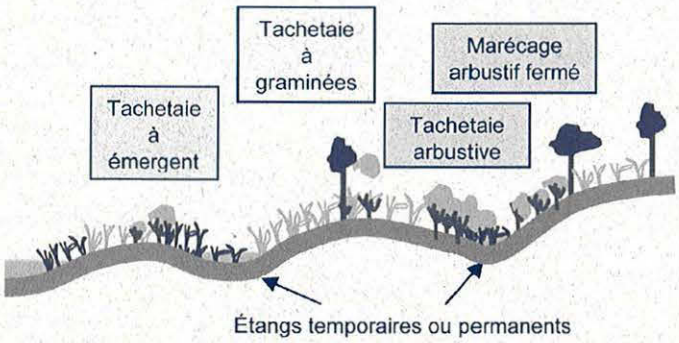
Caractérisation des habitats des milieux humides du fleuve Saint-Laurent et du lac Ontario à l'échelle de perception des oiseaux nicheurs

Caroline Savage, Jean-Luc DesGranges, Daniel Borcard, Joel Ingram

Région du Québec 2006
Service canadien de la faune
Direction de la conservation de l'environnement

ENVIRONNEMENT CANADA BIBLIOTHÈQUE RÉGION DE QUÉBEC



Série de rapports techniques Numéro 454

SF
470
T42
No. 454
Rég. Québec Biblio. Env. Canada Library
38 507 532

Environnement Canada
Service canadien de la faune

Environment Canada
Canadian Wildlife Service

Canada

SÉRIE DE RAPPORTS TECHNIQUES DU SERVICE CANADIEN DE LA FAUNE

Cette série de rapports donnant des informations scientifiques et techniques sur les projets du Service canadien de la faune (SCF) a démarré en 1986. L'objet de ces rapports est de promouvoir la diffusion d'études s'adressant à un public restreint ou trop volumineuses pour paraître dans une revue scientifique ou l'une des séries du SCF.

Ordinairement, seuls les spécialistes des sujets traités demandent ces rapports techniques. Ces documents ne sont donc produits qu'à l'échelon régional et en quantités limitées; ils ne peuvent être obtenus qu'à l'adresse figurant au dos de la page titre. Cependant, leur numérotage est effectué à l'échelle nationale. La citation recommandée apparaît à la page titre.

Ces rapports se trouvent dans les bibliothèques du SCF et figurent aussi dans la liste de la Bibliothèque nationale du Canada utilisée dans les principales bibliothèques scientifiques du Canada. Ils sont publiés dans la langue officielle choisie par l'auteur en fonction du public visé, avec un résumé dans la deuxième langue officielle. **En vue de déterminer si la demande est suffisamment importante pour produire ces rapports dans la deuxième langue officielle, le SCF invite les usagers à lui indiquer leur langue officielle préférée. Il faut envoyer les demandes de rapports techniques dans la deuxième langue officielle à l'adresse indiquée au verso de la page titre.**

TECHNICAL REPORT SERIES CANADIAN WILDLIFE SERVICE

This series of reports, established in 1986, contains technical and scientific information from projects of the Canadian Wildlife Service. The reports are intended to make available material that either is of interest to a limited audience or is too extensive to be accommodated in scientific journals or in existing CWS series.

Demand for these Technical Reports is usually confined to specialists in the fields concerned. Consequently, they are produced regionally and in small quantities; they can be obtained only from the address given on the back of the title page. However, they are numbered nationally. The recommended citation appears on the title page.

Technical Reports are available in CWS libraries and are listed in the catalogue of the National Library of Canada in scientific libraries across Canada. They are printed in the official language chosen by the author to meet the language preference of the likely audience, with a résumé in the second official language. **To determine whether there is significant demand for making the reports available in the second official language, CWS invites users to specify their official language preference. Requests for Technical Reports in the second official language should be sent to the address on the back of the title page.**

CHOIX ENVIRONNEMENTAL · ENVIRONMENTAL CHOICE

Ce document est imprimé sur le papier certifié par Éco-Logo™

SK
470
T42
No. 454

Caractérisation des habitats des milieux humides du fleuve Saint-Laurent et du lac Ontario à l'échelle de perception des oiseaux nicheurs

Caroline Savage[1]
Jean-Luc DesGranges[2]
Daniel Borcard[3]
Joel Ingram[4]

Série de rapport techniques numéro 454
mars 2006

[1] Service canadien de la faune, région du Québec
[2] Service canadien de la faune, région du Québec
[3] Département des sciences biologiques, Université de Montréal
[4] Service canadien de la faune, région de l'Ontario

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre de l'Environnement, 2006.
N° de catalogue CW69-5/454F
ISBN 0-662-71563-2

Le présent rapport peut être cité de la façon suivante :
Savage, C., J-L. DesGranges, D. Borcard et J. Ingram. 2006. Caractérisation des habitats des milieux humides du fleuve Saint Laurent et du lac Ontario à l'échelle de perception des oiseaux nicheurs. Service canadien de la faune, Environnement Canada, région du Québec, Série de rapport technique Numéro 454 vi + 27 pages.

Pour obtenir des exemplaires supplémentaires :
Coordonnées
Service canadien de la faune
Région du Québec
1141 route de l'église, C.P.10100
Sainte-Foy (Québec), G1V 4H5

Résumé

La diversité et l'abondance des oiseaux palustres du lac Ontario et du Saint-Laurent (LOSL) sont grandement influencées par l'hydrologie lacustre et fluviale. Notre étude comprenait une approche multidisciplinaire de l'écosystème tout en intégrant l'écologie aviaire et végétale, l'écohydraulique, les statistiques et la modélisation pour évaluer l'impact potentiel des fluctuations des niveaux d'eau sur des espèces aviaires indicatrices représentatives des assemblages d'oiseaux palustres de tout le tronçon LOSL d'eau douce (DesGranges *et al.*, 2006). Un échantillonnage des oiseaux et de leurs habitats sur quatre étés (2000-2003) a permis de mieux comprendre leurs interrelations sous diverses conditions de niveau d'eau et d'inondation.

Une méthodologie a donc été élaborée afin de décrire des habitats de milieux humides au niveau de perception des oiseaux palustres. Une classification a permis de décrire dix classes d'habitat d'oiseaux palustres. Cette classification permet d'avoir un portrait global d'un habitat, tant dans ces composantes floristiques, structurelles, qu'hydrologiques. La perception des habitats à une échelle plus large a permis de définir un nouveau concept par rapport à d'autres classifications, soit celui des tachetaies, des milieux très hétérogènes où l'on retrouve des herbacées, des arbustes et des arbres en quantités variables. La différence de perspective apporte une valeur ajoutée à notre étude en caractérisant à une échelle plus vaste des milieux hétérogènes importants pour la faune qui échappent aux autres études botaniques faites à des échelles plus fines où l'emphase est mise sur des zones de végétation homogènes.

Liste des figures

1 Tronçon à l'étude du lac Ontario au lac Saint-Pierre et sites échantillonnés en 2002 et 2003. 3

2 Schéma des étapes d'analyses 8

3 Schéma explicatif des tachetaies 10

4 Typologie des habitats d'oiseaux palustres de l'hydrosystème Lac Ontario – Saint-Laurent d'eau douce, accompagnée d'une description des espèces végétales les plus communes de chacune des strates et de l'association végétale typique. 12

5 Répartition du nombre de stations échantillonnées en fonction du gradient d'habitats d'oiseaux palustres et des divers tronçons du fleuve et du lac Ontario. 15

6 Analyse de redondance des espèces végétales en fonction des variables hydrologiques et environnementales. La signification de la plupart des codes se trouve dans le tableau 1 et la figure 7 explique l'ensemble des variables représentées sur ce graphique. 17

7 Interprétation du graphique de l'analyse de redondance. 18

8 Comparaison des classifications botaniques 24

Liste des tableaux

1 Variables mesurées 6

2 Croisement des variables hydrologiques, structurelles et floristiques 9

1 Introduction

Les gradients de milieux humides du lac Ontario et du Saint-Laurent sont influencés par le niveau d'eau et la durée des inondations lors des fluctuations du régime hydrique. Les différentes classes de milieux humides répondent aux changements hydrologiques et s'établissent respectivement sur des temps différents, des mois pour des communautés herbacées à des décennies pour des marécages arborés (Jean et Bouchard, 1991; Hudon *et al.*, 2005). Les principales variables explicatives sont la profondeur de l'eau qui influence la superficie totale des milieux humides et la présence de mares au sein des zones marécageuses ainsi que la durée des inondations qui influencent la composition physionomique de ces habitats. Ces milieux humides sont constitués d'une mosaïque de parcelles de végétation palustre, tant herbacée, arbustive qu'arborescente. Selon les espèces et leur agencement spatial, une série de faciès est créée et auxquels les espèces fauniques sont très sensibles. Il est donc primordial de caractériser les variables paysagères afin de mieux cerner l'impact des fluctuations des niveaux d'eau sur les habitats palustres et par conséquent sur la faune aviaire qu'ils abritent.

La littérature ornithologique rapporte comment les oiseaux palustres choisissent leur habitat de reproduction en fonction de plusieurs facteurs dont la présence d'eau libre, de mares (au sein d'un marais), de nourriture (fruits, graines, racines, rhizomes, insectes), de bosquets d'arbustes, d'arbres matures ou morts et d'un substrat de nidification (émergentes robustes, litière, matelas flottant). Steen et Gibbs (2002) présente une revue exhaustive des besoins environnementaux d'un grand nombre des espèces d'oiseaux palustres de l'hydrosystème à l'étude. Ces facteurs de sélection correspondent aux trois grands besoins fondamentaux que procure un habitat : la protection, l'alimentation et la reproduction.

L'avenue de faire des suivis multi-échelles permet de bien comprendre les liens faune-habitat ainsi que l'impact de l'humain sur la biodiversité agissant différemment selon l'échelle locale, paysagère ou régionale (Weber *et al.*, 2004). Les oiseaux sont très sensibles à la structure de leurs habitats (French et Picozzi, 2002; DesGranges *et al.*, 2003, 2006) qui est déterminée en grande partie par les communautés végétales qui s'y développent et qui sont pour leur part

influencées par les conditions hydrologiques qui prévalent habituellement dans un habitat de milieux humides donné (Hudon *et al.*, 2005, 2006; Wilcox, 2004; Sluis et Tandarich, 2004). Les oiseaux sont plus influencés par la structure de la végétation que par sa composition en espèces végétales (DesGranges *et al.*, 2003, 2006). Il a été de longue date démontré que l'étagement vertical de la végétation en milieu forestier est plus important que les espèces végétales en elles mêmes (MacArthur et MacArthur, 1961).

2 Méthodologie

Un oiseau défendant son territoire, une grenouille repérant un habitat pour sa reproduction et un insecte à la recherche de sources de nourriture n'auront pas la même perception du milieu humide qui les abrite. À cet égard, il faut s'assurer d'adapter la méthodologie en fonction de la perception de l'organisme visé. Toutefois, même si les échelles diffèrent, des informations pertinentes sur la structure et les fonctions des systèmes écologiques peuvent être dégagées. (Blackburn et Gaston, 2002). L'échelle d'échantillonnage est très importante et peut modifier les mesures qu'on fait dans un milieu et les interprétations qui en découlent. En effet, il est de longue date reconnu qu'il existe une relation entre l'aire et la richesse en espèces, remontant à 1835 par Watson (Dony, 1963; Bramson *et al.*, 1998; Triantis *et al.*, 2003). Wiens *et al.* (1987) soulevaient que l'échelle était un problème prédominant, qu'il y a des variations substantielles dans les affinités des oiseaux pour des habitats donnés selon les changements d'échelles spatiales utilisées.

2.1 LOCALISATION DE L'ÉTUDE

L'étude des communautés aviaires s'est tenue de 2000 à 2003 principalement du lac Ontario au lac Saint-Pierre. Pour la présente étude, seuls les résultats de 2002 et 2003 ont été analysés pour la caractérisation des habitats d'oiseaux palustres (figure 1). Il s'agit d'une analyse sectorielle, en fonction des concentrations de milieux humides le long de l'hydrosystème à l'étude.

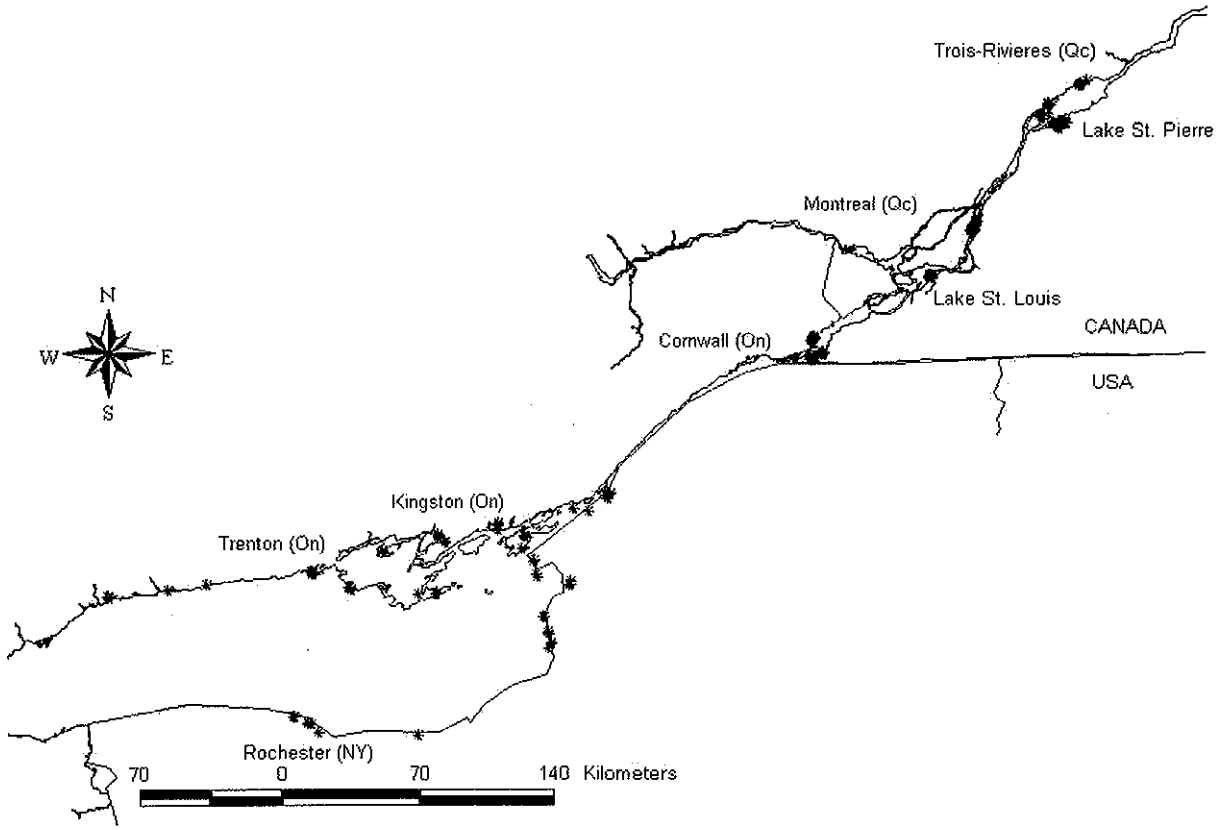


Figure 1 Tronçon à l'étude du lac Ontario au lac Saint-Pierre et sites échantillonnés en 2002 et 2003.

2.2 MÉTHODE D'ÉCHANTILLONNAGE

En écologie végétale, la méthodologie habituelle d'échantillonnage de la végétation est la méthode des quadrats. Les quadrats sont généralement disposés dans chacune des zones de végétation « homogène » que comporte le gradient environnemental à l'étude. Cette méthode n'est cependant pas appropriée pour la caractérisation des liens oiseaux-habitats puisque les territoires défendus par les oiseaux comprennent habituellement plusieurs parcelles de végétation différentes. Une méthodologie mieux adaptée au contexte aviaire a donc été développée afin d'évaluer les caractéristiques floristiques et paysagères des milieux humides fréquentés par les

différentes espèces d'oiseaux. En milieu ouvert, il est relativement facile de recenser au chant les oiseaux sur des parcelles de 75 mètres de rayon. Passé cette distance, il est parfois difficile de repérer les espèces qui ont des chants faiblement audibles. Les recensements d'oiseaux territoriaux et la caractérisation de l'habitat et de la végétation ont donc été faits sur des parcelles de 75m de rayon (soit de 1.8 ha). Comme les oiseaux sont particulièrement sensibles aux caractéristiques paysagères des milieux qui entourent leur territoire de nidification (Saab 1999; Whited *et al.* 2000; Riffell *et al.* 2001; Riffell *et al.* 2003), nous avons également caractérisé l'environnement jusqu'à une distance de 350 m du centre de nos sites d'échantillonnage (soit sur des superficies de 38.5 ha). La caractérisation des paysages a été faite au moyen d'images de télédétection classifiées (MEIS 2000 et IKONOS 2002). En effet, l'information des images de télédétection couplée avec des prises de données précises avec système de positionnement global (GPS) permet de mettre en lien rapidement les données aviaires avec leurs contextes paysagers (Crozier et Niemi, 2003).

Le choix des emplacements s'est fait en fonction de trois critères principaux: l'accessibilité du site, sa représentativité et son hétérogénéité paysagère. On a par ailleurs sélectionné des milieux variés qui étaient représentatifs de leur région; soit des marais, des prairies humides, des marécages arbustifs, des marécages arborés et des forêts humides. Des cartes thématiques des milieux humides du fleuve, découlant d'une reclassification d'images de télédétection prises en septembre 2000 ont facilité la sélection des sites palustres du Saint-Laurent. Des photos aériennes prises en juillet et août de 1999 à 2001 ont par ailleurs servi pour la sélection des sites riverains du lac Ontario.

Après trois années d'échantillonnage (2000 à 2002) des communautés aviaires sur des parcelles circulaires de 1.8 ha, nous avons augmenté sensiblement la taille des parcelles d'habitats, qui, bien que relativement uniforme, étaient cependant de formes et de superficie irrégulières. Cela s'est avéré nécessaire afin de maximiser nos chances de détecter l'ensemble des espèces aviaires, incluant les espèces les plus rares, celles à grand territoire et les espèces faiblement audibles. Par conséquent, il nous a fallu adapter le protocole d'échantillonnage des habitats à cette nouvelle réalité. L'étendue de l'aire d'échantillonnage a été agrandie et la forme

fixée par la configuration spatiale des polygones d'habitats retenus pour les inventaires. L'aire d'échantillonnage a donc pris, en 2003, la forme d'un polygone d'aire variable, de 3 à 5 hectares en moyenne et de formes diverses (Voir diagramme dans DesGranges *et al.*, 2005).

Les variables de l'habitat qui ont été caractérisées sont la présence d'eau, l'hétérogénéité verticale (nombre de strates verticales d'arbres, d'arbustes et d'herbacées) et horizontales (nombre de type de milieux humides dans la parcelle) de la végétation, le degré de perturbation du milieu, les espèces végétales dominantes de chaque strate de végétation (arbre, arbuste et herbacée) et leur recouvrement respectif (voir tableau 1).

Lors de la campagne de terrain, des variables de structure de la végétation et de l'habitat ont été estimées afin de caractériser la relation qui existe normalement entre la structure de l'habitat et les oiseaux palustres. Deux variables quantitatives de structure ont été conservées pour caractériser l'hétérogénéité : 1) l'hétérogénéité verticale a été évaluée sur le terrain par le dénombrement des strates de végétation présentes dans la parcelle d'échantillonnage, 2) l'hétérogénéité horizontale représente quant à elle le nombre de grands types de milieux humides présents dans la parcelle, soit les différentes composantes cartographiques retenues pour les analyses spatiales. Un coefficient d'hétérogénéité (Hét) obtenu du produit de l'hétérogénéité verticale (HétV) par l'hétérogénéité horizontale (HétH) donne un aperçu tridimensionnel de l'hétérogénéité.

Tableau 1
Variables mesurées

Terrain 2002	Analyses	Terrain 2003	Type de variables	Étendue	Unités	codes
Hydrologie		**Hydrologie**				
% eau libre		% eau libre	Quantitative	0 - 100	%	
Niveau de l'eau libre		Niveau de l'eau libre	Semi-quantitative	[0-15; 15-50, 50-100, >100]	cm	
Eau dans la végétation		Eau dans la végétation	Semi-quantitative	[Sec, humide, inondé]		
Niveau d'eau dans la végétation		Niveau d'eau dans la végétation	Semi-quantitative	[0-15; 15-50, 50-100, >100]	cm	
Floristique		**Floristique**				
Espèces dominantes par strate (9 strates)		Espèces dominantes par strate (3 strates)	Qualitative	[Noms scientifiques des plantes]		[H (herbacée), S (arbuste), C (arbre), + 3 premières lettres genre + 4 premières lettres espèce]
Recouvrement des espèces dominantes (9 strates)		Recouvrement des espèces dominantes (3 strates)	Quantitative	0 - 100	%	
		Type de milieux humides	Qualitative par classe	[herbier aquatique, marais, prairie humide, marécage arbustif, marécage arboré]		
Structure		**Structure**				
Recouvrement des strates verticales (9 strates)		Type de milieux structuraux	Qualitative par classe	[Milieux herbacés, tachetaies, milieux arbustifs, milieux arborés ouverts, milieux arborés fermés]		
Nombre de strates verticales arbre		Nombre de strates verticales arbre	Quantitative	0 - 3		str_arbo
Nombre de strates verticales arbuste		Nombre de strates verticales arbuste	Quantitative	0 - 3		str_arbu
Nombre de strates verticales herbacée		Nombre de strates verticales herbacée	Quantitative	0 - 3		str_herb
Nombre de types de milieu		Nombre de types de milieu	Quantitative	0 - 6		
Perturbations		**Perturbations**				
Caractérisation des perturbations naturelles, anthropiques à trois rayons d'influence		Intensité des perturbations	Semi-quantitative	[Faible, moyenne, forte]		
Paysage (analyse Patch Analyst-Arcview)		**Paysage (analyse Patch Analyst-Arcview)**				
Aire des classes de milieux humides (CA)(75 et 350 m)		Aire des classes de milieux humides (CA)(polygone)	Quantitative		Ha	CA
Densité de bordures (ED)(75 et 350 m)		Densité de bordures (ED)(polygone)	Quantitative			ED
Nombre de "patches" (NumP)(75 et 350 m)		Nombre de "patches" (NumP)(polygone)	Quantitative			NumP
Aire moyenne des "patches" (MPS)(75 et 350 m)		Aire moyenne des "patches" (MPS)(polygone)	Quantitative		Ha	MPS
Ratio moyen périmètre-aire (MPAR)(75 et 350 m)		Ratio moyen périmètre-aire (MPAR)(polygone)	Quantitative			MPAR
Indice moyen de forme (MSI)(75 et 350 m)		Indice moyen de forme (MSI)(polygone)	Quantitative			MSI
Diversité des "patches" (SDI) (75 et 350 m)		Diversité des "patches" (SDI)(polygone)				SDI
		Contextes paysagers	Qualitative par classe	[Milieux riverains, milieux humides, milieux terrestres et anthropiques, milieux hétérogènes]		[cp_mr, cp_mh, cp_mtean, cp_mhete]
Typologie d'habitat		**Typologie d'habitat**				
Habitats aviaires (attribués à posteriori)		Habitats aviaires	Qualitative par classe	[Marais profond, marais peu profond, tachetaie à émergentes, prairie humide, tachetaie à graminées, tachetaie arbustive, marécage arbustif fermé, marécage arboré ouvert, marécage arboré fermé, forêt humide]		[MP, MPP, TE, PH, TG, TA, MUF, MAO, MAF, FH]

3 Résultats

Au total, 342 sites ont été échantillonnés lors de la période de nidification des oiseaux; 112 en 2002 et 104 en 2003 en bordure du Saint-Laurent, ainsi que 102 en 2002 et 24 en 2003 autour du lac Ontario et le long du corridor international.

3.1 TYPOLOGIES ET CLASSIFICATIONS DES MILIEUX HUMIDES

Les milieux humides sont très complexes, d'où l'intérêt d'élaborer des groupements possédant des caractéristiques communes afin de mieux comprendre tant l'organisation spatiale que fonctionnelle de ces milieux très diversifiés. Plusieurs typologies et classifications peuvent être élaborées selon les buts respectifs des différentes études, les intérêts ainsi que le type d'espèces étudié, (Frochot et Roché., 2000). La plupart du temps, dans les milieux humides, on peut considérer que les types de milieux sont ordonnés le long d'un gradient d'humidité, des milieux aquatiques vers les milieux terrestres; on peut donc les considérer comme étant des classifications. Une classification par les plantes de milieux humides peut permettre par exemple de mieux comprendre les fonctions essentielles que ces milieux accomplissent, ainsi que de servir d'indicateur de la santé de l'écosystème (Albert et Minc, 2004). Dans le cas des oiseaux, les composantes floristiques, structurelles et hydrologiques se sont avérées être les plus importantes (DesGranges *et al.*, 2005, 2006).

3.1.1 Typologie d'habitats aviaires

Le schéma de la figure 2 présente les étapes qui ont été nécessaires afin d'obtenir la typologie des habitats aviaires. La première année d'échantillonnage a permis d'amasser une grande quantité de données tant sur la floristique, l'hétérogénéité de l'habitat, les perturbations et autres variables qualifiant l'habitat. En outre, l'analyse spatiale des cartographies a permis de dégager différentes classes de contextes paysagers qui peuvent influencer les habitats de milieux humides. La deuxième étape a été de faire des analyses de groupements à liens complets (DesGranges *et al.*, 2003) sur les différents groupes de données afin d'en dégager une structure. L'information étant encore très complexe, nous avons ensuite analysé ces groupes de données en lien avec les espèces d'oiseaux à l'aide d'analyses multivariées (analyse canonique des

correspondances). Les classes les plus significatives ont donc servi à définir des typologies préliminaires qui ont permis d'orienter l'échantillonnage de 2003. Ces typologies de floristique, de structure, de perturbations et de contextes paysagers ont facilité grandement la prise de données sur le terrain. La dernière étape a été de croiser la typologie de floristique et de structure et de les mettre en lien avec les variables hydrologiques (tableau 2). Les typologies de perturbations et de contextes paysagers pouvant se rencontrer dans l'ensemble des types d'habitats et n'étant pas typiques ni restreintes, elles n'ont donc pas été retenues pour définir les classes d'habitats aviaires, mais ont été utilisées lors des analyses subséquentes. L'aboutissement de toute cette démarche fut une typologie finale d'habitats d'oiseaux palustres contenant 10 classes de milieux humides définies par des traits floristiques, structurels et hydrologiques auxquels les oiseaux sont sensibles.

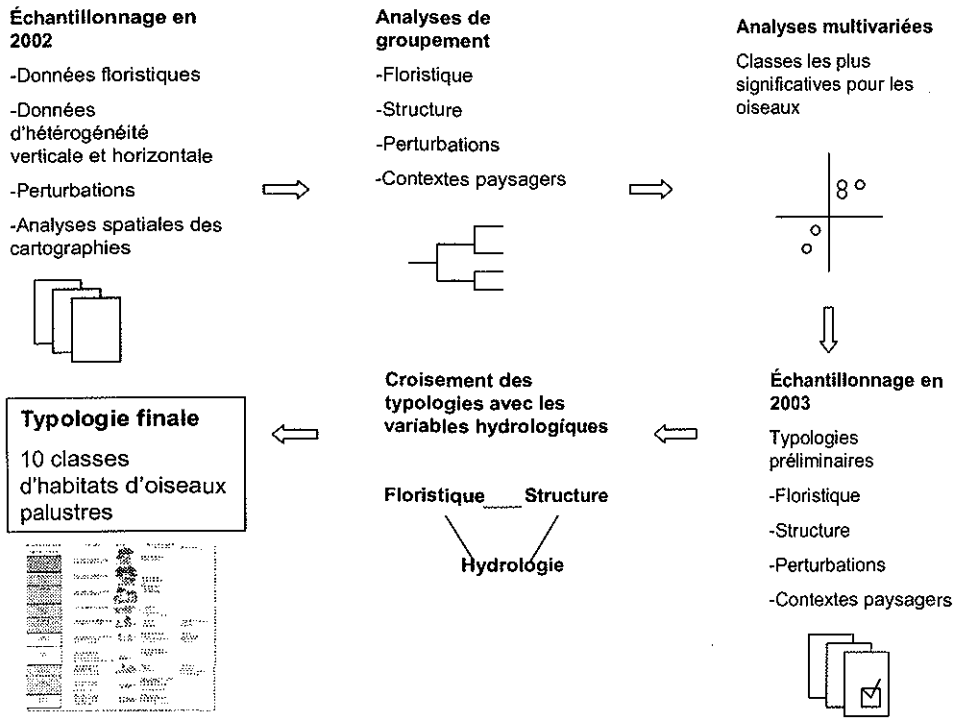
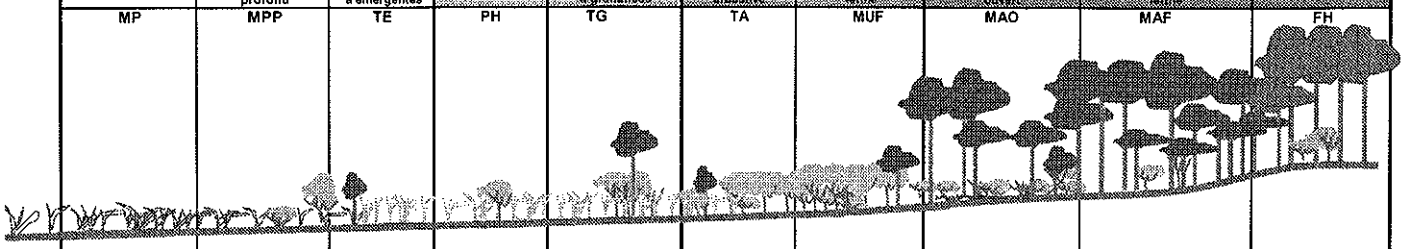


Figure 2 Schéma des étapes d'analyses

Tableau 2
Croisement des variables hydrologiques, structurelles et floristiques

HYDROLOGIE									
% eau libre et niveau de l'eau élevés	% eau libre et niveau de l'eau bas	Inondation printannière	Inondation printannière	Inondation printannière	Inondation printannière	Inondation printannière	Inondation printannière	Inondation printannière	Inondation très peu fréquente
STRUCTURE									
Milieux herbacés		Tachetaies	Milieux herbacés	Tachetaies		Milieux arbustifs	Milieux arborés ouverts	Milieux arborés fermés	
FLORISTIQUE									
Marais			Prairie humide		Marécage arbustif		Marécage arboré		Forêt
Marais profond	Marais peu profond	Tachetale à émergentes	Prairie humide	Tachetale à graminées	Tachetale arbustive	Marécage arbustif fermé	Marécage arboré ouvert	Marécage arboré fermé	Forêt humide
MP	MPP	TE	PH	TG	TA	MUF	MAO	MAF	FH
1er groupe : marais			2e groupe : prairies humides		3e groupe : marécages arbustifs		4e groupe : marécages arborés		



3.1.2 Description des tachetaies

La typologie d'habitats d'oiseaux palustres nous a amené à suggérer le terme de tachetaie pour désigner un habitat hétérogène comportant des milieux humides semi-ouverts avec des proportions variables d'herbacées (graminées, plantes émergentes), d'arbustes et d'arbres. La topographie irrégulière des berges peut contribuer à former des retenues d'eau, ce qui crée une série de faciès d'habitats hétérogènes que nous nommons tachetaies. Les aménagements fauniques et endiguements forment le même genre de structures d'habitat où se forment aussi des marécages arbustifs d'aulnes rugueux (figure 6). Dans certains cas, les composantes hétérogènes de l'habitat peuvent également représenter un stade intermédiaire de succession.

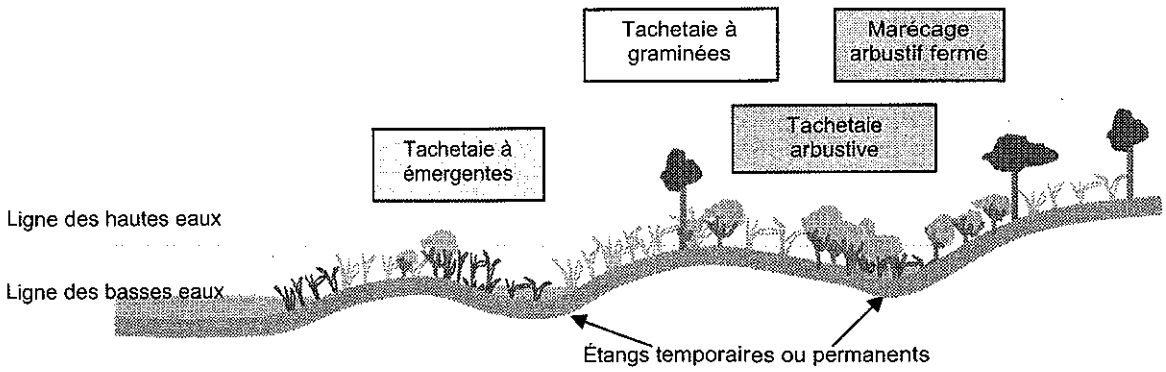


Figure 3 Schéma explicatif des tachetaies

Le gradient d'habitats d'oiseaux palustres (figure 4) comporte dix classes d'habitats aviaires. La partie la plus humide du gradient, inondée la plus grande partie de la saison de nidification comprend le premier groupe de marais constitué du marais profond, du marais peu profond et de la tachetaie à émergentes. Le ***marais profond*** est un milieu herbacé homogène sans arbre et sans arbuste. Les espèces végétales dominantes qui le colonisent sont des plantes émergentes telles le Scirpe lacustre (*Scirpus lacustris*), le Scirpe fluviatile (*Bolboschoenus fluviatilis*), l'Éléocharide de Small (*Eleocharis Smallii*) et les quenouilles (*Typha sp.*). Cet habitat est en interaction constante avec l'eau libre et le niveau de l'eau est habituellement élevé (près de 1 m). De ce fait, ce sont principalement les variables hydrologiques qui ont permis de distinguer le marais profond du marais peu profond. Le ***marais peu profond*** comporte les mêmes caractéristiques que le marais profond, soit un milieu herbacé homogène sans arbre et sans arbuste, mais le niveau de l'eau est plus faible (en moyenne moins de 50 cm). Les espèces caractéristiques sont également quelque peu différentes, les espèces dominantes sont les quenouilles, le Butome à ombelle (*Butomus umbellatus*), le Rubanier à gros fruits (*Sparganium eurycarpum*), l'Acorus roseau (*Acorus calamus*) et le Scirpe fluviatile. Le Butome à ombelle est une espèce exotique envahissante des milieux humides (White *et al.*, 1993). On la rencontre très fréquemment dans le fleuve du lac Saint-Louis au lac Saint-Pierre où il domine souvent le marais peu profond. En fonction de nos connaissances actuelles, cette plante ne semble pas nuire à la diversité végétale des milieux humides (Lavoie *et al.*, 2003). La ***tachetaie à émergentes*** quant à

elle, est un milieu herbacé mais plus hétérogène avec moins de 30 % d'arbustes et qui peut contenir jusqu'à 10 % d'arbres. La tachetaie à émergentes se retrouve souvent dans des conditions d'endiguements, où le sol est hétérogène, la microtopographie et le niveau de l'eau plus variables. Les émergentes dominantes sont les quenouilles, le Butome à ombelle et les prêles (*Equisetum sp.*). La tachetaie à émergentes est co-dominée par des arbustes, les plus fréquents sont les saules (*Salix sp.*), le Myrique baumier (*Myrica gale*), l'Aulne rugueux (*Alnus incana*), le Céphalanthe occidental (*Cephalanthus occidentalis*) et le Cornouiller stolonifère (*Cornus stolonifera*).

Le deuxième groupe d'habitats rencontrés le long du gradient se fait inonder au printemps mais est exondé pour la plus grande partie de la saison. Ce groupe comporte la prairie humide et la tachetaie à graminées. La ***prairie humide*** est un milieu herbacé homogène sans arbre et sans arbuste. La prairie humide est dominée par les graminées tels le Phalaris roseau (*Phalaris arundinacea*) ou le Calamagrostide du Canada (*Calamagrostis canadensis*) ou une autre espèce non-émergente comme les carex (*Carex sp.*). Le Phalaris roseau est une plante envahissante des milieux humides. L'espèce comprend une plante indigène et des cultivars commerciaux originaires d'Europe qui seraient plus envahissants (White *et al.*, 1993). Le Phalaris roseau a une croissance vigoureuse et forme souvent de grandes étendues pures en éliminant les autres espèces de plantes (Lavoie *et al.*, 2003). La ***tachetaie à graminées*** est un milieu hétérogène avec moins de 30 % d'arbustes et qui peut contenir jusqu'à 20 % d'arbres. Les espèces dominantes sont le Phalaris roseau (*Phalaris arundinacea*), les carex (*Carex sp.*), le Calamagrostide du Canada (*Calamagrostis canadensis*) et autres graminées. Les arbustes qui la co-dominent sont les saules (*Salix sp.*), le Cornouiller stolonifère, la Spirée à feuilles larges (*Spiraea latifolia*) et l'Aulne rugueux. Comme la tachetaie à émergentes, la tachetaie à graminées se retrouve en milieu hétérogène d'endiguement. On la retrouve également souvent sur des îles antérieurement perturbées par l'agriculture. Elle forme alors une friche où la diversité animale abonde.

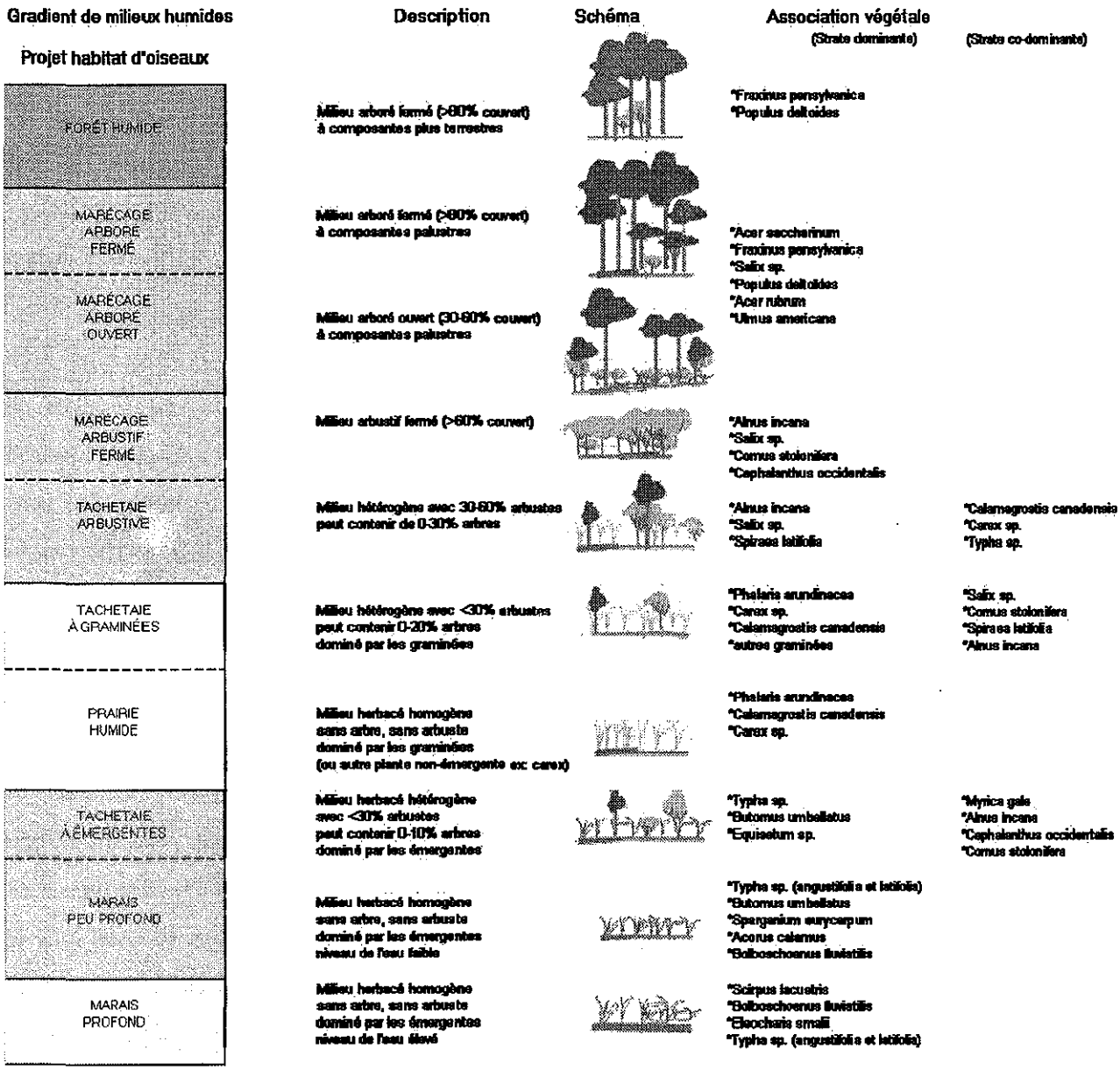


Figure 4 **Typologie des habitats d'oiseaux palustres de l'hydrosystème Lac Ontario – Saint-Laurent d'eau douce, accompagnée d'une description des espèces végétales les plus communes de chacune des strates et de l'association végétale typique.**

On retrouve ensuite le groupe formé de la tachetaie arbustive et du marécage arbustif fermé (3^{c} groupe). Ce groupe comporte des conditions hydrologiques variables selon que l'habitat est endigué ou non. La ***tachetaie arbustive*** est un milieu hétérogène comportant de 30 à 60 % d'arbustes et pouvant contenir jusqu'à 30 % d'arbres. Les arbustes dominants sont l'Aulne rugueux, les saules et la Spirée à feuilles larges. Il s'agit d'un milieu qui comporte beaucoup d'ouvertures qui sont colonisées principalement par des graminées tel le Calamagrostide du Canada, des espèces non-émergentes comme les carex et émergentes comme les quenouilles (*Typha sp.*). Le ***marécage arbustif fermé*** est plus homogène et comporte un couvert de plus de 60 % d'arbustes. Les espèces dominantes sont l'Aulne rugueux, les saules, le Cornouiller stolonifère et le Céphalanthe occidental. Le marécage arbustif de saules est surtout présent en rives sur des dépôts sablonneux. Le marécage arbustif d'aulnes est caractéristique des endiguements où il croit en abondance sur des dépôts organiques, le Céphalanthe s'observe aussi dans le même genre de conditions ou dans des habitats inondés en permanence.

À la partie supérieure du gradient, on retrouve le dernier groupe dominé par les arbres. Le groupe des marécages se distingue de la forêt humide par leurs composantes palustres dues aux inondations printanières. La séparation entre forêt humide et marécage arboré fermé se fait indirectement par les facteurs hydrologiques étant donné que la fréquence et la courte durée des inondations dans les forêts humides permettent l'établissement d'un plus grand nombre de plantes terrestres. Le degré d'ouverture de la canopée distingue les marécages arborés ouvert et fermé. Le ***marécage arboré ouvert*** est couvert de 30 à 80 %, donc comporte beaucoup d'ouvertures colonisées soit par des herbacées ou des arbustes. Ce marécage est caractérisé par un plus grand nombre de strates d'arbres et d'arbustes. Le ***marécage arboré fermé*** possède une canopée couverte à plus de 80 %. Les espèces arborées dominantes des marécages sont l'Érable argenté (*Acer saccharinum*), le Frêne rouge (*Fraxinus pennsylvanica*), les saules arborescents (*Salix sp.*), le Peuplier deltoïde (*Populus deltoides*), l'Érable rouge (*Acer rubrum*) et l'Orme d'Amérique (*Ulmus americana*). La ***forêt humide*** est un milieu arboré fermé possédant un couvert de plus de 80 %, mais comportant des composantes plus terrestres notamment dans les espèces co-dominantes d'arbres (par exemple le Caryer cordiforme (*Carya cordiformis*)) ou les

plantes herbacées au sol. Les espèces dominantes d'arbres sont le Frêne rouge et le Peuplier deltoïde.

La figure 5 présente la répartition du nombre de stations échantillonnées en fonction du gradient d'habitats d'oiseaux palustres et en fonction des divers tronçons du fleuve et du lac Ontario. On y observe également la moyenne de l'hétérogénéité des diverses classes d'habitats. On peut remarquer que la très grande majorité des marais profonds (71 %) et des tachetaies à émergentes (55 %) ont été échantillonnées au lac Ontario et dans le tronçon international. Les marais peu profonds pour leur part ont été particulièrement échantillonnés tant au lac Saint-Pierre (33 %) qu'au lac Ontario (41 %). Étant donné le contrôle des niveaux d'eau et l'arrêt des perturbations par le feu (Brisson *et al.*, sous presse), le lac Saint-François comporte de très grandes étendues de marécages arbustifs principalement dominés par l'Aulne rugueux. La plupart des marécages arbustifs (59 %) et des tachetaies arbustives (40 %) échantillonnés durant l'étude se retrouvent autour de ce lac fluvial. Les prairies humides sans arbustes et sans arbres sont également plus abondantes en amont, soit du lac Ontario (42 %) au lac Saint-François (33 %), mais pas très communes en aval. Le lac Saint-Pierre comporte quant à lui de grandes superficies non perturbées de marécages arborés, soit 44 % des sites de marécages arborés ouverts et fermés, et de forêts humides confondus.

Comme les marécages possèdent davantage de strates verticales de végétation, ils affichent habituellement de plus grandes valeurs d'hétérogénéité totale que les milieux herbacés. Dans certains cas, comme au lac Saint-Pierre, on remarque que les tachetaies arbustives sont plus hétérogènes que le groupe des marécages arborés.

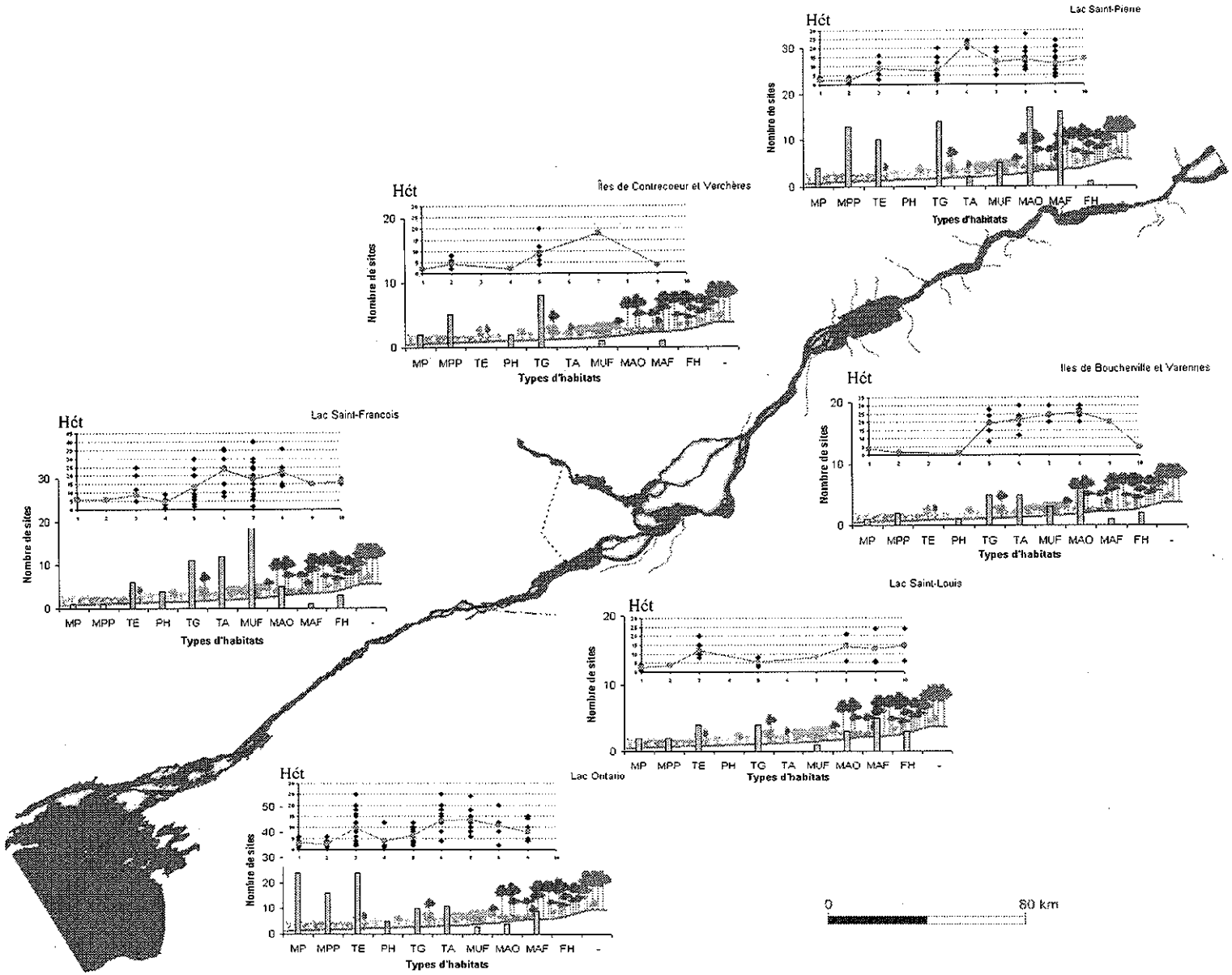


Figure 5 Répartition du nombre de stations échantillonnées en fonction du gradient d'habitats d'oiseaux palustres et des divers tronçons du fleuve et du lac Ontario.

3.1.3 Liens végétation-hydrologie-environnement

Une analyse de redondance a été réalisée sur la base des espèces végétales dominantes des habitats échantillonnés (figure 6). Cette analyse nous permet de mieux comprendre les processus agissant sur la distribution des espèces végétales le long du gradient de milieux humides et ce à l'échelle élargie des habitats d'oiseaux palustres. Cette analyse contient 32 espèces de plantes, de même que 9 variables explicatives, tant hydrologiques qu'environnementales. En outre, 25 variables descriptives passives ont été illustrées sur le graphique résultant de l'analyse. Au total, 21 % de la variance est expliquée sur les deux premiers axes qui discriminent bien les divers assemblages de plantes de milieux humides rencontrées dans les habitats d'oiseaux palustres.

On peut distinguer sur l'analyse cinq groupes de plantes (figure 7). Le premier regroupe les plantes émergentes dans la partie en bas à droite du graphique. Ce sont les quenouilles (*Typha sp.*), le Scirpe fluviatile (*Bolboschoenus fluviatilis*), le Scirpe lacustre (*Scirpus lacustris*), le Butome à ombelle (*Butomus umbellatus*) et le Rubanier à gros fruits (*Sparganium eurycarpum*). Ce groupe de plantes est fortement influencé par une longue période d'inondation et un niveau d'eau élevé. Le deuxième groupe de plantes rencontrées (en bas à gauche du graphique) est formé principalement du Phalaris roseau et de l'Apocyn chanvre (*Apocynum cannabinum*). Ces dernières espèces sont reliées à des conditions de grandes fluctuations du niveau de l'eau à l'interface de l'inondation et de l'exondation sur la rive. Pour notre analyse, ce groupe de plantes correspond aux habitats de prairie humide, de tachetaies à graminées et de tachetaies arbustives. Au centre de l'analyse, on retrouve le Myrique baumier (*Myrica gale*), une espèce d'arbuste bas qui pousse en milieux très humide, sinon inondé en permanence. Les carex (*Carex sp.*) se positionnent également au centre de l'analyse, ces espèces se retrouvent dans des conditions variées et dans tous les types d'habitats du marais jusqu'au marécage. Les carex peuvent être dominants ou co-dominants dans la prairie humide et la tachetaie à graminées. Le marécage arbustif se range près du centre de l'analyse, étant donné qu'ils peuvent être dominés par diverses espèces (telles *Salix sp.*, *Myrica gale*, *Alnus incana*, et *Cephalanthus occidentalis*) pouvant se trouver dans des conditions hydrologiques et environnementales très différentes.

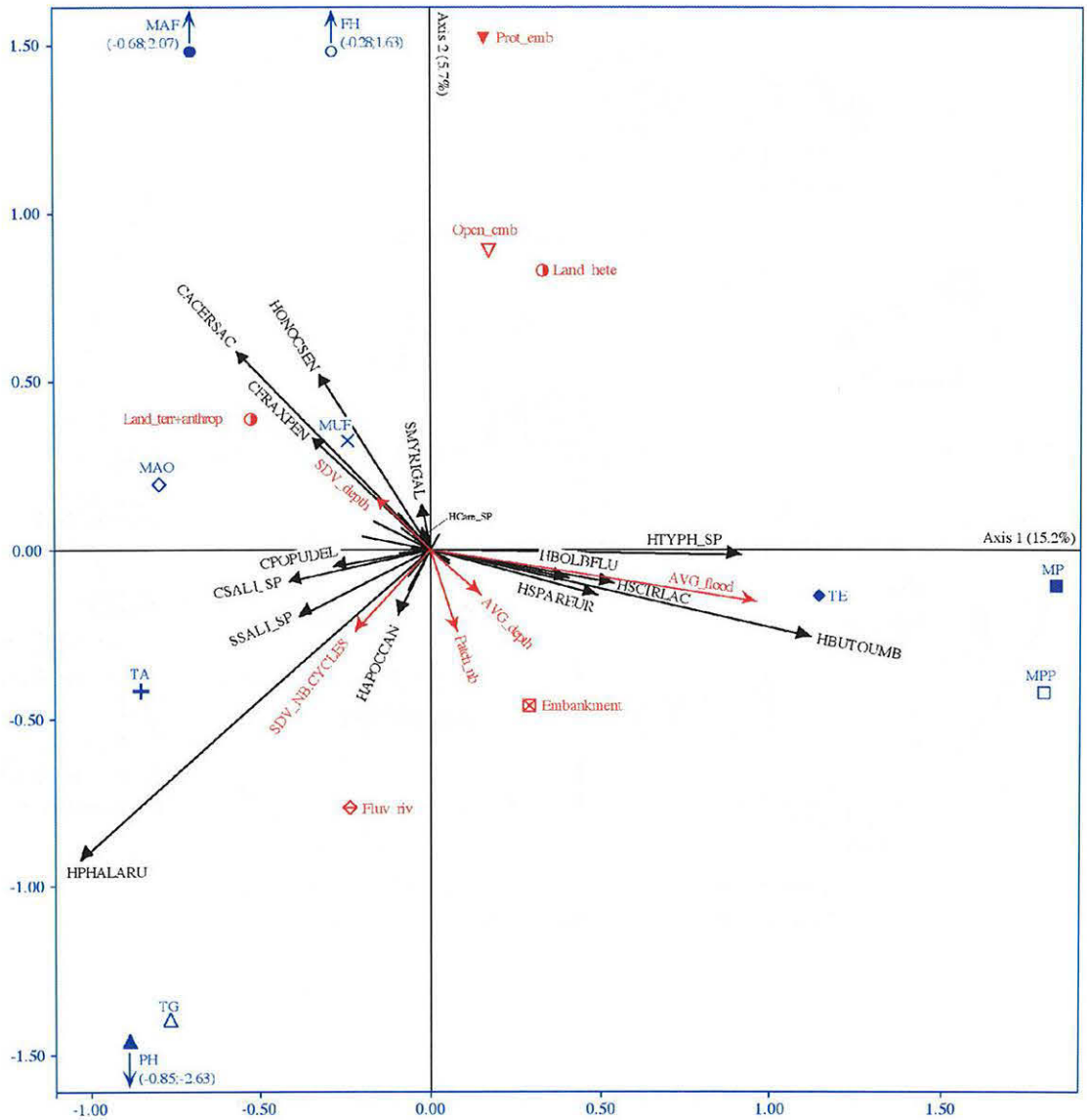


Figure 6 **Analyse de redondance des espèces végétales en fonction des variables hydrologiques et environnementales. La signification de la plupart des codes se trouve dans le tableau 1 et la figure 7 explique l'ensemble des variables représentées sur ce graphique.**

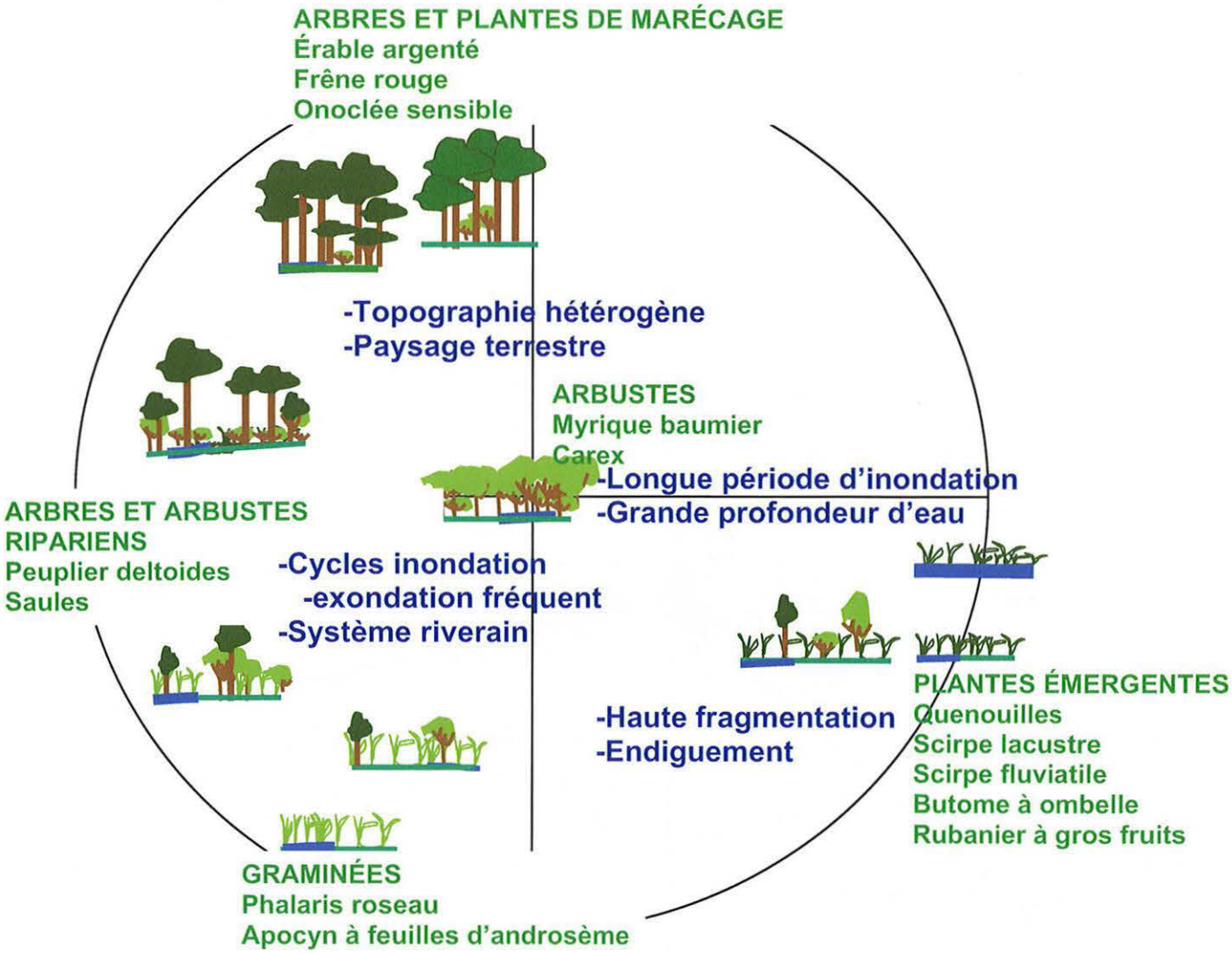


Figure 7 **Interprétation du graphique de l'analyse de redondance.**

Un groupe d'arbres et d'arbustes riverains se distingue des autres espèces (à l'extrême gauche du graphique). Ce groupe est formé du Peuplier deltoïde (*Populus deltoides*) ainsi que des Saules (*Salix sp.*), tant arborés qu'arbustifs. Ces espèces s'observent fréquemment dans des formations linéaires le long des îles allongées du fleuve. Ces dernières ont été modelées par les courants et surélevées par des dépositions printanières de sables (M. Pelletier, comm. pers.). À l'échelle d'observation du projet, ces formations sont caractérisées par des marécages arborés

ouverts qui arborent à la fois des caractéristiques des milieux ouverts comme les tachetaies, que des milieux plus fermés comme les marécages arborés fermés. Le dernier regroupement d'espèces est celui de l'Érable argenté (*Acer saccharinum*), du Frêne rouge (*Fraxinus pennsylvanica*) et de l'Onoclée sensible (*Onoclea sensibilis*). Ces espèces sont liées à un paysage terrestre et anthropique et à une topographie hétérogène. De fait, les marécages arborés fermés et les forêts humides se positionnent à la partie supérieure du gradient de milieux humides, soit en contiguïté avec les habitats terrestres très souvent anthropisés. Cette partie du gradient est la plus affectée par l'empiètement humain, compte tenu que durant les périodes de bas niveaux d'eau, les constructions se font de plus en plus près de l'eau.

4 Discussion

La variabilité journalière, saisonnière et annuelle du régime hydrique constitue le processus écologique le plus important pour le maintien de la diversité des habitats palustres et de la biodiversité qu'ils abritent. Une transformation de ce régime, par gestion ou due aux changements climatiques, pourrait entraîner des changements de superficie relative, de la structure et de la composition des types de milieux humides. Conséquemment, cela pourrait avoir des répercussions importantes sur le maintien de plusieurs populations d'oiseaux qui fréquentent les milieux palustres d'eau douce du fleuve Saint-Laurent et du lac Ontario, en particulier lors de la période de nidification.

L'hétérogénéité des habitats est connue depuis longtemps comme un facteur influençant la diversité animale (Simpson, 1949; MacArthur et Wilson, 1967; Lack, 1969; Merriam, 1988). La théorie de l'hétérogénéité des habitats démontre que les habitats possédant des structures plus complexes fournissent plus de niches écologiques et donc plus de façons d'exploiter les ressources en place, ce qui a tendance à augmenter la diversité des espèces (Tews *et al.*, 2004). Ces derniers auteurs ont fait, à cet effet, une excellente revue du lien entre l'hétérogénéité des habitats et la diversité animale sous toutes ses formes. On y souligne la multitude des indices d'hétérogénéité et que les relations entre diversité et hétérogénéité peuvent grandement changer

selon l'échelle d'échantillonnage, l'organisme visé et les propriétés structurantes de l'habitat. Certains auteurs ont développés des modèles mathématiques permettant de relier tant les effets de l'aire que ceux de la diversité des habitats sur la richesse en espèces (Triantis *et al.*, 2003). Selon Euliss *et al.* (2004), les milieux humides devraient être considérés comme faisant partie d'un continuum spatial et temporel qui régule leurs fonctions critiques. Les milieux humides sont dynamiques, cet aspect est primordial lorsqu'on considère la caractérisation, l'aménagement ou l'avancement de la science dans ce domaine. Ces milieux sont également largement influencés par les perturbations d'ordre anthropique, vu l'empiètement humain dans les milieux naturels (Wilcox, 2004). Les changements du climat et de l'hydrologie ont un effet très marqué sur la succession et les changements de communautés végétales dans les milieux humides, beaucoup plus que les processus autogéniques (Euliss *et al.*, 2004; Wilcox, 2004).

Dans le cadre de la présente étude, une méthodologie a été élaborée afin de décrire les habitats des milieux humides au niveau de perception des oiseaux palustres. Une classification a permis de décrire dix classes d'habitat d'oiseaux palustres. Cette classification permet d'avoir un portrait global d'un habitat, tant dans ces composantes floristiques, structurelles qu'hydrologiques. La perception des habitats à plus large échelle a permis de définir un nouveau concept par rapport à d'autres classifications, soit celui des tachetaies, des milieux très hétérogènes où l'on retrouve des herbacées, des arbustes et des arbres en quantités variables. Ces classes d'habitats peuvent être appliquées dans le cadre d'études diverses où il y a nécessité d'obtenir des données sur l'habitat sans avoir à faire nécessairement l'inventaire exhaustif de toutes les espèces végétales présentes. L'étendue géographique de notre étude est très grande, couvrant du lac Ontario jusqu'au lac Saint-Pierre. L'hétérogénéité des différentes classes d'habitats varie également en fonction des divers tronçons étudiés. Les plantes de marais sont liées principalement à la durée d'inondation et au niveau d'eau élevé. Des résultats similaires ont été observés par d'autres auteurs où la composition du groupe des marais est influencé par la profondeur de l'eau (Sluis et Tandarich, 2004; Turgeon *et al.*, 2004; Hudon *et al.*, 2006). Turgeon *et al.* (2004) remarque également une relation entre les marais et le pourcentage de la saison de croissance inondé et la vitesse de courant. Pour Hudon *et al.* (2005, 2006)), l'élévation d'un site par rapport aux niveaux d'eau moyens de juillet (soit durant la période de croissance des plantes)

déterminent la séparation entre le groupe des prairies humides (>-26 cm) et le groupe des marais et herbiers aquatiques (≤-26 cm). Pour la présente étude, les habitats correspondant sont le marais profond, le marais peu profond et la tachetaie à émergentes. Dans la tachetaie à émergentes, on retrouve d'autres espèces comme certaines espèces d'arbustes (*Salix sp.* et *Myrica gale*). Les conditions influençant la présence d'un groupe d'espèces plus hétérogènes sont une plus grande fragmentation de l'habitat et la présence d'aménagements et d'endiguements. Ces conditions prévalent tant pour les tachetaies à émergentes que pour les tachetaies à graminées.

Les plantes de prairies humides et les habitats hétérogènes des tachetaies sont associés aux endiguements, à une plus grande fragmentation du milieu et à la variabilité des cycles d'inondations-exondations. Des changements d'ordre naturel ou anthropique au niveau de l'hydrologie ou des perturbations de la végétation ou des sols peuvent modifier le cours de la succession normale en milieux humides. Des blocages au niveau de la succession végétale surviennent dans certains cas où une espèce envahissante comme le Phalaris roseau occupe l'espace d'un territoire abandonné par l'agriculture (Turgeon *et al.*, 2004). Sluis et Tandarich (2004) ont déterminé que les dépôts d'inondation de limon déterminent la composition de ces prairies inondées périodiquement. Lorsque les dépôts sont suffisamment épais pour bloquer la germination des graines, le peuplement est alors dominé par des plantes pouvant se reproduire végétativement par rhizomes. Le résultat final est souvent un peuplement monotypique et clonal. Turgeon *et al.* (2004) relie également la prairie humide au nombre de cycles d'inondation et d'exondation, mais ces derniers ont eu de la difficulté à distinguer la prairie humide du marécage arboré sur leur analyse multivariée, les espèces végétales de ces deux types de milieux se chevauchant quant à leurs exigences environnementales. Pour notre part, les variables de paysage ont peut-être ici permis de mieux discriminer les deux groupes. Le marécage arbustif est également un groupe difficile à cerner pour Turgeon *et al.* (2004). Une analyse spécifique à ce groupe pourrait mieux permettre de relier les espèces arbustives aux conditions hydrologiques et environnementales. Par ailleurs, un groupe d'espèces de marécages riverains ouverts est étroitement lié aux habitats linéaires où se produisent les plus grandes fluctuations d'inondation et d'exondation. Finalement, le groupe d'espèces végétales associées aux marécages arborés fermés et aux forêts humides se distingue des autres quant à la présence d'un paysage plus terrestre et d'une topographie hétérogène.

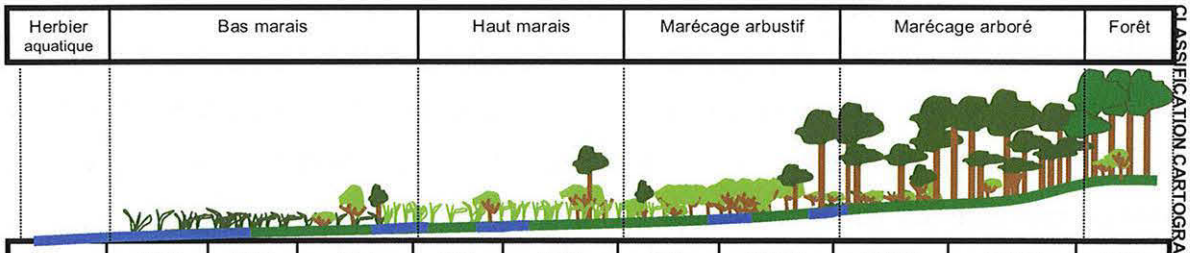
Nous comparons ensuite la classification des habitats d'oiseaux palustres avec trois autres classifications des milieux humides faites pour le Saint-Laurent (figure 8). Premièrement, une classification de milieux humides a été conçue au Centre Saint-Laurent pour les cartographies issues de la télédétection (Jean *et al.*, 2002). Ces cartographies servent au suivi de la végétation des milieux humides du Saint-Laurent et permettent d'identifier les grands changements de pertes ou de gains de milieux humides. La légende cartographique comporte plusieurs classes dont : 1) l'herbier aquatique; 2) le bas marais, qui regroupe le marais profond et peu profond; 3) le haut marais (qui correspond assez bien à la prairie humide) et trois classes de plantes ligneuses (très similaires aux nôtres); 4) le marécage arbustif, 5) le marécage arboré et 6) la forêt. La subdivision des types de marais profonds et peu profonds ne peuvent pas être retenus pour la cartographie car la dimension hydrologique de profondeur d'eau ne peut pas être perçue par la télédétection (Jean *et al.*, 2002). Pour la comparaison des classes obtenues pour la cartographie et celles des habitats d'oiseaux palustres, la notion d'échelle d'observation ressort comme l'élément majeur pour les différences observées. La classification utilisée pour la cartographie est faite à partir de quadrats de 5 m par 5 m (0.0025 ha) pour les groupements herbacés et arbustifs et de 10 m par 20 m (0.02 ha) pour les groupements arborés. La classification est basée principalement sur la composition floristique, puisqu'à cette échelle d'observation, la structure de la végétation est rarement perceptible, d'autant que la méthodologie impose une sélection de zones homogènes de végétation. Lorsque la fenêtre d'observation des milieux humides est élargie à la perception des oiseaux (de 1.75 à 5 ha), apparaît alors une toute nouvelle configuration de l'habitat comportant plus d'hétérogénéité comme en font foi les classes de tachetaies.

Une deuxième classification a été élaborée par Turgeon *et al.*, (2004) à l'aide de la modélisation de cartographies sommaires des milieux humides issues de photo-interprétation et de travaux de terrain. Les groupements végétaux y sont représentés par les espèces végétales dominantes reliées au moyen d'analyses multivariées aux variables hydrologiques issues de la modélisation des conditions écohydrauliques les affectant (Morin *et al.*, 2005). La classification obtenue est assez similaire à la notre au niveau des grandes classes de milieux humides. Certaines classes s'ajoutent soit l'eau et la végétation submergée qui ne font pas partie de la classification

des habitats d'oiseaux palustres puisque ceux-ci ne nichent pas dans cette section du gradient de milieux humides. Dans leur étude, Turgeon *et al.* (2004) distinguent une classe de marais profond à vagues qui possède des espèces végétales, tels les scirpes, des plantes robustes bien adaptées à ces conditions de stress mécaniques. Une classe de prairies humides anthropiques se distingue des prairies humides naturelles situées à la hauteur des marécages arborés. Ces prairies seraient associées à des terres agricoles abandonnées qui ont été rapidement colonisées par des espèces végétales agressives tel le Phalaris roseau. Cette classe de milieux humides pourrait correspondre à notre classe de prairie humide qui est dominée par le *Phalaris arundinacea* et le *Calamagrostis canadensis*.

Une dernière classification des milieux humides du tronçon fluvial du Saint-Laurent, a été élaborée par Hudon *et al.* (2005, 2006) pour l'étude historique des changements de distribution des communautés herbacées de milieux humides. Les communautés correspondantes sont au nombre de 9 qui vont de l'herbier aquatique jusqu'à la prairie humide, soit une classe d'herbier aquatique, deux classes de marais profond, trois classes de marais peu profond et trois classes de praires humides. Ces classes ont été distinguées sur la base de leur composition floristique. L'analyse de gradient étant faite à une échelle beaucoup plus fine (quadrat de 1 mètre par 2 mètres), il est normal de retrouver plus de classes d'habitats. Par ailleurs, contrairement aux autres études, des classes de transition ont été définies soit deux classes de transition entre la prairie humide et le marais peu profond; l'une de prairie annuelle et l'autre de vasière, un substrat dénudé de végétation.

Lorsqu'on compare les espèces végétales présentes à travers les divers groupements, on remarque beaucoup de similarités, certains légers décalages, mais la plupart du temps, on constate une très bonne correspondance entre les quatre typologies développées pour des niveaux de perception différents. La différence de perspective apporte une valeur ajoutée à notre étude en caractérisant à une échelle plus vaste, une hétérogénéité très importante pour la faune et qui échappe habituellement aux autres études botaniques faites à des échelles plus fines et pour lesquelles l'emphase est mise sur des zones homogènes de végétation.



	MP	MPP	TE	PH	TG	TA	MUF	MAO	MAF	FH
CLASSIFICATION CARTOGRAPHIE										
CLASSIFICATION HABITAT D'OISEAUX	Scirpus lacustris Bolboschoenus fluviatilis Typha sp. Eleocharis smallii	Typha sp. Butomus umbellatus Sparganium eurycarpum Acorus calamus	Typha sp. Butomus umbellatus Equisetum sp.	Phalaris arundinacea Calamagrostis canadensis Carex sp.	Phalaris arundinacea Carex sp. Calamagrostis canadensis Poa pratensis	Alnus incana Salix sp. Spiraea latifolia	Alnus incana Salix sp. Cornus stolonifera Cephalanthus occidentalis		Acer saccharinum Fraxinus pensylvanica Salix sp. Populus deltoides Acer rubrum Ulmus americana	Fraxinus pensylvanica Populus deltoides
CLASSIFICATION HYDROLOGIE			Salix sp. Myrica gale Alnus incana Cephalanthus occidentalis Cornus stolonifera		Salix sp. Cornus stolonifera Spiraea latifolia Alnus incana	Calamagrostis canadensis Carex sp. Typha sp.				

	EAU SUB	MPV	MP	MPP	PH	MARBU	MARBO	PH_A	FORET
CLASSIFICATION HYDROLOGIE	Vallisneria americana Potamogeton richardsonii Myriophyllum spicatum	Scirpus lacustris Scirpus americanus Bolboschoenus fluviatilis	Zizania aquatica Sagittaria sp. Bolboschoenus fluviatilis	Bolboschoenus fluviatilis Typha sp. Potentilla palustris Sparganium eurycarpum	Glyceria grandis Leersia oryzoides Phalaris arundinacea	Salix eriocephala Salix petiolaris Cephalanthus occidentalis Salix nigra	Acer saccharinum Fraxinus pensylvanica Onoclea sensibilis Impatiens capensis	Phalaris arundinacea Calamagrostis canadensis Lythrum salicaria Salix sp.	Acer rubrum Populus deltoides Abies balsamea

	7	5	4	6	8	9	3	2	1
CLASSIFICATION HEPA - FLORISTIQUE	Elodea canadensis Myriophyllum sp. Potamogeton richardsonii	Scirpus lacustris Nymphaeaodorata Nuphar variegata Myriophyllum sp.	Scirpus lacustris Myriophyllum sp.	Schoenoplectus pungens Eleocharis smallii	Bolboschoenus fluviatilis Typha sp. Scirpus lacustris	Typha sp. Phragmites australis	Typha sp. Polygonum sp. Leersia oryzoides	Phalaris arundinacea Polygonum sp. Bolboschoenus fluviatilis	Phalaris arundinacea Lythrum salicaria

Codes
EAU SUB: Eau et plantes submergées
MP: Marais profond
MPV: Marais profond à vagues
MPP: Marais peu profond
TE: Tachetaie à émergentes
PH: Prairie humide
PH_A: Prairie humide anthropique
TG: Tachetaie à graminée
TA: Tachetaie arbustive
MUF et MARBU: Marécage arbustif
MAO: Marécage arboré ouvert
MAF: Marécage arboré fermé
MARBO: Marécage arboré
FH: Forêt humide
FORET: Forêt
1: Prairie humide
2: Prairie annuelle
3: Vasière
4: Marais dispersé
5: Marais ouvert avec plantes flottantes
6: Marais mélangé à émergentes à feuilles étroites
7: Végétation aquatique submergée
8: Marais dense à émergentes robutes
9: Marais fermé à plantes envahissantes

Figure 8 Comparaison des classifications botaniques

Références

Albert, D.A. et L.D. Minc. 2004. Plants as regional indicators of Great Lakes coastal wetland health. Aquatic Ecosystem Health and Management. 7: 233-247.

Blackburn, T.M. et K.J. Gaston. 2002. Scale in macroecology. Global Ecology and Biogeography 11: 185-189.

Bramson, M.J., T. Cox et R. Durrett. 1998. A spatial model for the abundance of species. Annals of probabilities, 26: 658-709.

Brisson, J., A. Cogliastro et M. Robert. 2006. Controlling speckled alder (Alnus incana ssp. rugosa) invasion in a wetland reserve of southern Quebec . Natural Areas Journal. Sous presse.

Crozier, G.E. et G.J. Niemi. 2003. Using patch and landscape variables to model bird abundance in a naturally heterogeneous landscape. Canadian Journal of Zoology. 81: 441-452.

DesGranges, J.-L., J. Ingram, D. Borcard, P. Agin, C. Savage et B. Drolet. 2003. Development of wetland bird assemblage predictive models and performance indicators for use in the environmental assessment of Lake Ontario and St. Lawrence River alternative water regulation plans. Year 2 (2002-03) Interim Report submitted to the International Joint Commission and the Environmental Technical Working Group.

DesGranges, J.-L., J. Ingram, B. Drolet, C. Savage, J. Morin, et D. Borcard. 2005. Wetland Bird Response to Water Level Changes in the Lake Ontario - St. Lawrence River Hydrosystem, Final Report to the International Joint Commission in Support of the International Lake Ontario – St. Lawrence River Water Regulation Review Study. Canadian Wildlife Service, Québec and Ontario Regions. Environment Canada. Unpublished Report xiv + 132 pp. (including 4 enclosures and 14 appendices).

DesGranges, J.-L., J. Ingram, B. Drolet, C. Savage, J. Morin et D. Borcard. 2006. Modelling the wetland bird response to water level changes in the Lake Ontario - St. Lawrence River hydrosystem. Environmental Monitoring & Assessment. Special Issue « Canada's Ecosystem Initiatives ».DOI : 10.1007/S10661-005-9087-3 Sous presse.

Dony, J.G. 1963. The expectation of plant records from prescribed areas. Watsonia 5: 377-385.

Euliss, N.H., Jr., J.W. LaBaugh, L.H. Frederickson, D.M. Mushet, M.K. Laubhan, G.A. Swanson, T.C. Winter, D.O.Rosenberry et R.D. Nelson. 2004. The wetlands continuum : a conceptual framework for interpreting biological studies. Wetlands 24: 448-458.

French, D.D. et N. Picozzi. 2002. Functional groups of bird species, biodiversity and landscapes in Scotland. Journal of Biogeography. 29: 231-259.

Frochot, B. et J. Roché. 2000. Les fonctions des zones humides pour les oiseaux, *In* Fustec, É., Lefeuvre réd), 'Les fonctions et valeurs des zones humides', Industries et Techniques, Série Environnement, Dunod, Paris, France. pp. 261-276.

Hudon, C., P. Gagnon, J.-P. Amyot, G. Létourneau, M. Jean, C. Plante, D. Rioux et M. Deschênes. 2005. Historical changes in herbaceous wetland distribution induced by hydrological conditions in Lake Saint-Pierre (St. Lawrence River, Quebec, Canada). Hydrobiologia 539: 205-224.

Hudon, C., D. Wilcox et J. Ingram. 2006. Modeling wetland plant community response to assess water-level regulation scenarios in the Lake Ontario-St.-Lawrence River Bassin. Environmental Monitoring & Assessment. Special Issue « Canada's Ecosystem Initiatives ».DOI:10.1007/S10661-005-9086-4 Sous presse.

Jean, M. et A. Bouchard. 1991. Temporal changes in wetlands landscapes of a section of the St. Lawrence River, Canada. Environmental Management 15: 241-250.

Jean, M., G. Létourneau, C. Lavoie et F. Delisle. 2002. Les milieux humides et les plantes exotiques en eau douce. Environnement Canada – Région du Québec, Centre Saint-Laurent, et Université Laval, Centre de recherche en aménagement et développement. Fiche d'information de la collection « Suivi de l'état de l'environnement ».

Lack, D. 1969. The number of bird species on islands. Bird Study 16: 193-209.

Lavoie, C., M. Jean, F. Delisle et G. Létourneau. 2003. Exotic plant species of the St Lawrence River wetlands : a spatial and historical analysis. Journal of Biogeography 30: 537-549.

MacArthur, R.H. et J.W. MacArthur. 1961. On bird species diversity. Ecology 42: 594-598.

MacArthur, R.H. et E.O. Wilson. 1967. The theory of island biogeography, Princeton, University Press, New Jersey.

McGarigal, K., et B.J. Marks. 1995. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure, General Technical Report PNW-GTR-351, USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland, Oregon, USA.

Merriam, G. 1988. Landscape ecology: the ecology of heterogeneous systems. *In* M. R. Moss (ed). Landscape ecology and management: Proceedings of the first symposium of the canadian society for landscape ecology and management: University of Guelph, May 1987. Montreal, Canada.

Morin, J., O. Champoux, S. Martin et K. Turgeon. 2005. Modélisation intégrée de la réponse de l'écosystème dans le fleuve Saint-Laurent: Rapport final des activités entreprises dans le cadre du Plan d'étude sur la régularisation du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent', Rapport scientifique- RS-108, Environnement Canada, SMC-Hydrologie, Sainte-Foy, 139 pp.

Riffel, S. K., B. E. Keas et T.M. Burton. 2001. Area and habitat relationships in Great Lakes coastal wet meadows. Wetlands 21: 492-507.

Riffell, S. K., B. E. Keas et T.M. Burton. 2003. Birds in North American Great Lakes coastal wet meadows: Is landscape context important?, Landscape Ecology 18: 95-111.

Saab, V. 1999. Importance of spatial scale to habitat use by breeding birds in riparian forests: a hierarchical analysis, Ecological Applications 9: 135-151.

Simpson, E.H. 1949. Measurement of diversity. Nature 163: 688.

Sluis, W. et J. Tandarich. 2004. Siltation and hydrologic regime determine species composition in herbaceous floodplain communities. Plant Ecology 173: 115-124.

Steen, D. et J.P. Gibbs. 2002. Interactions among waterbird diversity, wetland characteristics, and water-level management in the lake Ontario / St.Lawrence river region. Final report. College of Environmental Science and Forestry, State University of New York, Syracuse, NY. 83 p.

Tews, J., U. Brose, V. Grimm, K. Tielbörger, M.C. Wichmann, M. Schwager et F. Jeltsch. 2004. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. Journal of Biogeography 31: 79-92.

Triantis K.A., M. Mylonas, K. Lika et K. Vardinoyannis. 2003. A model for the species-area-habitat relationship. Journal of Biogeography 30: 19-27.

Turgeon, K., O. Champoux, S. Martin et J. Morin. 2004. Modélisation des milieux humides de la plaine inondable du lac Saint-Pierre au lac Saint-Louis. Rapport scientifique RS-104, Service météorologique du Canada.

Watson, H.C. 1835. Remarks on the geographical distribution of British plants. London.

Weber, D., U. Hintermann et A. Zangger. 2004. Scale and trends in species richness: considerations for monitoring biological diversity for political purposes. Global Ecology and Biogeography. 13: 97-104.

White, J.D., E. Haber et C. Keddy. 1993. Plantes envahissantes des habitats naturels du Canada. Service Canadien de la Faune, Environnement Canada, Ottawa, Canada, 136 p.

Whited, D., Galatowitsch, S., Tester, J. R., Schik, K., Lehtinen, R. et Husveth. 2000. Landscape and Urban Planning 49: 49-65.

Wiens, J.A., J.T. Rotenberry et B. Van Horne. 1987. Habitat occupancy patterns of North American shrub-steppe birds: The effect of spatial scale. Oikos 48: 132-147.

Wilcox, D.A. 2004. Implications of hydrologic variability on the succession of plants in Great Lakes wetlands. Aquatic Ecosystems Health & Management 7: 223-231.