

Développement d'une méthode de classification automatisée des milieux humides et des milieux riverains en forêt boréale

**Marie-Noël Breton
Marcel Darveau
Jason Beaulieu**

Rapport technique No. Q2005-1

Canards Illimités - Québec

2005



Canards Illimités Canada
LA SOCIÉTÉ DE CONSERVATION

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.

Développement d'une méthode de classification automatisée des milieux humides et des milieux riverains en forêt boréale^{*}

Marie-Noël Breton¹, Marcel Darveau² et Jason Beaulieu³

- ¹ Département des sciences du bois et de la forêt, Université Laval, Québec (Québec) G1K 7P4 et Canards Illimités Canada, 710, rue Bouvier, bureau 260, Québec (Québec) G2J 1C2. Courriel : bainmarie@hotmail.com.
- ² Canards Illimités Canada, 710, rue Bouvier, bureau 260, Québec (Québec) G2J 1C2 et Centre de recherche en biologie forestière, Faculté de foresterie et de Géomatique, Université Laval, Québec (Québec) G1K 7P4. Courriels m_darveau@ducks.ca et marcel.darveau@sbf.ulaval.ca.
- ³ Canards Illimités Canada, 710, rue Bouvier, bureau 260, Québec (Québec) G2J 1C2. Courriel : j_beaulieu@ducks.ca.

Rapport technique No Q2005-1

Canards Illimités - Québec

© Canards Illimités Canada 2005

ISBN 2-9808821-0-0

Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Québec, 2005

Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Canada, 2005

Citation recommandée:

Breton, M.N., M. Darveau et J. Beaulieu, 2005. Développement d'une méthode de classification automatisée des milieux humides et des milieux riverains en forêt boréale. Rapport technique No Q2005-1, Canards Illimités - Québec, Québec. 25 p.

^{*} Version remaniée du mémoire de fin d'études présenté par Marie-Noël Breton au Département des sciences du bois et de la forêt de l'Université Laval, dans le cadre du programme de baccalauréat en aménagement forestier.

Résumé

Dans cette étude, nous proposons une méthode permettant une identification automatisée des milieux humides et des milieux riverains en forêt boréale. Cette méthode est basée sur une classification publiée en 1997 par Rempel et al. dans le *Journal of Wildlife Management* et qui utilisait à l'origine des photographies aériennes. Les critères de différenciation visuelle ont été adaptés sous forme de requêtes géomatiques pour s'appliquer aux cartes écoforestières numériques au 1 : 20 000 du ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs du Québec. Les logiciels ArcView et ArcGIS servent d'outils de base pour effectuer les différentes opérations.

La méthode permet de répartir, de façon semi-automatisée, les milieux humides et riverains en onze catégories regroupées dans trois types de milieux : lacustres, palustres et ripariens. La démarche permet d'identifier et de classer à l'échelle de 1 : 20 000, en peu de temps et à faible coût, les milieux humides et riverains en milieu boréal.

Le fait de pouvoir identifier et cartographier ces milieux ouvre la porte à de nombreuses utilisations, comme par exemple la classification des habitats potentiels pour la sauvagine. Avec cette méthode, il est possible d'envisager des plans de gestion des habitats pour la sauvagine à grande échelle, d'aménager et de conserver les milieux humides utilisés par différentes espèces. En somme, cet outil pourrait s'avérer utile pour les exploitants forestiers, les aménagistes de la faune ou tout autre organisme soucieux de la protection et de la mise en valeur des milieux humides et des milieux riverains.

Abstract

In this study, we propose an automated method for identifying wetland and riparian habitats in the boreal forest. This method is based on a wetland habitat classification system published in 1997 by Rempel et al. in the *Journal of Wildlife Management*, which originally used aerial photography. Instead of visually differentiating wetland criteria from air photos, the classification technique has been translated into a series of spatial queries adapted to the forest inventory maps (3rd edition; scale 1:20 000) of the Quebec Ministry on Natural Resources, Wildlife, and Parks. ESRI ArcView and ArcGIS software were used to conduct the analysis.

The method allows a rapid, inexpensive and semi-automated classification of boreal wetlands and riparian habitats into eleven categories grouped into three types of habitats: lacustrine, palustrine, and riverine.

The ability to quickly identify and classify wetland habitats with an automated classification method opens the door to a number of useful applications, one of which is mapping potential habitats for waterfowl. This method could be used to develop large scale habitat management plans or to identify and conserve wetlands used by different species. Overall, this tool could be useful to forest industries, wildlife managers, and other agencies interested in the maintenance and enhancement of wetland and riparian habitats.

Table des matières

Résumé.....	ii
Abstract	iii
Table des matières.....	iv
Liste des figures.....	v
Liste des tableaux.....	v
Introduction.....	1
Revue de littérature	3
Méthodologie	5
Aire d'étude	5
Outils géomatiques.....	6
Classification de Rempel et al. (1997)	9
Résultats.....	11
Démarche de classification	11
Composition en habitats de milieux humides du territoire.....	19
Discussion et recommandations.....	21
Remerciements	23
Ouvrages cités.....	24

Liste des figures

FIGURE 1.	Localisation de l'aire d'étude.....	5
FIGURE 2.	Ensemble des milieux humides et des milieux aquatiques présents sur l'aire d'étude.	7
FIGURE 3.	Agrandissement d'un secteur de l'aire d'étude présentant les neuf couches numériques qui serviront à l'identification des habitats en milieux humides.....	8
FIGURE 4.	Représentation schématique des onze classes d'habitats en milieux humides	9
FIGURE 5.	Schéma illustrant la démarche de classification.	16
FIGURE 6.	Représentation des milieux humides avant et après classification (Exemple 1).....	17
FIGURE 7.	Représentation des milieux humides avant et après classification (Exemple 2).....	18

Liste des tableaux

TABLERAU 1.	Différentes classes de milieux humides (Warner, B. G. and C. D. A. Rubec, 1997).	4
TABLERAU 2.	Description des différents types de terrains présents sur l'aire d'étude	19
TABLERAU 3.	Superficie couverte par les différents milieux humides et aquatiques.	19
TABLERAU 4.	Répartition des habitats en milieux humides sur l'aire d'étude.	20

Introduction

La forêt boréale canadienne est un des plus grands massifs forestiers continus du monde : on y retrouve le quart des forêts vierges de la planète et une surprenante biodiversité. Trente pour cent de cette région est recouvert de zones humides, ce qui offre un fabuleux potentiel faunique pour les espèces de canards, bernaches, oies et autres oiseaux qui y passent une partie de l'année. Trois quarts de la sauvagine de l'Amérique du Nord dépendent de la forêt boréale canadienne à un moment ou un autre de leur vie, que ce soit pour la reproduction, la migration ou la mue (Morrison, 2003). Pourtant, plusieurs espèces connaissent des difficultés depuis l'exploitation croissante de ce milieu par l'industrie forestière, minière, pétrolière et hydroélectrique.

À cet effet, le Plan nord-américain de gestion de la sauvagine a proposé une politique-cadre basée sur l'analyse des problèmes que connaît la sauvagine en Amérique du Nord. Un certain nombre d'objectifs ont été fixés notamment en matière d'habitat, le principal étant de conserver les terres et les milieux humides et d'en augmenter éventuellement la superficie. Pour atteindre ces objectifs, il est primordial de connaître la répartition de la sauvagine et de pouvoir gérer son habitat.

Or, en forêt boréale, c'est l'industrie forestière qui est en quelque sorte le principal gestionnaire territorial. Les contrats d'approvisionnement et d'aménagement forestier (CAAF) que lui octroie le ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs (MRNFP) lui permettent de récolter des volumes de bois et d'effectuer des travaux sylvicoles sur le territoire. Ces activités ne sont pas sans effet sur les habitats fauniques, particulièrement pour la sauvagine. On n'a qu'à penser au drainage forestier, qui diminue la superficie des milieux humides, ou à la coupe forestière qui réduit la disponibilité des chicots utilisés par bon nombre de canards. Avec l'émergence des mouvements environnementaux et les pressions populaires grandissantes qui poussent les industriels à certifier leurs pratiques, ces derniers se doivent de considérer l'ensemble des ressources dans leurs aménagements. Le Forest Stewardship Council (FSC) fait partie des organismes de certification dont le but est de promouvoir une gestion durable des forêts

en établissant des principes d'aménagement forestier mondialement reconnus et appliqués (FSC, 2004). Selon la norme FSC, l'aménagement forestier doit maintenir la diversité biologique et les valeurs qui y sont associées. De plus, des mesures pour garantir la protection d'espèces rares ou menacées ainsi que leurs habitats (zones de nidification et d'alimentation) doivent être prises. Les entreprises doivent également s'engager à protéger les forêts à haute valeur pour la conservation, lesquelles sont caractérisées, entre autres, par la présence de grandes populations fauniques ou de concentrations de valeurs pour la biodiversité.

Mais comment savoir si un territoire offre un grand potentiel d'habitats de qualité pour la sauvagine? Il existe un système national de classification des milieux humides (Warner et Rubec, 1997), mais ce système est très complexe et il peut être long et coûteux de l'utiliser à l'échelle de la forêt boréale, ou même d'une unité d'aménagement. Pour permettre aux industriels forestiers de considérer la sauvagine dans leur aménagement forestier ou pour permettre d'identifier des zones intéressantes par l'abondance d'habitats de qualité, il serait utile de pouvoir utiliser les cartes écoforestières au 1 : 20 000 du MRNFP. Ces cartes sont précises et disponibles pour l'ensemble du territoire forestier québécois. De plus, elles sont l'outil de base des forestiers qui les utilisent sous forme de feuillets numériques pour planifier l'aménagement du territoire.

L'objectif de notre étude est donc de développer une méthode permettant une automatisation de l'identification des milieux humides à l'aide d'un Système à information géographique (SIG). Une telle méthode, applicable à tout le domaine de la forêt boréale, faciliterait grandement le travail des aménagistes de la faune et de toute entreprise engagée à maintenir et à améliorer la qualité des habitats fauniques.

Dans un premier temps, nous présentons les recherches réalisées en rapport avec notre sujet, en particulier celle de Rempel *et al.* (1997) qui servira de base pour notre classification des habitats. Ensuite, nous expliquons la méthode utilisée pour répondre à notre objectif de départ et nous faisons une présentation des résultats accompagnée d'une discussion et de quelques recommandations qui permettront éventuellement d'améliorer la méthode proposée.

Revue de littérature

Une terre humide, appelée également milieu humide ou zone humide dans la littérature, se définit comme étant un terrain où la nappe phréatique est à proximité ou au-dessus de la surface, ou qui est saturé d'eau assez longtemps pour créer des conditions comme des sols modifiés par l'eau et une végétation hydrophile (tolérant de longues périodes d'inondation ou du moins tolérant des inondations périodiques) (Couillard et Grondin, 1986). Les terres humides comprennent les terres humides organiques ou « tourbières » et les terres humides minérales ou zones de sols minéraux qui subissent l'influence d'un excès d'eau mais qui produisent peu ou pas de tourbe (Warner et Rubec, 1997). Le développement de milieux humides est fonction de nombreux facteurs tels que le climat, l'hydrologie, la chimie des sols et de l'eau, la géomorphologie du territoire et la biologie (faune et flore). Face à l'intérêt grandissant que suscitent ces milieux, il est devenu important de se baser sur un système de classification afin de développer un langage commun et de mettre au point des « clés » permettant leur identification. Le système canadien de classification des terres humides décrit ainsi plus précisément les milieux humides en les répartissant par classe, forme et type :

- Cinq classes de terres humides se différencient selon la genèse de leur écosystème et la nature du milieu environnant (Tableau 1).
- Les formes des terres humides sont déterminées par la morphologie de surface, le modelé, le type d'eau et la morphologie du sol minéral sous-jacent. De nombreuses formes s'appliquent à plus d'une classe et certaines comptent aussi des sous-formes.
- Enfin, les types de terres humides dépendent de la physionomie générale du couvert végétal.

Tableau 1. Différentes classes de milieux humides (Warner et Rubec, 1997)

Classe de terres humides	Caractéristiques
Bog	Couche dense de tourbe, acide, faible teneur en éléments nutritifs, nappe phréatique proche de la surface du sol, habituellement couverte de mousses, d'arbustes et de cypéracées, présence possible d'arbres.
Fen	Couvert de tourbe, nappe phréatique proche du niveau du sol, teneur en éléments nutritifs supérieure à celle du bog, formations végétales caractérisées habituellement par des cypéracées et des graminées, présence ou absence possible d'arbres et d'arbustes
Marécage	Nappe d'eau stagnante ou à écoulement lent, teneur élevée en éléments nutritifs, habituellement occupée par des arbres ou des bosquets.
Marais	Inondé périodiquement ou de façon permanente, absence d'arbre, végétation émergée, teneur en éléments nutritifs habituellement élevée.
Eau peu profonde	Comprend les cuvettes, les dépressions ou les étangs ainsi que les terres humides qui se trouvent le long des zones riveraines, côtières ou lacustres, végétation submergée et plantes à feuilles flottantes.

Les milieux humides évoluent avec le temps et peuvent passer d'un stade à un autre : un marais peut devenir un fen, le fen un bog, le bog un marécage, etc. Ces types de milieux peuvent également se trouver sur un même espace restreint : un marécage peut très bien être entouré d'un bog ou d'un fen par exemple.

Avec plus de 120 formes et sous-formes de milieux humides, la classification canadienne est peu fonctionnelle lorsqu'il s'agit d'identifier des milieux humides qui sont réellement utilisés par la sauvagine. Rempel *et al.* (1997) ont proposé une classification simple de ces milieux en relation avec les oiseaux aquatiques de la forêt boréale. Cette classification est construite à partir de systèmes existants. Elle s'inspire du système américain de Cowardin *et al.* (1979), de celui des marais du ministère des Ressources naturelles de l'Ontario (1993), ainsi que des systèmes de Golet (1976) et Stewart et Kantrud (1971). La classification repose sur des caractéristiques structurelles simples et facilement identifiables à partir de photographies aériennes en noir et blanc au 1 : 20 000. Les critères de différenciation sont visuels. Nous avons retenu cette classification qui comporte 11 habitats comme base pour notre étude, chaque habitat étant associé à un type de milieu humide. Nous avons tenté de transposer ces critères visuels en critères

permettant de différencier les classes par des requêtes informatiques. Les onze milieux humides sont décrits dans la section suivante.

Méthodologie

Aire d'étude

Nous avons expérimenté notre approche sur une superficie d'environ 140 km² située au nord-est de la Réserve faunique de Portneuf (feuille cartographique 31 P01 NE) (Figure 1). Nous avons choisi la Réserve faunique de Portneuf car nous possédions déjà toutes les cartes écoforestières en format numérique et nous étions déjà familiers avec le territoire. De plus, il est situé au cœur de la forêt québécoise, ce qui augmente ses chances d'être représentatif. Le choix du secteur se justifie par le fait que tous les types d'habitats étaient présents et en bon nombre, ce qui était essentiel pour notre étude.

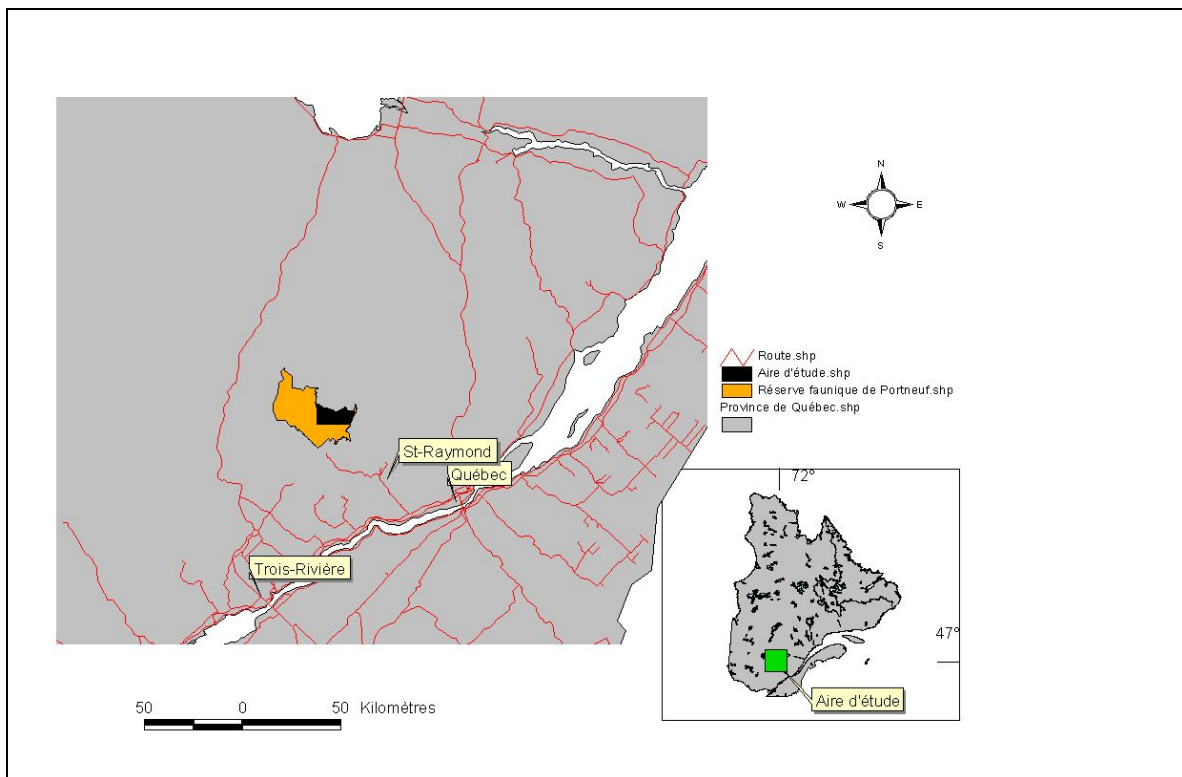


Figure 1. Localisation de l'aire d'étude

Outils géomatiques

Le développement des critères d'identification numérique a été réalisé à partir des logiciels Arc View 3.2 et Arc GIS 8.2., Nous avons posé l'hypothèse de base que les couches numériques issues de la photo-interprétation écoforestière des photographies aériennes au 1 : 15 000 utilisées pour la cartographie par le ministère des Ressources naturelles (Normes de cartographie écoforestière, 2000) sont représentatives de la réalité terrain. Nous n'avons donc pas validé les contours des polygones à l'aide des photographies en supposant que la photorestitution a été faite correctement.

Comme les feuillets sont issus de nombreuses manipulations, en plus des polygones forestiers, on y retrouve de nombreuses délimitations administratives, ce qui a par exemple comme résultat la fragmentation de peuplements ou d'étendues d'eau en plusieurs polygones. Dans la base de données, le champ INDICATIF qui permet de relier les polygones qui ont été fractionnés artificiellement ne s'y retrouve plus. Il est donc plus difficile de «recoller» les morceaux semblables.

Trois couches numériques sont nécessaires pour identifier les différents habitats : **la carte écoforestière**, les **cours d'eau linéaires** et la localisation des **barrages de castor**. À partir de la carte écoforestière, il est possible d'isoler les **lacs**, les **rivières**, les **dénudés humides**, les **aulnaies** et les sites **inondés** (sensu Gouvernement du Québec 2000). Les lacs peuvent être séparés en deux catégories distinctes : les lacs dont la superficie est inférieure à 8 ha (**petit lac**) et ceux dont la superficie est égale ou supérieure à 8 ha (**grand lac**). C'est à l'aide de ces neuf couches que nous avons fait l'identification des habitats en milieux humides (Figures 2 et 3).

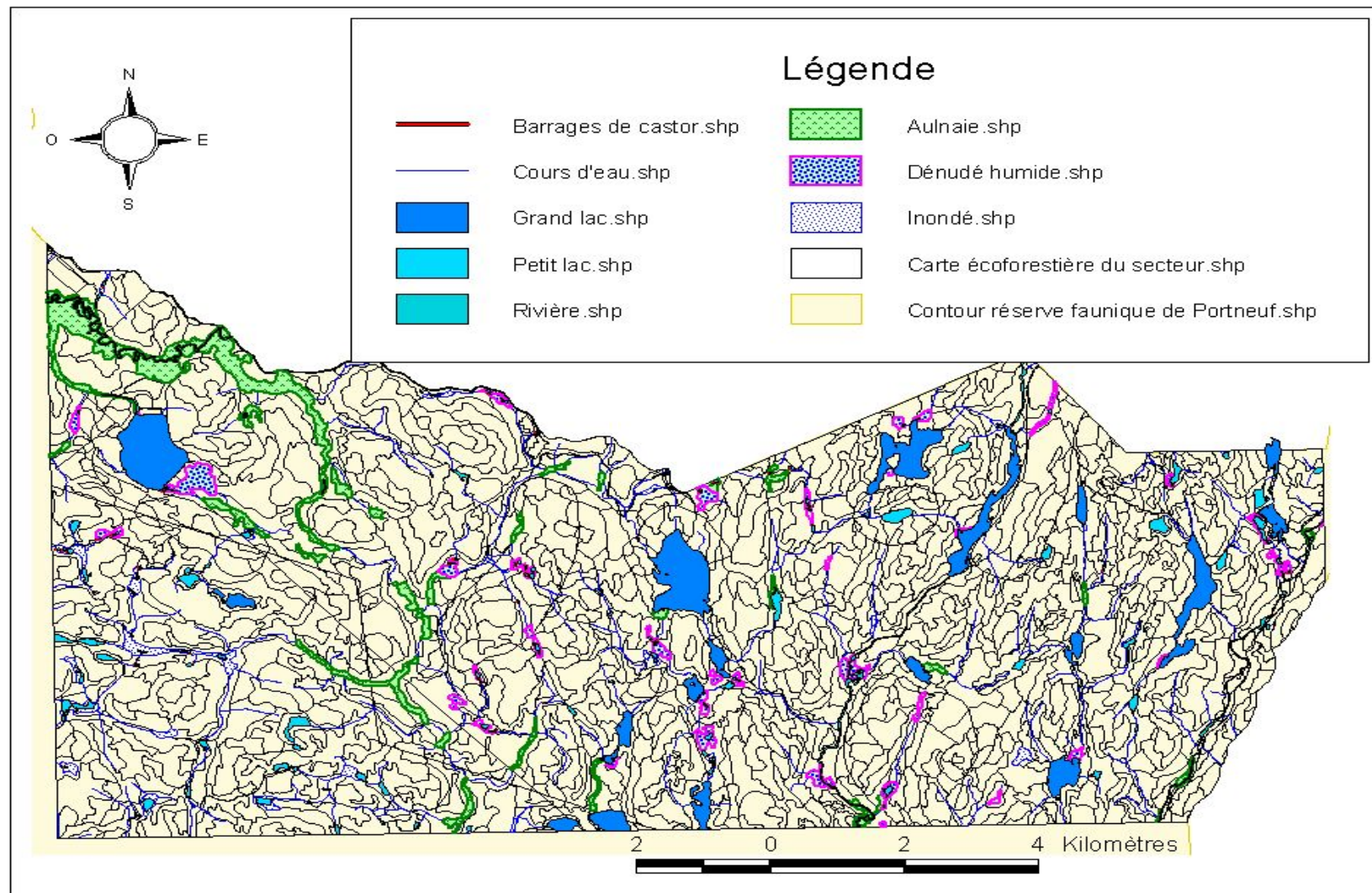


Figure 2. Ensemble des milieux humides et des milieux aquatiques présents sur l'aire d'étude.

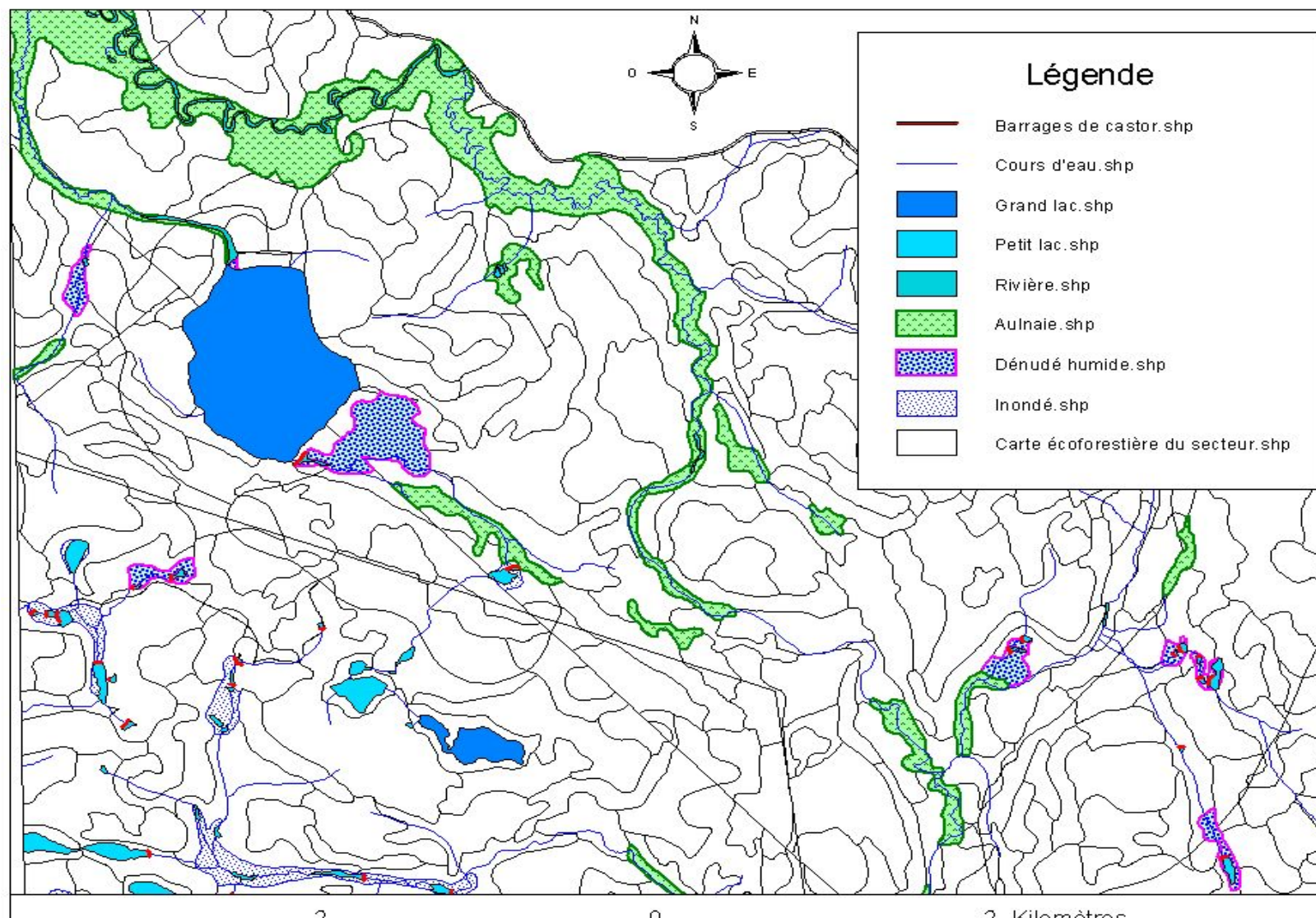


Figure 3. Agrandissement d'un secteur de l'aire d'étude présentant les neuf couches numériques qui serviront à l'identification des classes de milieux humides.

Classification de Rempel et al. (1997)

Le travail est basé sur le système de classification des habitats en milieux humides de Rempel *et al.* (1997), qui compte trois types (lacustres, palustres et riverains) subdivisés en onze classes (Figure 4). Les abréviations des classes sont la traduction des classes de Rempel *et al.* (1997).

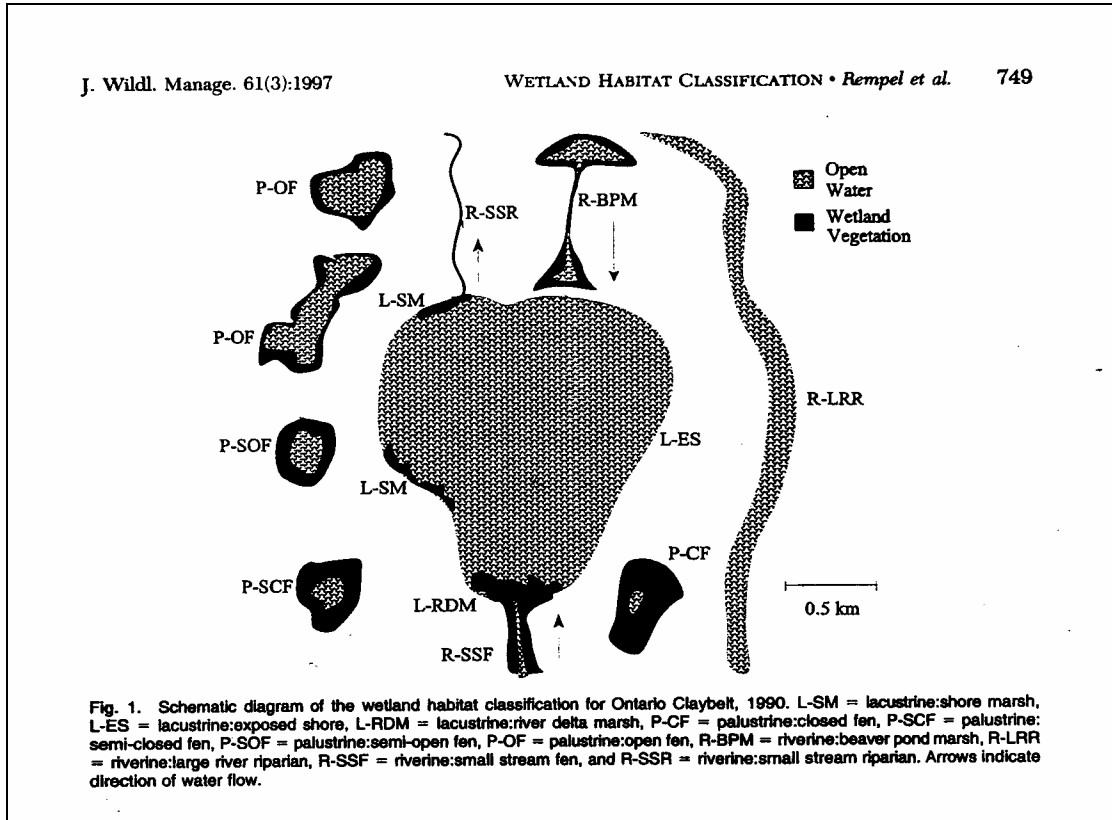


Figure 4. Représentation schématique des onze classes d’habitats en milieux humides. (tiré de : Rempel *et al.*, 1997).

I) LACUSTRES

1) Marais riverain (Shore marsh) : LMR

Marais situé sur le rivage d’un lac dont la superficie en eau libre est supérieure à 8 ha.

2) Delta riverain marécageux (River delta marsh) : LDRM

Marais riverain situé en amont d’un large tributaire d’un lac. Distinct de LMR dans la dynamique des nutriments résultant de la déposition de particules

organiques et inorganiques. Les marais riverains adjacents à la sortie d'un lac et n'ayant pas de zones de déposition sont appelés LMR.

3) Rivage exposé (Exposed shore) : LRE

Rive d'un lac d'eau libre profond et sans végétation palustre de rivage. Étant donné que Rempel et al. (1997) n'ont pas suggéré de largeur à prendre en compte pour le milieu riverain, nous nous sommes basés sur la définition du milieu riverain faite par Huot et Vandal (1988) et sur les recommandations d'aménagement de Darveau et al. (1999) pour retenir une largeur fonctionnelle de 60 mètres. Cette largeur correspond aussi à la norme du Règlement sur les normes d'intervention dans les forêts du domaine public (Gouvernement du Québec, 2003) qui s'applique généralement aux rivières à saumon, mais elle est supérieure aux 20 mètres de bande riveraine usuels au Québec qui semblent inadéquats pour la faune (Darveau et al. 2001)

II) PALUSTRES

4) Tourbière fermée (Closed fen) : PTF

*L'eau libre occupe moins de 5 % de la superficie du milieu humide. Le bassin est presque totalement refermé par des tapis flottants de carex. On y retrouve également des sphaignes (*Sphagnum* spp.) ainsi que des éricacées arbustives. On pourrait en fait parler de bog.*

5) Tourbière semi-fermée (Semi-closed fen) : PTSF

L'eau libre occupe 5-25 % de la superficie. Les tapis flottants en périphérie sont de type fen, mais peuvent contenir des composantes d'un bog.

6) Tourbière semi-ouverte (Semi-open fen) : PTSO

L'eau libre occupe 26-75 % de la superficie.

7) Tourbière ouverte (Open fen) : PTO

L'eau libre occupe de 76-95 % de la superficie. La végétation riveraine peut être de type tapis de fen sur des lacs circulaires, ou de type marais sur les lacs plus irréguliers.

III) RIVERAINS

8) Milieu riparien de petit cours d'eau (Small stream riparian) : RRPC

La végétation de rivage est composée essentiellement d'Alnus spp. La végétation peut même recouvrir la surface de l'eau.

9) Rivage de type fen (Small stream fen) : RRF

Le cours d'eau est plus large que le type RRPC, et la zone de végétation de type fen est au moins égale à 4 fois la largeur du cours d'eau.

10) Marais à castor (Beaver pond marsh) : RMC

Semblable à RRF sauf que le milieu est associé à une série de milieux inondés créés par des barrages de castor. Le régime des nutriments est différent de RRF.

11) Rivage exposé de rivière (Large river riparian) : RRER

Ce sont des canaux très larges sans végétation de type fen. On applique une bande de 60 m de part et d'autre de la rivière comme dans le cas de LRE.

Résultats

Démarche de classification

Nous présentons dans cette section les étapes permettant d'obtenir l'identification des différents types d'habitats en milieux humides pour notre territoire d'étude. Une fois toutes les étapes effectuées, certains petits lacs de moins de 8 ha n'appartiennent à aucune catégorie selon la classification de Rempel *et al.* (1997). C'est pourquoi nous avons ajouté une douzième classe que nous avons nommée « Étang », et qui réunit tous ces lacs qui ne rencontraient pas les critères de différenciation. Cette catégorie reste provisoire et ne signifie pas que ces « étangs » présentent des caractéristiques semblables, ni qu'ils représentent un type d'habitat particulier pour la sauvagine.

Il est important de suivre les étapes dans l'ordre, puisqu'un milieu pourra temporairement être classé comme une tourbière ouverte (PTO) à la première étape, et finir par être classé comme fen de rivière (RRF) à la toute fin. La classification n'est valable qu'une fois la dernière étape effectuée. Pour permettre de constater les changements qui se font, nous avons ajouté à la fin de chaque étape un tableau montrant

les différentes catégories d'habitats ainsi que le nombre de polygones identifiés. Lorsqu'un habitat passe d'une classe à une autre, il est marqué à l'aide des flèches sous les tableaux.

1^{re} étape : Identification des milieux palustres (PCF, PSOF, POF)

Tous les lacs de moins de 8 ha sont unis à la couche des dénudés humides pour former une nouvelle couche **DH + petit lac**. En transformant ensuite **petit lac** en format matriciel, il est possible de calculer le pourcentage d'eau présente dans chacun des polygones de **DH + petit lac**. Grâce à ce pourcentage, les milieux sont classés selon l'une des quatre classes suivantes :

- 1) PTF : le pourcentage d'eau est inférieur à 5 %.
- 2) PTSF : le pourcentage d'eau est compris entre 5-25 %.
- 3) PTSO : le pourcentage d'eau est compris entre 26-75 %
- 4) PTO : le pourcentage d'eau est compris entre 76-95 %
- 5) Étang : le pourcentage d'eau est plus grand que 96 %.

La nouvelle couche numérique ainsi formée est nommée **habitats**. On ajoute le champ *Classe* dans la table pour identifier les polygones selon les critères définis ci-dessus.

Voici le résultat après la première étape :

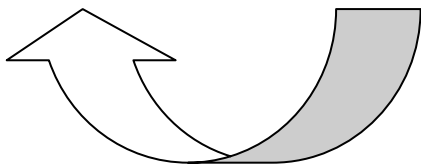
LMR	LDRM	LRE	PTF	PTSF	PTSO	PTO	Étang	RRF	RMC	RRPC	RRER
-	-	-	25	9	8	0	123	-	-		-

2^e étape : Identification des marais riverains lacustres (LMR)

Tous les dénudés humides qui touchent à un lac ayant une superficie supérieure à 8 ha sont sélectionnés (Requête ArcView: **habitats intersect grand lac**).

Dans notre territoire, huit sélections sont faites, tous des polygones de classe PTF. Voici les résultats après la deuxième étape :

LMR	LDRM	LRE	PTF	PTSF	PTSO	PTO	Étang	RRF	RMC	RRPC	RRER
8	-	-	17	9	8	0	123	-	-		-

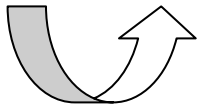


3^e étape : Identification des deltas riverains marécageux (LDRM)

Tous les polygones de classe LMR qui sont traversés par un cours d'eau ou une rivière sont sélectionnés. (Requête ArcView : **LMR** de habitats *intersect* **cours d'eau**; **LMR** de habitats *intersect* **rivière**).

Voici les résultats après l'étape trois :

LMR	LDRM	LRE	PTF	PTSF	PTSO	PTO	Étang	RRF	RMC	RRPC	RRER
3	5	-	17	9	8	0	123	-	-		-

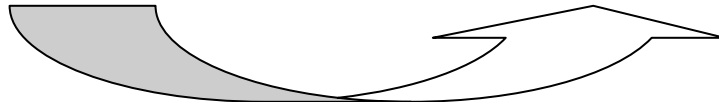


4^e étape : Identification des fens riverains (RRF)

Tous les polygones de classes *PTF*, *PTSF*, *PTSO* et *PTO* qui sont traversés par une rivière sont sélectionnés (Requête ArcView : habitats (**PTF**, **PTSF**, **PTSO**, **PTO** sélectionnés) *intersect* **Rivière**).

Voici les résultats après la quatrième étape :

LMR	LDRM	LRE	PTF	PTSF	PTSO	PTO	Étang	RRF	RMC	RRPC	RRER
3	5	-	10	9	8	0	123	7	-		-

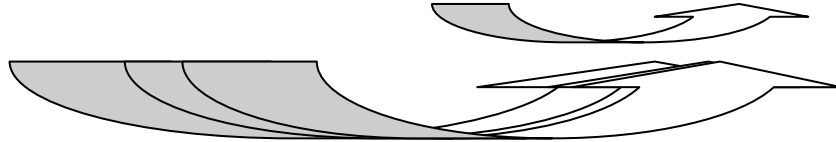


5^e étape : Identification des marais issus de barrages de castor (RMC).

Tous les polygones de classes *PTF*, *PTSF*, *PTSO* et *PTO* et *Étang* qui sont traversés par un **barrage de castor** sont sélectionnés. De plus, tous les polygones de la couche **Inondé** sont également sélectionnés et tous les *Étangs* qui touchent à un inondé sont sélectionnés. (Requête ArcView: habitats (**PTF**, **PTSF**, **PTSO**, **PTO**, **Étang** sélectionnés) *intersect* **barrage de castor**; *Étang intersect inondé*; **inondé merge habitats**;)

Voici les résultats après la cinquième étape :

LMR	LDRM	LRE	PTF	PTSF	PTSO	PTO	Étang	RRF	RMC	RRPC	RRER
3	5	-	8	1	4	0	68	7	104		-



6^e étape : Suite de l'identification des fens riverains (RRF)

Tous les polygones de classe PTF qui sont traversés par un cours d'eau sont sélectionnés. (Requête ArcView : habitats (**PTF sélectionné**) *intersect* **cours d'eau**).

Pour cette étape, il serait prudent de vérifier visuellement les résultats, puisqu'il est difficile de différencier ce type de fen.

Voici les résultats après la sixième étape :

LMR	LDRM	LRE	PTF	PTSF	PTSO	PTO	Étang	RRF	RMC	RRPC	RRER
3	5	-	3	1	4	0	68	12	104		-



7^e étape : Identification des milieux ripariens de petits cours d'eau (RRPC)

Tous les polygones de la couche *aulnaie* sont sélectionnés. (Requête ArcView : *aulnaie merge habitats*). Voici les résultats de la septième étape :

LMR	LDRM	LRE	PTF	PTSF	PTSO	PTO	Étang	RRF	RMC	RRPC	RRER
3	5	-	3	1	4	0	68	12	104	42	-

8^e étape : Identification des rivages exposés des lacs et des rivières (LRE et RRER)

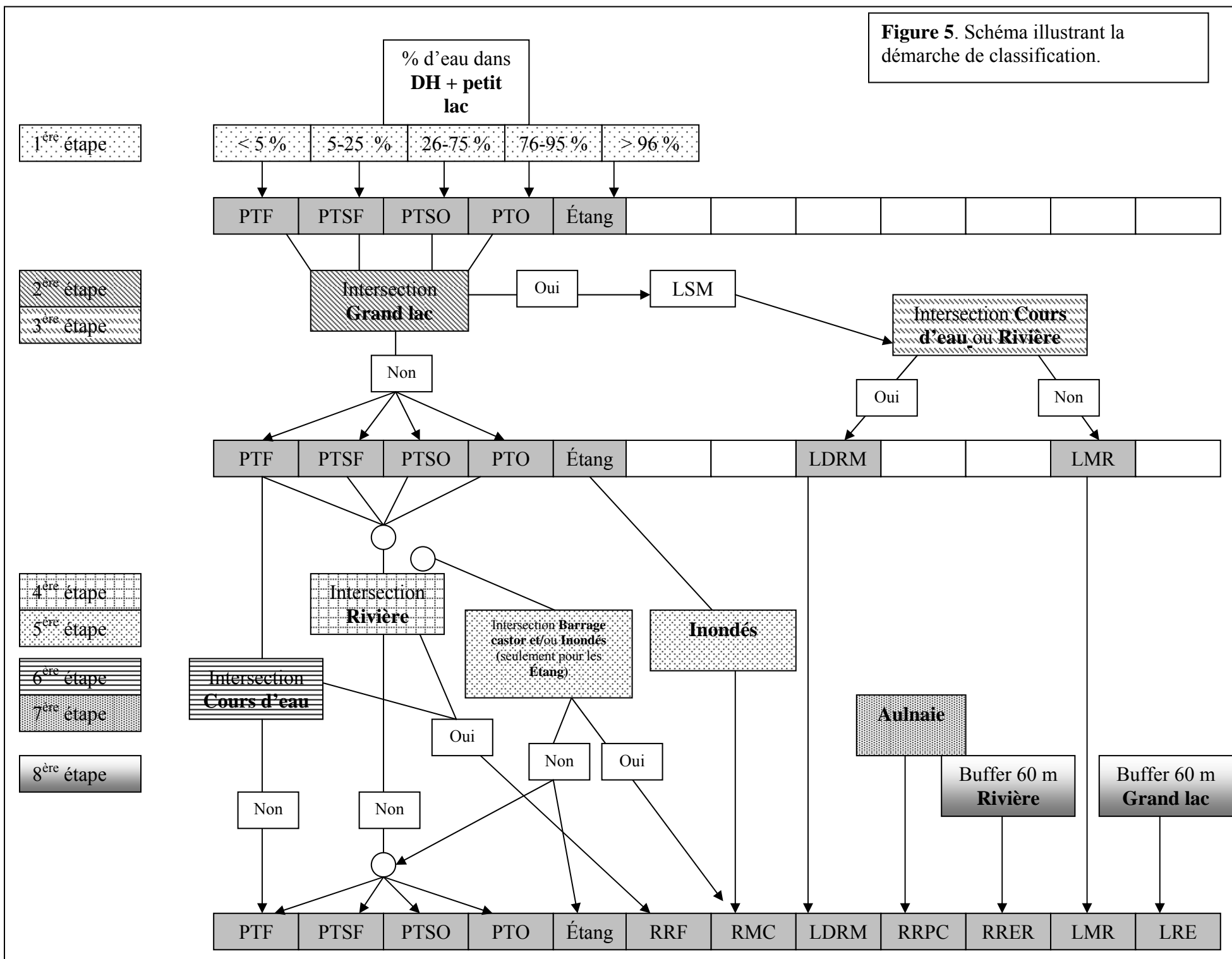
Tous les polygones de la couche écoforestière excepté les polygones DH, AL, EAU sont sélectionnés, et on découpe ces polygones selon une bande de 60 m entourant des lacs de plus de 8 ha. (Requête ArcView : Buffer 60m autour de **grand lac**, puis *clip* entre buffer et secteur sélectionnés). On effectue ensuite le même procédé mais avec une zone tampon de 60 m autour des rivières. Ensuite, on ajoute ces polygones à la couche *habitats*.

Voici les résultats après la huitième étape :

LMR	LDRM	LRE	PTF	PTSF	PTSO	PTO	Étang	RRF	RMC	RRPC	RRER
3	5	237	3	1	4	0	68	12	104	42	165

À la fin de cette huitième étape, tous les habitats en milieux humides devraient être correctement identifiés. La figure 5 présente un récapitulatif des différentes étapes à suivre pour permettre l'identification des habitats en milieux humides et les figures 6 et 7 présentent ces différents habitats.

Figure 5. Schéma illustrant la démarche de classification.



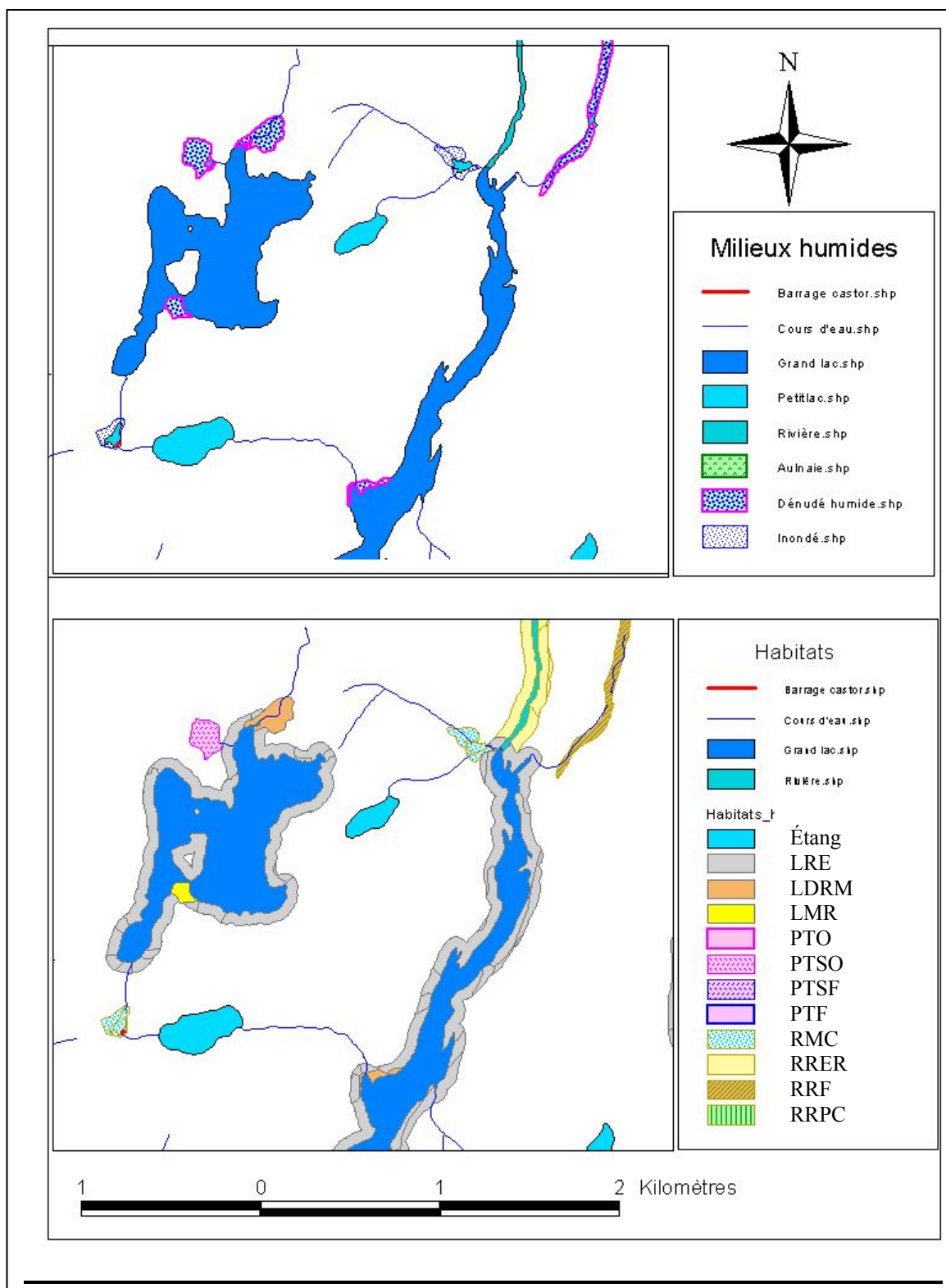


Figure 6. Représentation des milieux humides avant et après classification (exemple 1).

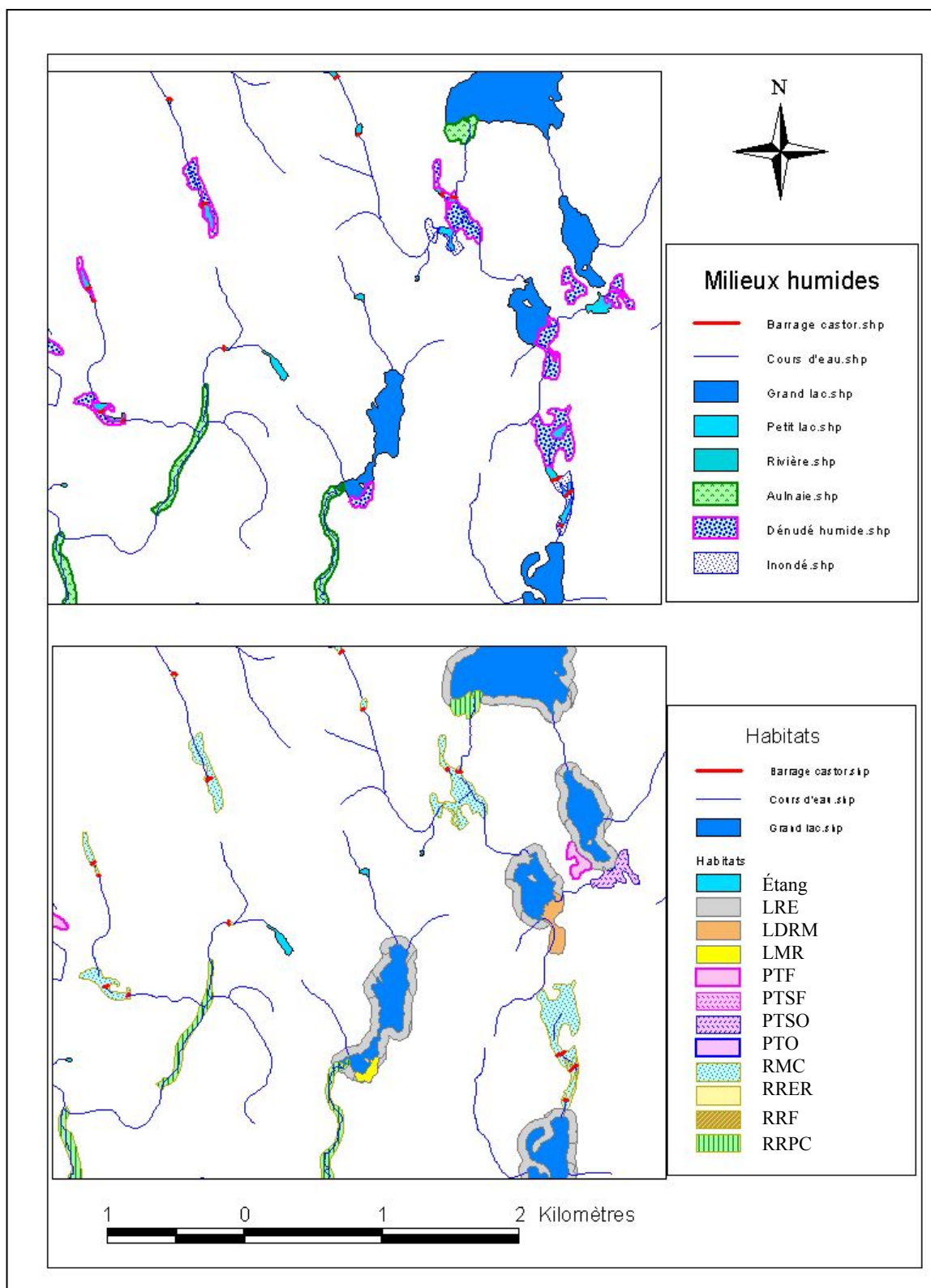


Figure 7. Représentation des milieux humides avant et après classification (exemple 2).

Composition en habitats de milieux humides du territoire

Voici quelques résultats qui montrent comment les différents milieux humides de départ ont été classés dans les différentes catégories d'habitats dans notre aire d'étude. Le tableau 2 présente une description sommaire du territoire.

Tableau 2. Description des différents types de terrains présents sur l'aire d'étude.

TYPE DE TERRITOIRE	SUPERFICIE (Ha)	Pourcentage (%)
Forestier	12 677,8	90,9
Aulnaie (AL)	330,0	2,4
Dénudé Humide (DH)	136,7	1,0
Dénudé sec (DS)	39,1	0,3
Lac et rivière (EAU)	672,2	4,8
Ile (ILE)	1,5	0,0
Terre inondée (INO)	89,2	0,6
Villégiature (VIL)	4,5	0,0
TOTAL	13 951,0	100

Après avoir effectué les manipulations nécessaires à l'élimination de la fragmentation artificielle des milieux (ex : limites administratives séparant un lac en deux polygones), le Tableau 3 donne un aperçu des différents milieux humides et aquatiques présents sur le territoire et leur proportion respective.

Tableau 3. Superficie couverte par les différents milieux humides et aquatiques.

Types de milieux humides et aquatiques		Nombre de polygones	Superficie (ha)
DH		46	136,7
EAU	Grand lac	19	491,7
	Petit lac	163	137,0
	Rivière	5	43,4
INO		35	89,2
AL		42	330,0
TOTAL		310	1228,0

Les milieux humides de notre territoire ont été classés selon la classification de Rempel *et al.* (1997) en respectant la méthode que nous proposons. Le Tableau 4 donne le résultat final.

Tableau 4. Répartition des habitats en milieux humides sur l'aire d'étude.

TYPE D'HABITAT	NOMBRE	SUPERFICIE (Ha)	POURCENTAGE (%)
Étang	68	79,9	6,8
LRE	237	309,5	26,2
LDRM	5	11,1	0,9
LMR	3	3,5	0,3
PTF	3	6,0	0,5
PTSF	1	2,7	0,2
PTSO	4	19,6	1,7
RMC	104	209,5	17,8
RRER	165	177,0	15,0
RRF	12	30,6	2,6
RRPC	42	330,0	28,0
TOTAL	642	1 179,4	100,0

Pour un territoire d'une superficie totale de 13 951 ha, nous avons identifié onze types d'habitats en milieux humides différents, ce qui représente au total une superficie de 1 179 ha, soit 8,5 % du territoire. Si on ajoute à ce nombre la superficie qui correspond aux grands lacs et aux rivières, on obtient une superficie de 1 715 ha (12 % du territoire) de milieux humides et aquatiques pouvant servir d'habitats potentiels pour différentes espèces de sauvagine. On remarque que les milieux ripariens des petits cours d'eau dont la végétation est composée d'aulnes sont le type d'habitat le plus fréquemment observé (28,0 %). La grande majorité de ce milieu se retrouve, dans notre cas, sur la rive d'une seule grande rivière. Viennent en second les rivages lacustres exposés, qui couvrent une bande de 60 m autour de tous lacs ≥ 8 ha. Les marais issus de barrages de castor ainsi que les rives des grandes rivières (17,8 % et 15,0 %) sont troisième et quatrième en importance. On dénombre environ 140 barrages de castor sur notre territoire, soit une densité de 1 par km². Nous retrouvons ensuite la catégorie des étangs qui sont aussi très nombreux (6,8 %). En sixième ordre d'importance, on retrouve les fens riverains (RRF)

qui comptent pour seulement 2,6 % des habitats et en septième position les tourbières semi-ouvertes pour 1,7 %. Tous les autres habitats représentent moins de 1 % de la superficie des habitats. Ce sont, par ordre d'importance : les deltas riverains marécageux (0,9 %), les tourbières fermées (0,5 %), les marais lacustres (0,3 %) et finalement les tourbières semi-fermées (0,2 %). On remarque que la classe des tourbières ouvertes n'est pas représentée dans notre territoire d'étude.

Discussion et recommandations

L'objectif de cette étude était de développer une méthode permettant d'automatiser l'identification des milieux humides. La méthode de classification que nous proposons permet d'identifier rapidement douze classes d'habitats potentiels pour la sauvagine en milieux humides. Par contre, la mise en forme cartographique préliminaire ainsi que les quelques étapes intermédiaires qui demandent une vérification visuelle ne peuvent être automatisées. Notre méthode est donc semi-automatique. Son avantage réside dans la possibilité de l'appliquer à de grands territoires de la forêt boréale, et d'effectuer le travail en peu de temps par rapport à l'identification au moyen de photographies aériennes. Certaines des étapes pourraient cependant être problématiques et méritent d'être améliorées, notamment les quatre points suivants :

Premièrement, il serait prudent de vérifier la sélection qui résulte de l'étape 6 (Suite de l'identification des fens riverains RRF). En effet, les critères utilisés par Rempel et al. (1997) pour identifier les fens riverains sont les suivants : (1) un dénudé humide traversé par une rivière et (2) la zone du dénudé humide plus grande ou égale à quatre fois la largeur du cours d'eau. Nous avons conclu que les rivières traversant un polygone de type palustre devaient automatiquement être classées dans le type RRF. Par contre, lorsqu'il s'agissait d'un cours d'eau linéaire qui traversait un dénudé humide, la chose n'était pas aussi simple. En effet, il pouvait s'agir soit d'un fen riverain soit d'un type palustre. La distinction est facile à faire visuellement car le fen riverain a une forme allongée qui épouse la rive du cours d'eau alors que le vrai fen est plutôt arrondi. En utilisant le critère qui aurait été de sélectionner toutes les classes PTF, PTSE, PTSO et PTO qui sont traversées par un cours d'eau linéaire, nous aurions identifié comme fen

riverain des milieux qui n'en étaient pas. Après une longue observation de notre territoire, nous avons conclu que seuls les milieux initialement classés PTF et qui étaient traversés par un cours d'eau pouvaient être des habitats de type RRF (fen riverain). Il serait donc important de valider l'exactitude du critère sur un autre territoire.

Le deuxième point à surveiller concerne l'identification du type d'habitat RMC. Notre territoire d'étude semble comporter une bonne proportion de barrages de castor, ce qui fait que la classe RMC est très présente. Même si le castor est abondant dans plusieurs régions du Québec boréal (Lafond et Pilon 2004), et même si sa présence est récurrente, ce qui rend la végétation cyclique, il se peut que certains habitats identifiés comme marais à castor soient en fait devenus des tourbières. Ce critère pourrait être analysé plus en profondeur, car il est difficile de déterminer à partir de quand un étang à castor devient une tourbière.

Troisièmement, la classe « Étang » ajoutée à la classification pour identifier les petits lacs est très arbitraire. En effet ces lacs ne représentent pas vraiment un type d'habitat uniforme mais indique seulement qu'ils n'ont pas été identifiés comme habitats par notre système de classification. Il faudrait donc revoir la façon de nommer ces « étangs ». Certains sont sûrement le résultat d'un barrage de castor, ce qui pourrait les faire entrer dans la catégorie RMC. D'autres ont peut être un rivage de type fen mais qui est trop petit pour être cartographié. Il se pourrait que certains de ces petits plans d'eau soient complètement détachés du réseau hydrographique. Il faudrait donc vérifier sur les photographies aériennes et par la suite, sur le terrain, le statut réel de ces « étangs » et élaborer une méthode pour les identifier convenablement.

Finalement, il faudrait revoir la largeur de la bande à utiliser dans le cas des rives exposées de lacs et de rivières (LRE et RRER). La bande de 60 mètres que nous avons choisi d'appliquer uniformément se base sur des études récentes, notamment celles de Darveau et al. (1999) et de la revue de littérature de Huot et Vandal (1988) qui montrent que la zone riveraine s'étend au moins sur 60 mètres, c.-à-d. bien au-delà du 20 mètres utilisé, à quelques exceptions près, partout dans les forêts du domaine public (Gouvernement du Québec, 2003).

La méthode de classification que nous proposons est un outil qui permet de classer les milieux humides présents sur un grand territoire en peu de temps et demande très peu de ressources, ce qui est très avantageux. Par contre, il est évident que les critères utilisés ne sont pas infallibles. Les critères de sélection ont été testés sur un petit territoire et mériteraient d'être utilisés à plus grande échelle pour s'assurer de leur validité. De plus, des vérifications sur le terrain devraient permettre de valider la méthode. C'est pourquoi nous recommandons aux éventuels utilisateurs de vérifier, visuellement du moins, sur des photographies aériennes ou encore sur le terrain, la validité de la classification qui résulte de l'utilisation de cette méthode géomatisée.

Selon Rempel et al (1997), certains milieux sont plus utilisés que d'autres par la sauvagine. La préférence de nombreuses espèces pour les habitats RMC, LDRM, PTO et PTSO montre que ces milieux ont une importance élevée pour la sauvagine en milieu boréal. Il est à noter que les habitats de types LDRM, PTO et PTSO sont très peu présents dans notre aire d'étude. Étant donné leur haute qualité en tant qu'habitat faunique, il faudrait penser à les protéger en instaurant certaines mesures de conservation adaptées (bandes riveraines élargies, chemins forestiers éloignés d'un delta riverain marécageux, diminuer la récolte dans la bande riveraine afin de conserver de gros arbres utiles pour la nidification de certains canards arboricoles, etc.) Ces mesures ne devraient pas, par ailleurs, être trop contraignantes ni avoir d'effets négatifs sur la possibilité forestière, vu la faible proportion de ces habitats dans un territoire donné.

Remerciements

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué à cette étude. Merci en particulier à Louis Imbeau (UQAT) qui, lors de discussions, a fait allumer l'idée de ce projet. Ce projet sur l'identification des habitats fauniques en milieux humides boréaux a été financé par Canard Illimités Canada (CIC) en partenariat avec le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (bourse de recherche universitaire de premier cycle en milieu industriel). Le programme de la forêt boréale du Québec de CIC est réalisé en partenariat avec l'Initiative boréale canadienne. Merci aussi à l'Université Laval et au ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs (Faune – Québec) pour leur collaboration.

Ouvrages cités

- Couillard, L. et P. Grondin. 1986. La végétation des milieux humides du Québec. Les Publications du Québec, Québec. 400 p.
- Cowardin, L. M., V. Carter, F. C. Golet, and E. T. Laroe. 1979. Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. U.S. Fish and Wildl. Serv., Washington, D.C. 103 p.
- Darveau, M., L. Bélanger et J. Huot. 1999. Étude sur la faune et les lisières boisées riveraines : Synthèse des résultats 1988-1996 et recommandations d'aménagement. Rapport. Centre de recherche en biologie forestière et Forêt Montmorency, Université Laval, Ste-Foy, Québec. 39 p.
- Darveau, M., M.Boulet, C. Vallières, L. Bélanger et J.C. 2001. Utilisation par les oiseaux de paysages forestiers résultant de différents scénarios de récolte ligneuse dans la pessière noire - Rapport synthèse 1997-1999. Ministère des ressources naturelles du Québec - Direction de l'environnement forestier, Québec, Report DEF-0198. 42 p.
- Forest Stewardship Council, A.C.. 2004. Principles and Criteria for Forest Stewardship. FSC-STD-01-001, 11 p.
- Golet, F. C. 1976. Wildlife wetland evaluation model. Pp 13-34 in J. S. Larson, ed. Models for evaluation of freshwater wetlands. Water Ressourc. Res. Cent., Univ. Mass., Amherst.
- Gouvernement du Québec. 2003. Règlement sur les normes d'intervention dans les Forêts du domaine de l'État. L.R.Q. c. F-4.1, a. 171, r.1.001.1.
- Gouvernement du Québec, 2000. Normes de cartographie écoforestière, confection et mise à jour. Troisième programme de la connaissance de la ressource forestière, Direction des inventaires forestiers. Ministère des Ressources naturelles du Québec, Québec, 1999.
- Huot, J. et D. Vandal. 1988. Le rôle de la végétation riveraine comme habitat faunique. Pp 147-161 in L'Italien, G., ed. L'utilisation polyvalente de la forêt : une utopie. Actes du colloque tenu au 54^e congrès de l'ACFAS. Regroup. Québec vert, Québec.
- 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.
- Morrison, D. 2003. Plein yeux sur la forêt boréale. Conservationniste 17(3) : 12-18.
- Ontario Ministry of Natural Resources, 1993. Ontarion wetland evaluation system northern manual. NEST Tech. Man. TM-002, Toronto, Ont. 215 p.

- Rempel, R., K. F. Abraham, T. R. Gadawski, T. S. Gabor, and R. K. Ross. 1997. A simple wetland habitat classification for boreal forest waterfowl. *Journal of Wildlife Management* 61:746-757.
- Stewart, R. E. and H. A. Kantrud. 1971. Classification of natural ponds and lakes in the glaciated prairie region. U.S. Fish and Wildl. Serv. Ressour. Publ. 92. 57p.
- Warner, B. G. et C. D. A. Rubec, éditeurs. 1997. Système de classification des terres humides au Canada. Centre de recherche sur les terres humides, Université de Waterloo, Waterloo (Ontario).

Cette étude a été réalisée grâce au partenariat suivant :

- Canards Illimités Canada
- Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada
- Initiative boréale canadienne
- Université Laval

