Rapport méthodologique de la cartographie des milieux humides du territoire de la Communauté métropolitaine de Québec, par J. Kirby et J. Beaulieu. 2006. Rapport technique Q2006-2f / Quebec metropolitan community wetland mapping methodology report (Q2006-2e).
- N° 8.* Méthode de classification des milieux humides du Québec boréal à partir de la carte écoforestière du 3^e inventaire décennal, par S. Ménard, M. Darveau, L. Imbeau et L.V. Lemelin. 2006. Rapport technique Q2006-3.
- N° 9.* Les milieux riverains, humides et aquatiques du bassin versant de la rivière du Gouffre (Charlevoix) - Phase 1 : cartographie, par P. Gagnon, M. Darveau et S. Maurice. 2007. Rapport technique Q2007-1.
- N° 10.* Comparaison de différentes approches de sélection de lisières boisées riveraines à soustraire de l'aménagement forestier dans le contexte de l'objectif sur la conservation du bois mort dans les forêts aménagées, par G. Courchesne, M. Darveau et L.V. Lemelin. 2008. Rapport technique Q2008-1.

Ce projet a été réalisé grâce au partenariat suivant :

- Agence Parcs Canada
- Canards Illimités Canada
- Initiative boréale canadienne



Parcs
Canada

Parks
Canada



Canards Illimités Canada
La conservation des milieux humides

