

Changements dans les milieux humides du fleuve Saint-Laurent de 1970 à 2002

Monitoring et surveillance de la qualité de l'eau au Québec
Direction générale des sciences et de la technologie
Environnement Canada



Changements dans les milieux humides du fleuve Saint-Laurent de 1970 à 2002

Martin Jean et Guy Létourneau

Rapport technique numéro 511
Janvier 2011
Monitoring et surveillance de la qualité de l'eau
Région du Québec

Direction générale des sciences et de la technologie
Environnement Canada

Catalogage avant publication de Bibliothèque et Archives Canada

Changements dans les milieux humides du fleuve Saint-Laurent de 1970 à 2002.

Also available in English under the title:

Changes to the wetlands of the St. Lawrence River from 1970 to 2002.

ISBN 978-1-100-94147-9

N° de cat. : En154-59/2010F

1. Zones humides--Saint-Laurent, Région du. 2. Environnement
--Surveillance--Saint-Laurent, Région du. I. Canada. Environnement Canada

QH541.5 M3 C4214 2011

333.91'809714

C2010-980086-9

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

On demande seulement :

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

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

Le présent rapport peut être cité de la façon suivante :

Jean, Martin, et Guy Létourneau. 2011. *Changements dans les milieux humides du fleuve Saint-Laurent de 1970 à 2002*, Environnement Canada, Direction générale des sciences et de la technologie, Monitoring et surveillance de la qualité de l'eau au Québec, Rapport technique numéro 511, 302 pages.

Vous pouvez vous procurer un exemplaire de ce rapport en écrivant à l'adresse suivante :

Monitoring et surveillance de la qualité de l'eau au Québec, Direction générale des sciences et de la technologie, Environnement Canada, 105, rue McGill, 7^e étage, Montréal (Québec), H2Y 2E7

Ou par courriel auprès des auteurs : martin.jean@ec.gc.ca, guy.letourneau@ec.gc.ca

Photos de la page couverture : © Martin Jean, EC

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

Perspective de gestion

Ce rapport est publié dans le cadre du Plan d'action Saint-Laurent et du Programme Suivi de l'état du Saint-Laurent.

La Politique fédérale sur la conservation des terres humides approuvée en 1991 est un des outils dont se sert le Canada pour respecter son engagement face aux directives d'utilisation rationnelle des terres humides sur les terres publiques fédérales. Elle souscrit aux principes qui comprennent, entre autres, de ne permettre aucune perte nette des fonctions des terres humides dans toutes les terres et les eaux fédérales, et ce, par l'atténuation de tous les effets de l'aménagement lié à ces terres humides et par l'amélioration et le rétablissement des terres humides dans les zones où les pertes ou la dégradation continues des terres humides ou de leurs fonctions ont atteint des niveaux critiques. Les approches permettant la mise en œuvre de la politique incluent la réalisation d'inventaires et l'évaluation de l'état des milieux humides, dont le présent document fait état pour le Saint-Laurent.

Les milieux humides sont l'objet de préoccupations constantes de la part des chercheurs, des décideurs et des usagers du Saint-Laurent. L'un des premiers indices permettant de suivre l'état des milieux humides est leur superficie. L'analyse présentée dans les pages qui suivent dresse le portrait des changements de superficie et de végétation des milieux humides de certains secteurs clés, observés entre les années 1970 et 2002, et procure un élément essentiel pour faire le suivi de sa dynamique.

Management Perspective

This document is published as part of the federal–provincial St. Lawrence Action Plan and the Monitoring of the State of the St. Lawrence River Monitoring Program.

Approved in 1991, the Federal Policy on Wetland Conservation is one of the tools used by Canada to meet its commitment to ensure the wise use of wetlands on federal Crown land. The federal policy subscribes to a number of principles, including no net loss of wetland functions on all federal lands and waters, which it applies by mitigating the effects of development related to these wetlands and by enhancing and rehabilitating wetlands in areas where the continued loss and degradation of wetlands or their functions have reached critical levels. The approaches used to implement the policy include the conduct of wetland inventories and evaluations of wetland status, of which the present report on the St. Lawrence is an example.

Wetlands are an ongoing concern for researchers, decision makers and users of the St. Lawrence River. The surface area occupied by wetlands is an indicator of primary importance for tracking wetland status. The present report presents a portrait of the changes in wetland area and vegetation composition observed in certain key areas along the St. Lawrence between the 1970s and 2002 and provides an essential means for monitoring wetland dynamics.

Remerciements

Nous tenons à remercier la Commission mixte internationale pour son apport financier dans l'acquisition d'images IKONOS et pour l'embauche d'assistants en télédétection. Cette cartographie n'aurait pas été possible sans cette aide substantielle.

Nous remercions aussi Jean-Luc Desgranges et Caroline Savage (Environnement Canada) pour l'accès à leurs données de terrain des années 2002 et 2003.

Les travaux de terrain ont été grandement facilités grâce à Caroline Savage, Fanny Delisle, Jean-François Jetté, Mélanie Falardeau et Sabina Tigges qui ont fourni une aide essentielle et précieuse dans la réalisation des travaux de terrain. Sonya Banal, François Boudreault et Caroline Savage ont géré et analysé, avec adresse et beaucoup de patience, les données de ce projet. Nous remercions également Christiane Hudon et son équipe pour les données de terrain prélevées dans la zone de tir de la Défense nationale, le long de la rive sud du lac Saint-Pierre.

Enfin, nous exprimons notre gratitude à Sylvie de Blois et Christiane Hudon qui ont révisé ce document.

Résumé

Le présent exercice vise principalement à contribuer au Programme Suivi de l'état du Saint-Laurent par la mise en place d'un suivi récurrent des milieux humides du fleuve Saint-Laurent. Son objectif est de surveiller l'évolution de la superficie des milieux humides, de rendre compte de la dynamique de ces milieux et de mettre en lumière le résultat des pressions récentes qui s'exercent sur ces écosystèmes d'importance.

Ce projet s'inspire d'importants travaux publiés qui visaient à comptabiliser les pertes en milieux humides survenues le long du fleuve Saint-Laurent (Groupe Dryade, 1981; Environnement Canada, 1985; Robitaille *et al.*, 1988; Marquis *et al.*, 1991; Gosselin, 2003).

Nous avons réussi à comparer les résultats antérieurs aux données les plus récentes. Nous avons harmonisé les légendes des cartographies publiées par le Groupe Dryade (1980) et Létourneau et Jean (2005, 2006a, 2006b, 2006c), et nous avons documenté la dynamique des marais et des marécages entre les années 1970 et 2000-2002. Nos résultats montrent que la dynamique des milieux humides durant la période entre les années 1970 et 2000-2002 est très différente de celle enregistrée entre 1945 et les années 1970. Plus précisément, la superficie des marais et marécages (excluant les eaux peu profondes) a légèrement augmenté entre 1990-1991 et 2000-2002. Ainsi, ces milieux occupaient 28 228 hectares (ha) en 1990-1991 et 28 992 ha en 2000-2002, une augmentation de 764 ha ou 2,7 p. 100. Les résultats sectoriels montrent cependant des dynamiques différentes. Des pertes nettes de milieux humides sont observées dans le secteur Montréal-Longueuil de même qu'au lac Saint-Pierre. À l'opposé, d'importants gains sont enregistrés dans l'estuaire fluvial, le moyen estuaire et une partie de l'estuaire maritime.

Ce travail met en lumière la grande dynamique des faciès des milieux humides du Saint-Laurent où plusieurs facteurs, dont les niveaux de l'eau et les marées, peuvent avoir un effet important sur l'estimation des superficies. Par ailleurs, de nombreux changements survenus au sein même des milieux humides renforcent l'image dynamique de ces écosystèmes. On remarque dans plusieurs secteurs du fleuve une tendance vers l'assèchement relatif des milieux humides. Bien que cette tendance puisse être naturelle, il nous est permis d'émettre l'hypothèse que la

baisse des niveaux d'eau enregistrée durant les dix dernières années, ainsi que l'eutrophisation, aient pu avoir un effet accélérateur sur ce phénomène.

Le constat des dix dernières années nous semble encourageant. Les efforts de conservation et de restauration, réalisés le long du Saint-Laurent par de multiples organisations, ont porté des fruits. Parmi ceux-ci, la création, le long du Saint-Laurent, des réserves nationales de faune et des refuges d'oiseaux migrateurs a marqué une étape déterminante dans la préservation des milieux humides. Cela ne diminue en rien, toutefois, le constat que les milieux humides subissent encore d'importantes pressions. La vigilance est de rigueur et seul un engagement à long terme de poursuivre un tel suivi pourra fournir de l'information permettant de statuer en la matière et d'orienter les actions.

Abstract

The main aim of the present work is to support the Monitoring the State of the St. Lawrence Program by laying the groundwork for recurring monitoring of the wetlands along the St. Lawrence River. More specifically, this involves monitoring changes in wetland area, examining wetland dynamics, and identifying the outcome of recent pressures on these significant ecosystems.

The analysis draws on large-scale published studies aimed at taking stock of the wetland losses along the St. Lawrence River (Groupe Dryade 1981; Environment Canada 1985; Robitaille et al. 1988; Marquis et al. 1991; Gosselin 2003).

We were able to compare the results obtained earlier to the most recent data. We harmonized the legends of the maps published by Groupe Dryade (1980) and by Létourneau and Jean (2005, 2006a, 2006b, 2006c), and we documented marsh and swamp dynamics between the 1970s and 2000–2002. Our results show that wetland dynamics of the period from the 1970s to 2000–2002 are very different from the situation observed between 1945 and the 1970s. More specifically, the area of marshes and swamps (excluding shallow water areas) increased slightly between 1990–1991 and 2000–2002. These environments occupied an area of 28 228 hectares (ha) in 1990–1991 compared with 28 992 ha in 2000–2002, which represents an increase of 764 ha or 2.7%. The sector-by-sector results provide a different picture of wetland dynamics, however. Net losses were observed in the Montréal-Longueuil area as well as around Lake Saint-Pierre. In contrast, significant gains were recorded in the fluvial estuary, the upper estuary and part of the lower estuary.

This report provides an overview of the dynamics of the different components of the St. Lawrence wetlands and shows that several factors, including water levels and tides, can have a major effect on estimates of wetland area. Many changes occurring within the river's wetlands underscore the dynamic character of these ecosystems. In several sectors along the St. Lawrence, there is a drying trend within wetlands. Although this may be a natural trend, we can postulate that the drop in water levels recorded over the past 10 years, as well as eutrophication, may have accelerated this phenomenon.

The findings of the past decade appear encouraging. Conservation and restoration efforts carried out along the St. Lawrence by many different organizations have borne fruit. For example, the creation of national wildlife areas and migratory bird sanctuaries along the river has played a key role in the preservation of wetlands. However, this does not detract from the finding that the wetlands still face strong pressures. Continued vigilance is in order, and only through long-term commitment to continuing this monitoring effort can we secure the information needed to guide decision making and actions.

Table des matières

1	INTRODUCTION	1
2	TERRITOIRE A L'ETUDE	2
3	MATERIEL ET METHODES	5
3.1	Cartographies utilisées	5
3.1.1	Habitats propices aux oiseaux migrateurs	5
3.1.2	Cartographie par télédétection des milieux humides du Saint-Laurent (1990-1991)	8
3.1.3	Cartographie par télédétection des milieux humides du Saint-Laurent (1996-1997)	10
3.1.4	Cartographie par télédétection des milieux humides du Saint-Laurent (2000 et 2002)	12
3.2	Analyse des données	15
3.2.1	Recodification des données cartographiques	15
3.3	Analyse cartographique	23
4	RESULTATS	31
4.1	Généralités	31
4.2	Lac Saint-François	33
4.2.1	Évolution générale entre 1990-1991 et 2000-2002	34
4.2.2	Évolution partielle entre 1970-1978 et 1990-1991	36
4.2.3	Évolution partielle entre 1990-1991 et 1996-1997	40
4.2.4	Évolution partielle entre 1996-1997 et 2000-2002	43
4.3	Valleyfield-Beauharnois	46
4.3.1	Évolution générale entre 1990-1991 et 2000-2002	47
4.4	Lac Saint-Louis	50
4.4.1	Évolution générale entre 1990-1991 et 2000-2002	51
4.4.2	Évolution partielle entre 1970-1978 et 1990-1991	54
4.4.3	Entre 1990-1991 et 1996-1997	58
4.4.4	Évolution partielle entre 1996-1997 et 2000-2002	61
4.5	Bassins de La Prairie	64
4.5.1	Évolution générale entre 1990-1991 et 2000-2002	64
4.6	Montréal-Longueuil	66
4.6.1	Évolution générale entre 1990-1991 et 2000-2002	66

4.6.2	Évolution partielle entre 1970-1978 et 1990-1991	70
4.6.3	Évolution partielle entre 1990-1991 et 1996-1997	73
4.6.4	Évolution partielle entre 1996-1997 et 2000-2002	76
4.7	Varennes-Contrecœur	80
4.7.1	Évolution générale entre 1990-1991 et 2000-2002	81
4.7.2	Évolution partielle à l'île Sainte-Thérèse et aux îles de Varennes	84
4.7.2.1	Entre 1970-1978 et 1990-1991	84
4.7.2.2	Entre 1990-1991 et 1996-1997	87
4.7.2.3	Entre 1996-1997 et 2000-2002	90
4.7.3	Évolution partielle à Contrecœur	94
4.7.3.1	Entre 1970-1978 et 1990-1991	94
4.7.3.2	Entre 1990-1991 et 1996-1997	97
4.7.3.3	Entre 1996-1997 et 2000-2002	100
4.8	Lac Saint-Pierre	103
4.8.1	Évolution générale entre 1990-1991 et 2000-2002	104
4.8.2	Évolution partielle entre 1970-1978 et 1990-1991	109
4.8.3	Évolution partielle entre 1990-1991 et 1996-1997	113
4.8.4	Évolution partielle entre 1996-1997 et 2000-2002	117
4.9	Estuaire fluvial	121
4.9.1	Évolution générale entre 1990-1991 et 2000-2002	122
4.9.2	Évolution partielle entre 1970-1978 et 1990-1991	125
4.9.3	Évolution partielle entre 1990-1991 et 1996-1997	128
4.9.4	Évolution partielle entre 1996-1997 et 2000-2002	132
4.10	Québec-Lévis	135
4.10.1	Évolution générale entre 1990-1991 et 2000-2002	135
4.10.2	Évolution partielle entre 1970-1978 et 1990-1991	137
4.10.3	Évolution partielle entre 1990-1991 et 1996-1997	141
4.10.4	Évolution partielle entre 1996-1997 et 2000-2002	145
4.11	Moyen Estuaire	148
4.11.1	Évolution générale entre 1990-1991 et 2000-2002	149
4.11.2	Évolution partielle au cap Tourmente	153
4.11.2.1	Entre 1970-1978 et 1990-1991	153
4.11.2.2	Entre 1990-1991 et 1996-1997	157
4.11.2.3	Entre 1996-1997 et 2000-2002	161
4.11.3	Évolution partielle à Kamouraska	164
4.11.3.1	Entre 1970-1978 et 1990-1991	164
4.11.3.2	Entre 1990-1991 et 1996-1997	167

4.11.3.3	Entre 1996-1997 et 2001-2002	167
4.12	Estuaire maritime	170
4.12.1	Évolution générale entre 1990-1991 et 2000-2002	170
5	DISCUSSION : UNE ESQUISSE HISTORIQUE RECENTE	174
5.1	De 1945 à 1990 : d'importants bouleversements dans les milieux humides	174
5.1.1	Le lac Saint-François : un secteur unique	175
5.1.2	Valleyfield-Beauharnois : un secteur totalement artificialisé	175
5.1.3	Le lac Saint-Louis : une plaine d'inondation empiétée	176
5.1.4	Les bassins de La Prairie : un secteur encore mal inventorié	176
5.1.5	Montréal-Longueuil : un secteur appauvri	177
5.1.6	Varenes-Contreccœur : un secteur en mouvement	177
5.1.7	Le lac Saint-Pierre : le cœur des milieux humides du Saint-Laurent	178
5.1.8	L'estuaire fluvial : l'influence grandissante des marées	179
5.1.9	Québec-Lévis : un secteur très dynamique	179
5.1.10	Le moyen estuaire : de l'eau douce à l'eau salée	180
5.1.11	L'estuaire maritime : une couverture très partielle	181
5.2	De 1990 à 2002 : une certaine stabilisation	181
5.2.1	Lac Saint-François	181
5.2.2	Valleyfield-Beauharnois	182
5.2.3	Lac Saint-Louis	182
5.2.4	Bassins de La Prairie	182
5.2.5	Montréal-Longueuil	183
5.2.6	Varenes-Contreccœur	183
5.2.7	Lac Saint-Pierre	183
5.2.8	Estuaire fluvial	184
5.2.9	Québec-Lévis	184
5.2.10	Moyen estuaire	185
5.2.11	Estuaire maritime	185
6	CONCLUSION	186
	REFERENCES	188
	ANNEXES	193
1	Milieux humides du lac Saint-François en 1990-1991	194
2	Milieux humides du lac Saint-François en 2000-2002	195
3	Milieux humides de la portion du lac Saint-François analysée en 1970-1978	196
4	Milieux humides de la portion du lac Saint-François analysée en 1990-1991	197

5	Milieux humides de la portion du secteur du lac Saint-François analysée en 1996-1997	198
6	Milieux humides de la portion du lac Saint-François analysée en 2000-2002	199
7	Pertes et gains non retenus pour le lac Saint-François	200
8	Résultats des analyses de concordance Kappa pour le lac Saint-François	206
9	Milieux humides du secteur Valleyfield-Beauharnois en 1990-1991	207
10	Milieux humides du secteur Valleyfield-Beauharnois en 2000-2002	208
11	Pertes et gains non retenus pour Valleyfield-Beauharnois	209
12	Résultats des analyses de concordance Kappa pour le secteur Valleyfield-Beauharnois	210
13	Milieux humides du lac Saint-Louis en 1990-1991	211
14	Milieux humides du lac Saint-Louis en 2000-2002	212
15	Milieux humides de la portion du lac Saint-Louis analysée en 1970-1978	213
16	Milieux humides de la portion du lac Saint-Louis analysée en 1990-1991	214
17	Milieux humides de la portion du lac Saint-Louis analysée en 1996-1997	215
18	Milieux humides de la portion du lac Saint-Louis analysée en 2000-2002	216
19	Pertes et gains non retenus pour le lac Saint-Louis	217
20	Résultats des analyses de concordance Kappa pour le lac Saint-Louis	220
21	Milieux humides du secteur des bassins de La Prairie en 1990-1991	221
22	Milieux humides du secteur des bassins de La Prairie en 2000-2002	222
23	Résultats des analyses de concordance Kappa pour le secteur des bassins de La Prairie	223
24	Milieux humides du secteur Montréal-Longueuil en 1990-1991	224
25	Milieux humides du secteur Montréal-Longueuil en 2000-2002	225
26	Milieux humides de la portion du secteur Montréal-Longueuil analysée en 1970-1978	226
27	Milieux humides de la portion du secteur Montréal-Longueuil analysée en 1990-1991	227
28	Milieux humides de la portion du secteur Montréal-Longueuil analysée en 1996-1997	228
29	Milieux humides de la portion du secteur Montréal-Longueuil analysée en 2000-2002	229
30	Pertes et gains non retenus pour le secteur Montréal-Longueuil	230
31	Résultats des analyses de concordance Kappa pour le secteur Montréal-Longueuil	233
32	Milieux humides du secteur Varennes-Contreccœur en 1990-1991	234
33	Milieux humides du secteur Varennes-Contreccœur en 2000-2002	235
34	Milieux humides du sous-secteur de l'île Sainte-Thérèse et des îles de Varennes analysé en 1970-1978	236
35	Milieux humides du sous-secteur de l'île Sainte-Thérèse et des îles de Varennes analysé en 1990-1991	237
36	Milieux humides du sous-secteur de l'île Sainte-Thérèse et des îles de Varennes analysé en 1996-1997	238
37	Milieux humides du sous-secteur de l'île Sainte-Thérèse et des îles de Varennes analysé en 2000-2002	239
38	Milieux humides du sous-secteur de l'archipel de Contreccœur analysé en 1970-1978	240

39	Milieux humides du sous-secteur de l'archipel de Contrecoeur analysé en 1990-1991	241
40	Milieux humides du sous-secteur de l'archipel de Contrecoeur analysé en 1996-1997	242
41	Milieux humides du sous-secteur de l'archipel de Contrecoeur analysé en 2000-2002	243
42	Pertes et gains non retenus pour le secteur Varennes-Contrecoeur	244
43	Résultats des analyses de concordance Kappa pour le secteur Varennes-Contrecoeur	247
44	Milieux humides du lac Saint-Pierre en 1990-1991	249
45	Milieux humides du lac Saint-Pierre en 2000-2002	250
46	Milieux humides de la portion du lac Saint-Pierre analysée en 1970-1978	251
47	Milieux humides de la portion du lac Saint-Pierre analysée en 1990-1991	252
48	Milieux humides de la portion du lac Saint-Pierre analysée en 1996-1997	253
49	Milieux humides de la portion du lac Saint-Pierre analysée en 2000-2002	254
50	Pertes et gains pour le lac Saint-Pierre	255
51	Résultats des analyses de concordance Kappa pour le lac Saint-Pierre	258
52	Milieux humides de l'estuaire fluvial en 1990-1991	259
53	Milieux humides de l'estuaire fluvial en 2000-2002	260
54	Milieux humides de la portion de l'estuaire fluvial analysée en 1970-1978	261
55	Milieux humides de la portion de l'estuaire fluvial analysée en 1990-1991	262
56	Milieux humides de la portion de l'estuaire fluvial analysée en 1996-1997	263
57	Milieux humides de la portion de l'estuaire fluvial analysée en 2000-2002	264
58	Pertes et gains non retenus pour l'estuaire fluvial	265
59	Résultats des analyses de concordance Kappa pour l'estuaire fluvial	269
60	Milieux humides du secteur Québec-Lévis en 1990-1991	270
61	Milieux humides du secteur Québec-Lévis en 2000-2002	271
62	Milieux humides de la portion du secteur Québec-Lévis analysée en 1970-1978	272
63	Milieux humides de la portion du secteur Québec-Lévis analysée en 1990-1991	273
64	Milieux humides de la portion du secteur Québec-Lévis analysée en 1996-1997	274
65	Milieux humides de la portion du secteur Québec-Lévis analysée en 2000-2002	275
66	Pertes et gains non retenus pour Québec-Lévis	276
67	Résultats des analyses de concordance Kappa pour le secteur Québec-Lévis	279
68	Milieux humides de la portion du moyen estuaire analysée en 1990-1991	280
69	Milieux humides de la portion du moyen estuaire analysée en 2000-2002	281
70	Milieux humides du sous-secteur du cap Tourmente (moyen estuaire) analysé en 1970-1978	282
71	Milieux humides du sous-secteur du cap Tourmente (moyen estuaire) analysé en 1990-1991	283
72	Milieux humides du sous-secteur du cap Tourmente (moyen estuaire) analysé en 1996-1997	284

73	Milieux humides du sous-secteur du cap Tourmente (moyen estuaire) analysé en 2000-2002	285
74	Milieux humides du sous-secteur de Kamouraska (moyen estuaire) analysé en 1970-1978	286
75	Milieux humides du sous-secteur de Kamouraska (moyen estuaire) analysé en 1990-1991	287
76	Milieux humides du sous-secteur de Kamouraska (moyen estuaire) analysé en 1996-1997	288
77	Milieux humides du sous-secteur de Kamouraska (moyen estuaire) analysé en 2000-2002	289
78	Pertes et gains non retenus pour le moyen estuaire	290
79	Résultats des analyses de concordance Kappa pour le moyen estuaire	295
80	Milieux humides de la portion de l'estuaire maritime analysée en 1990-1991	297
81	Milieux humides de la portion de l'estuaire maritime analysée en 2000-2002	298
82	Pertes et gains non retenus pour l'estuaire maritime	299
83	Résultats des analyses de concordance Kappa pour l'estuaire maritime	301

Liste des figures

1	Territoire à l'étude	3
2	Secteurs d'étude du Programme des zones d'intervention prioritaire	4
3	Schéma d'analyse de données cartographiques pour les périodes de 1970-1978 à 2000-2002	23
4	Territoire couvert par l'analyse cartographique pour les périodes de 1970-1978 à 2000-2002.	24
5	Schéma d'analyse de données cartographiques pour la période de 1990-1991 à 2000-2002	25
6	Territoire couvert par l'analyse cartographique pour la période de 1990-1991 à 2000-2002	27
7	Zones d'intérêt identifiées dans les matrices de transition	29
8	Évolution de la superficie totale des milieux humides entre 1970 et 2002	31
9	Matrice de transition pour le lac Saint-François entre 1990-1991 et 2000-2002	35
10	Matrice de transition pour le lac Saint-François entre 1970-1978 et 1990-1991	37
11	Pertes et gains survenus dans les marais et marécages de la portion ouest du lac Saint-François entre 1970-1978 et 1990-1991	38
12	Matrice de transition pour le lac Saint-François entre 1990-1991 et 1996-1997	42
13	Matrice de transition pour le lac Saint-François entre 1996-1997 et 2000-2002	45
14	Matrice de transition pour le secteur Valleyfield-Beauharnois entre 1990-1991 et 2000-2002	48
15	Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du secteur Valleyfield-Beauharnois entre 1990-1991 et 2000-2002	49
16	Matrice de transition pour le lac Saint-Louis entre 1990-1991 et 2000-2002	52
17	Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du lac Saint-Louis entre 1990-1991 et 2000-2002	53
18	Matrice de transition pour le lac Saint-Louis entre 1970-1978 et 1990-1991	56
19	Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du lac Saint-Louis entre 1970-1978 et 1990-1991	57
20	Matrice de transition pour le lac Saint-Louis entre 1990-1991 et 1996-1997	59
21	Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du lac Saint-Louis entre 1990-1991 et 1996-1997	60
22	Matrice de transition pour le lac Saint-Louis entre 1996-1997 et 2000-2002	62

23 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du lac Saint-Louis entre 1996-1997 et 2000-2002	63
24 Matrice de transition pour le secteur des bassins de La Prairie entre 1990-1991 et 2000-2002	65
25 Matrice de transition pour le secteur Montréal-Longueuil entre 1990-1991 et 2000-2002	67
26 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du secteur Montréal-Longueuil entre 1990-1991 et 2000-2002	68
27 Matrice de transition pour le secteur Montréal-Longueuil entre 1970-1978 et 1990-1991	71
28 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du secteur Montréal-Longueuil entre 1970-1978 et 1990-1991	72
29 Matrice de transition pour le secteur Montréal-Longueuil entre 1990-1991 et 1996-1997	74
30 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du secteur Montréal-Longueuil entre 1990-1991 et 1996-1997	75
31 Matrice de transition pour le secteur Montréal-Longueuil entre 1996-1997 et 2000-2002	77
32 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du secteur Montréal-Longueuil entre 1996-1997 et 2000-2002	78
33 Matrice de transition pour le secteur Varennes-Contrecœur entre 1990-1991 et 2000-2002	82
34 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du secteur Varennes-Contrecœur entre 1990-1991 et 2000-2002	83
35 Matrice de transition pour le sous-secteur de l'île Sainte-Thérèse et des îles de Varennes entre 1970-1978 et 1990-1991	85
36 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du sous-secteur de l'île Sainte-Thérèse et des îles de Varennes entre 1970-1978 et 1990-1991	86
37 Matrice de transition pour la zone de l'île Sainte-Thérèse et des îles de Varennes entre 1990-1991 et 1996-1997	88
38 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du sous-secteur de l'île Sainte-Thérèse et des îles de Varennes entre 1990-1991 et 1996-1997	89
39 Matrice de transition pour la zone de l'île Sainte-Thérèse et des îles de Varennes entre 1996-1997 et 2000-2002	92
40 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du sous-secteur de l'île Sainte-Thérèse et des îles de Varennes entre 1996-1997 et 2000-2002	93
41 Matrice de transition pour la zone de Contrecœur entre 1970-1978 et 1990-1991	95
42 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du sous-secteur de Contrecœur entre 1970-1978 et 1990-1991	96
43 Matrice de transition pour la zone de Contrecœur entre 1990-1991 et 1996-1997	98

44 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du sous-secteur de Contrecoeur entre 1990-1991 et 1996-1997	99
45 Matrice de transition pour la zone de Contrecoeur entre 1996-1997 et 2000-2002	101
46 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du sous-secteur de Contrecoeur entre 1996-1997 et 2000-2002	102
47 Matrice de transition pour le lac Saint-Pierre entre 1990-1991 et 2000-2002	105
48 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du lac Saint-Pierre entre 1990-1991 et 2000-2002	106
49 Matrice de transition pour le lac Saint-Pierre entre 1970-1978 et 1990-1991	110
50 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages de la portion du lac Saint-Pierre couverte entre 1970-1978 et 1990-1991	111
51 Matrice de transition pour la portion du lac Saint-Pierre couverte entre 1990-1991 et 1996-1997	114
52 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages de la portion du lac Saint-Pierre couverte entre 1990-1991 et 1996-1997	115
53 Matrice de transition pour la portion du lac Saint-Pierre couverte entre 1996-1997 et 2000-2002	118
54 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages de la portion du lac Saint-Pierre couverte entre 1996-1997 et 2000-2002	119
55 Matrice de transition pour l'estuaire fluvial entre 1990-1991 et 2000-2002	123
56 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages de l'estuaire fluvial entre 1990-1991 et 2000-2002	124
57 Matrice de transition pour la portion de l'estuaire fluvial couverte entre 1970-1978 et 1990-1991	126
58 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages de la portion de l'estuaire fluvial couverte entre 1970-1978 et 1990-1991	127
59 Matrice de transition pour la portion de l'estuaire fluvial couverte entre 1990-1991 et 1996-1997	130
60 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages de la portion de l'estuaire fluvial couverte entre 1990-1991 et 1996-1997	131
61 Matrice de transition pour la portion de l'estuaire fluvial couverte entre 1996-1997 et 2000-2002	133
62 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages de la portion de l'estuaire fluvial couverte entre 1996-1997 et 2000-2002	134
63 Matrice de transition pour le secteur Québec-Lévis entre 1990-1991 et 2000-2002	136
64 Matrice de transition pour la Côte-de-Beaupré entre 1970-1978 et 1990-1991	138

65 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages de la Côte-de-Beaupré entre 1970-1978 et 1990-1991	139
66 Matrice de transition pour la Côte-de-Beaupré entre 1990-1991 et 1996-1997	143
67 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages de la Côte-de-Beaupré entre 1990-1991 et 1996-1997	144
68 Matrice de transition pour la Côte-de-Beaupré entre 1996-1997 et 2000-2002	146
69 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages de la portion du secteur Québec-Lévis couverte entre 1996-1997 et 2000-2002	147
70 Matrice de transition pour la portion du moyen estuaire couverte entre 1990-1991 et 2000-2002	150
71 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages de la portion du moyen estuaire couverte entre 1990-1991 et 2000-2002	151
72 Matrice de transition pour le sous-secteur du cap Tourmente entre 1970-1978 et 1990-1991	155
73 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du sous-secteur du cap Tourmente couvert entre 1970-1978 et 1990-1991	156
74 Matrice de transition pour la zone du cap Tourmente entre 1990-1991 et 1996-1997	159
75 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du sous-secteur du cap Tourmente couvert entre 1990-1991 et 1996-1997	160
76 Matrice de transition pour la zone du cap Tourmente entre 1996-1997 et 2000-2002	162
77 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du sous-secteur du cap Tourmente couvert entre 1996-1997 et 2000-2002	163
78 Matrice de transition pour la zone de Kamouraska entre 1970-1978 et 1990-1991	165
79 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du sous-secteur de Kamouraska entre 1970-1978 et 1990-1991	166
80 Matrice de transition pour la zone de Kamouraska entre 1990-1991 et 1996-1997	168
81 Matrice de transition pour la zone de Kamouraska entre 1990-1997 et 2000-2002	169
82 Matrice de transition pour la portion de l'estuaire maritime couverte entre 1990-1991 et 2000-2002	172
83 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages de la portion de l'estuaire maritime couverte entre 1990-1991 et 2000-2002	173

Liste des tableaux

1	Cartographies utilisées pour l'analyse des changements	5
2	Cartes du Groupe Dryade (1980) numérisées pour la présente étude	7
3	Classes numérisées provenant de la cartographie du Groupe Dryade (1980)	8
4	Secteurs couverts par l'acquisition d'images par télédétection des milieux humides du Saint-Laurent (1990-1991)	9
5	Secteurs couverts par l'acquisition d'images par vidéographie aérienne multispectrale	11
6	Secteurs couverts par l'acquisition d'images MEIS-2000	14
7	Secteurs couverts par l'acquisition d'images IKONOS	14
8	Couvertures cartographiques utilisées dans l'analyse des données	16
9	Correspondance entre la légende du Groupe Dryade (1980) et la légende unifiée	17
10	Correspondance entre la légende des cartographies récentes et la légende unifiée	19
11	Évolution des superficies des milieux humides entre 1990-1991 et 2000-2002	33
12	Indices d'assèchement relatif pour le secteur du lac Saint-François	34
13	Indices d'assèchement relatif pour le secteur Valleyfield-Beauharnois	47
14	Indices d'assèchement relatif pour le secteur du lac Saint-Louis.	50
15	Indices d'assèchement relatif pour le secteur Varennes-Contreccœur	80
16	Indices d'assèchement relatif pour le secteur du lac Saint-Pierre	104
17	Indices d'assèchement relatif pour le secteur de l'estuaire fluvial	121
18	Indices d'assèchement relatif pour le secteur Québec-Lévis	135
19	Indices d'assèchement relatif pour le secteur du moyen estuaire	148
20	Indices d'assèchement relatif pour le secteur de l'estuaire maritime	170

Définitions

Changement progressif. – Changement qui évolue en direction d’une étape suivante de la succession (p. ex., des eaux libres vers un haut marais).

Changement régressif. – Changement qui évolue en direction d’une étape précédente de la succession (p. ex., d’un marécage boisé vers un bas marais).

Eaux peu profondes. – Milieu humide qui fait la transition entre les milieux humides saturés ou imbibés d’eau sur une base saisonnière (c.-à-d. tourbière, marais ou marécages) et les cours d’eau profonds et pérennes ayant habituellement une zone profonde développée (généralement plus de 3 m). Ce type de milieu peut contenir des zones à végétation aquatique submergée et est aussi appelé herbier aquatique.

Marais. – Milieu humide aux eaux peu profondes dont les niveaux changent habituellement sur une base quotidienne, saisonnière ou annuelle et où la végétation présente est dominée par des plantes herbacées. On distingue les bas marais, inondés durant la majorité de la saison de croissance ou durant les marées basses, des hauts marais (y compris les prairies humides), qui sont inondés en période de crues ou seulement durant les hautes marées. Les marais sont dominés par des plantes émergentes.

Marécage. – Milieu humide dominé par des arbustes (marécage arbustif) ou des arbres (marécage arboré).

Milieu humide. – Terre saturée d’eau pendant une période assez longue pour que s’y établissent des processus de milieux humides ou aquatiques : sols mal drainés, végétation hydrophyte et diverses formes d’activités biologiques adaptées à ce milieu.

1 Introduction

La végétation des milieux humides est considérée comme une composante très importante dans l'écosystème fluvial du fleuve Saint-Laurent. Les milieux humides sont des éléments essentiels dans la détermination de l'état de santé du Saint-Laurent et ce, grâce aux différentes fonctions et services écologiques de même qu'aux valeurs qui leur sont attribués.

C'est dans cet esprit qu'un indicateur sur la superficie des milieux humides figure au Programme Suivi de l'état du Saint-Laurent. Il consiste à suivre périodiquement la superficie des milieux humides d'eau douce du fleuve (Centre Saint-Laurent, 1996). Toutefois, des constats sur l'évolution de cet indicateur ont été difficiles à réaliser en raison de l'absence d'une analyse comparative entre les inventaires disponibles (Centre Saint-Laurent, 1996; Quilliam et Millet, 1998). Seuls étaient disponibles une analyse comparative des pertes en superficie de milieux humides survenues avant les années 1970 (Groupe Dryade, 1981; Environnement Canada, 1985), de même qu'un inventaire cumulatif des modifications des habitats du poisson (Robitaille *et al.*, 1988; Marquis *et al.*, 1991) et une cartographie des milieux humides datant de 1990-1991 (Létourneau et Jean, 1996, 2005).

Le présent rapport constitue un complément aux travaux du Groupe Dryade (1980, 1981) et comprend les données les plus récentes disponibles dans le domaine, lesquelles s'échelonnent jusqu'en 2002 (Létourneau et Jean, 2005, 2006a, 2006b). Les inventaires y sont d'abord recodés puis comparés afin de dégager les transformations identifiables. Enfin, une esquisse de la dynamique des milieux humides du Saint-Laurent est proposée afin de mettre à jour le portrait des écosystèmes.

Les noms latins, utilisés dans ce document pour désigner les plantes vasculaires, sont en général tirés de Marie-Victorin (1997).

2 Territoire à l'étude

L'analyse cartographique présentée dans ce document couvre un territoire qui s'étend le long du fleuve Saint-Laurent, de Cornwall au cap Tourmente sur la rive nord et de la Réserve nationale de faune du lac Saint-François, localisée à Dundee, jusqu'à Trois-Pistoles sur la rive sud. La figure 1 présente le territoire à l'étude. Il est à remarquer que dans la région de Montréal, seule la rive sud de l'île a été traitée. Le lac des Deux Montagnes et les rivières des Prairies et des Mille Îles ont été exclus, car ces zones n'étaient pas couvertes par les jeux de données récents (à partir de 1990). Un découpage par zone d'étude, inspiré par les secteurs des zones d'intervention prioritaire, a été choisi afin de traiter l'information par unité de territoire. Ces unités délimitent des régions ayant des caractéristiques biophysiques et socio-économiques relativement homogènes. La figure 2 montre le découpage du fleuve en 13 secteurs d'étude. Comme l'explique Burton (1991) :

« Le but premier de la division du territoire en sous-ensembles est de faciliter la compréhension de phénomènes locaux qui peuvent être associés à des activités humaines locales. Cette division favorise l'identification d'usages et de ressources à proximité des collectivités riveraines...

Tout en portant une attention particulière aux sources locales de détérioration et de contamination du milieu, le programme ZIP vise à mettre en relief les éléments valorisés (usages et ressources) de la zone pour susciter un engagement des partenaires riverains à agir, dans un effort concerté de récupération des usages et de conservation des ressources ainsi que de mise en œuvre de mesures préventives. »

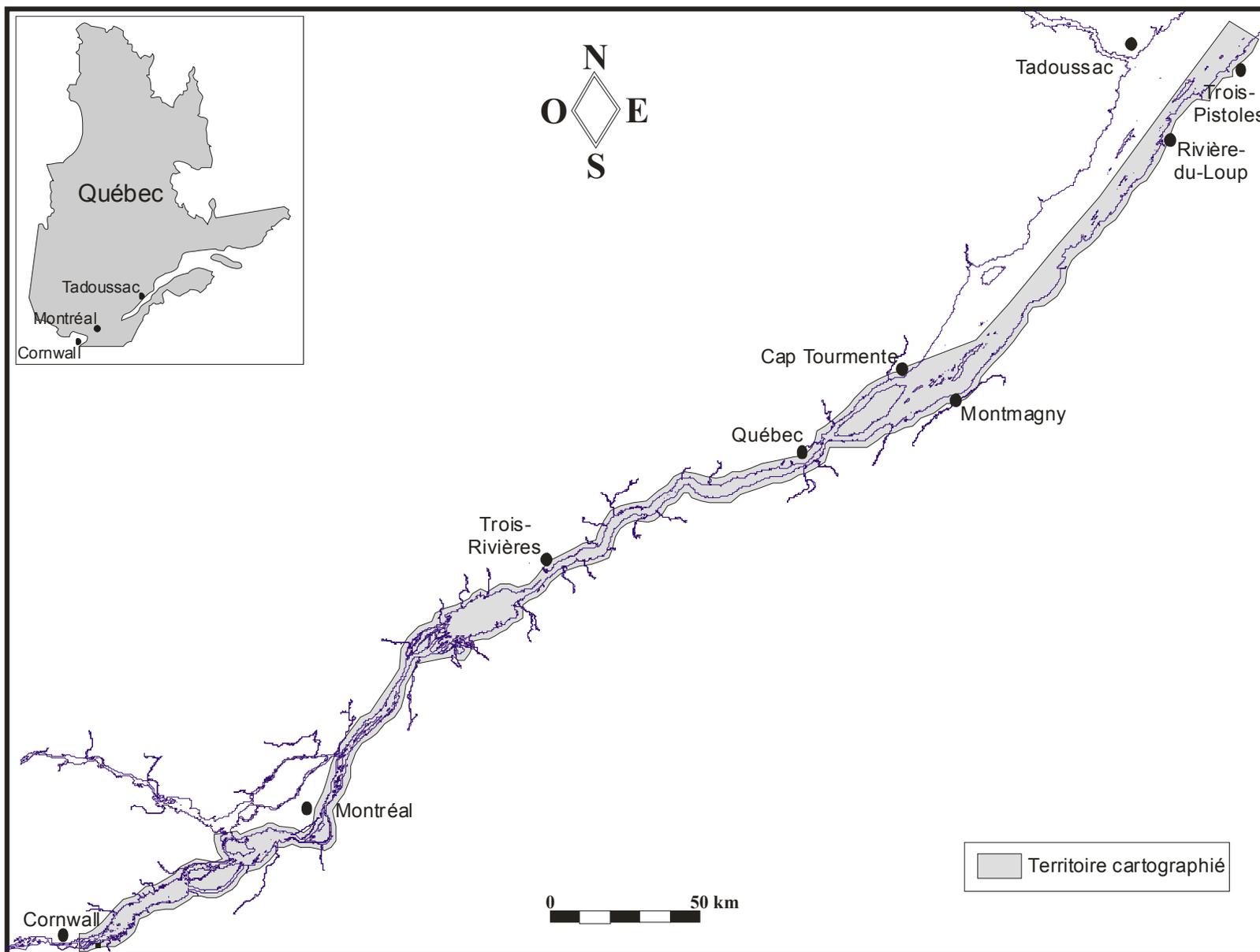


Figure 1 Territoire à l'étude

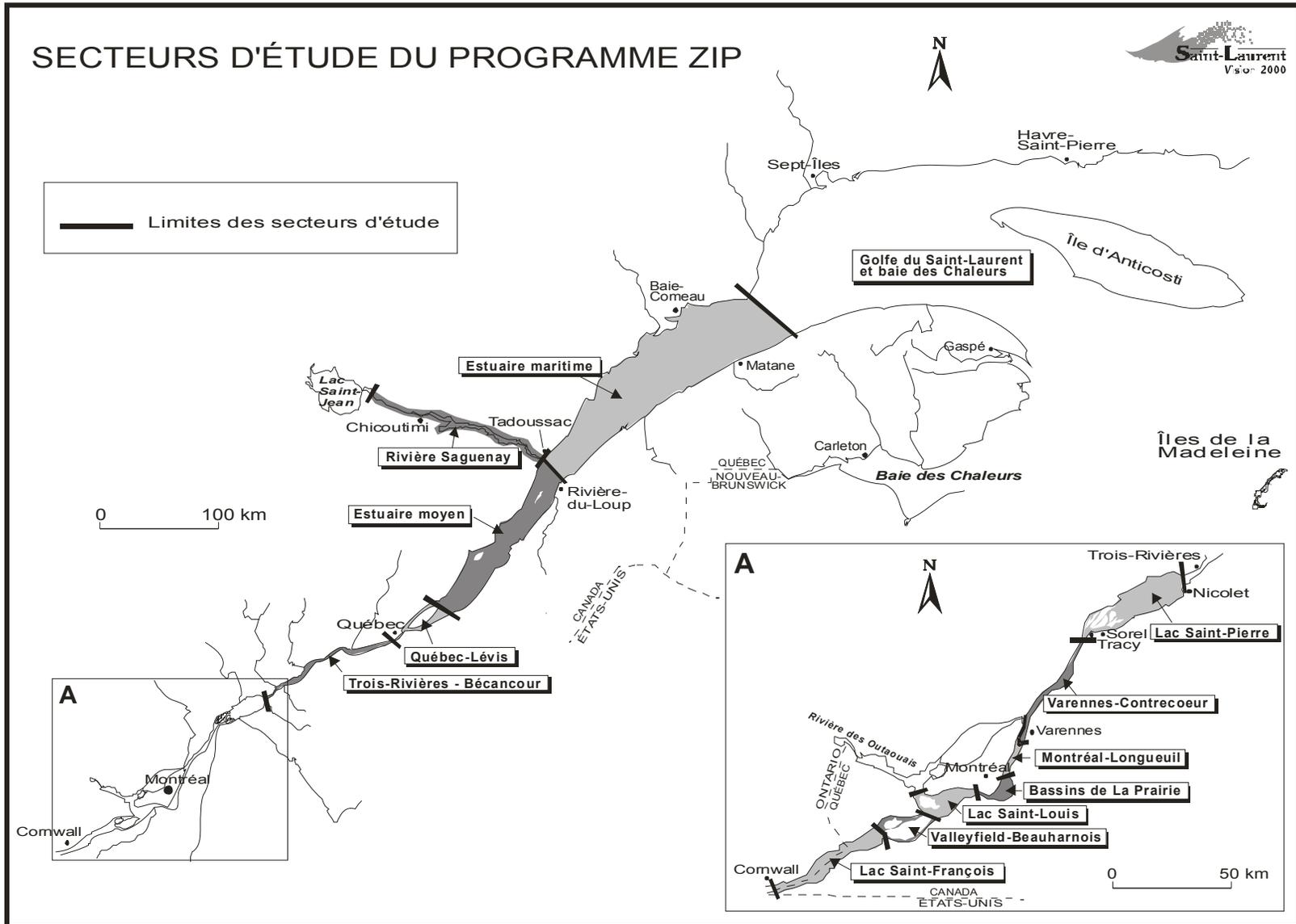


Figure 2 Secteurs d'étude du Programme des zones d'intervention prioritaire

3 Matériel et méthodes

La démarche méthodologique utilisée pour documenter la dynamique des milieux humides comporte une première phase visant à préparer les documents cartographiques (acquisition des couvertures cartographiques et harmonisation des géométries, des échelles et des légendes). Une seconde phase consiste en la comparaison cartographique et la création des matrices de transition. Ces différentes étapes seront détaillées dans les pages qui suivent pour chacune des couvertures utilisées.

3.1 CARTOGRAPHIES UTILISÉES

Nous avons utilisé un total de quatre couvertures cartographiques pour rendre compte de la dynamique des milieux humides du fleuve Saint-Laurent. Le tableau 1 énumère et décrit brièvement les couvertures cartographiques utilisées dans le cadre du présent travail.

Tableau 1 Cartographies utilisées pour l'analyse des changements

Période	Résolution initiale (m)	Nombre total de classes	Référence
1970-1978	10	52	Le Groupe Dryade (1980)
1990-1991	7	65	Létourneau et Jean (2005)
1996-1997	3	124	Létourneau et Jean (2006a)
2002-2002	3,5 et 4	124	Létourneau et Jean (2006b, 2006c)

3.1.1 Habitats propices aux oiseaux migrateurs

La cartographie des habitats propices aux oiseaux migrateurs (Groupe Dryade, 1980) est considérée par bon nombre de spécialistes et d'utilisateurs, et à juste titre, comme une référence en matière de localisation des milieux humides du Saint-Laurent. En effet, avant cet imposant travail, aucune cartographie globale des milieux humides du fleuve et des principaux tributaires n'était disponible. Ce travail avait pour objectifs de localiser et de mesurer « la superficie des marécages (sic) bordant le Saint-Laurent de Cornwall à Blanc-Sablon sur la rive nord et de Cornwall (sic) à Matapédia sur la rive sud, les rivières des Outaouais et Richelieu et les Îles-de-

la-Madeleine. » (Groupe Dryade, 1980). À cette étude s'ajoute une analyse des perturbations survenues dans le temps à trois sites choisis en fonction de leur diversité et de leur proximité de centres de développement urbains (La Prairie, Gentilly et Kamouraska).

Parallèlement à ce travail de cartographie, le Groupe Dryade a également réalisé une autre étude incontournable. Il s'agit d'une analyse des changements survenus le long du Saint-Laurent, de Cornwall à Matane, entre 1945 et 1976 (Groupe Dryade, 1981). Ce travail, tout comme le précédent, a été utilisé comme base de référence dans l'élaboration de l'indicateur de la superficie des milieux humides en hectares du bilan de l'état du Saint-Laurent (Centre Saint-Laurent, 1996) et du Programme Suivi de l'état du Saint-Laurent (Quilliam et Millet, 1998; Painchaud et Villeneuve, 2003; Plan Saint-Laurent, 2010).

Comme il en est fait mention ci-dessus, la couverture spatiale de ces travaux est remarquable; elle englobe les rivières Richelieu et des Outaouais, le fleuve Saint-Laurent (jusqu'au cap Tourmente), l'estuaire du Saint-Laurent, la côte nord du golfe du Saint-Laurent, la péninsule gaspésienne et les Îles-de-la-Madeleine. L'étude du Groupe Dryade avait pour objectif de cartographier les habitats propices aux oiseaux migrateurs, ce qui limite son utilité pour l'étude des milieux humides. Par exemple, bien que 52 classes d'occupation du sol aient été identifiées par les auteurs, plusieurs secteurs dominés par des marécages arborés ne font pas partie du territoire compris dans ces travaux.

La cartographie des habitats propices aux oiseaux migrateurs a été réalisée à partir des photographies aériennes prises entre 1970 et 1978. Les photographies ont été prises principalement au printemps, avant le développement complet des communautés végétales, ce qui peut induire une sous-estimation des superficies des milieux humides et une mauvaise identification de la végétation dominante présente. Les émulsions utilisées varient du noir et blanc à la couleur, en passant par l'infrarouge. Enfin, leurs échelles varient de 1:10 000 à 1:20 000.

Les cartes du Groupe Dryade ont été produites à partir d'une mosaïque de photographies aériennes s'échelonnant sur huit ans, ce qui rend difficile la réalisation d'un portrait à un moment donné pour l'ensemble du fleuve et complexifie les comparaisons entre les couvertures cartographiques. Les données historiques montrent que l'hydraulicité du Saint-Laurent a été très variable entre 1970 et 1978, avec des épisodes de très hauts niveaux d'eau, observables

principalement dans la partie amont du fleuve, et ayant eu un impact majeur sur certains milieux humides (Astrade et Bégin, 2003; Jean *et al.*, 1992). De surcroît, la cartographie de certains secteurs (entre Gentilly et Trois-Pistoles) ne tient pas compte de l'important effet de marée, ce qui cause des problèmes d'interprétation.

Dans la présente étude, seules les cartes couvrant les principales concentrations de milieux humides ont été utilisées (tableau 2). Des contraintes de temps et de budget ont empêché la numérisation de l'ensemble de l'atlas cartographique.

Tableau 2 Cartes du Groupe Dryade (1980) numérisées pour la présente étude

Numéro de carte	Secteur	Localité
1	Fleuve Saint-Laurent	Saint-Régis
2	Fleuve Saint-Laurent	Lac Saint-François
6	Fleuve Saint-Laurent	Lac Saint-Louis
10	Fleuve Saint-Laurent	Îles de Boucherville
11	Fleuve Saint-Laurent	Îles de Verchères
12	Fleuve Saint-Laurent	Îles de Contrecœur
13	Fleuve Saint-Laurent	Îles de Sorel
14	Fleuve Saint-Laurent	Baie de Maskinongé
15	Fleuve Saint-Laurent	Baieville
16	Fleuve Saint-Laurent	Pointe du lac
18	Fleuve Saint-Laurent	Gentilly
24	Fleuve Saint-Laurent	Île d'Orléans
25A et 25B	Fleuve Saint-Laurent	Cap Tourmente
28	Fleuve Saint-Laurent	Montmagny
29	Fleuve Saint-Laurent	Île aux Grues
1SA et 1SB	Estuaire du Saint-Laurent	Baie de Kamouraska
2S	Estuaire du Saint-Laurent	Îles de Kamouraska

La firme Biorex (1998) a eu le mandat de numériser les cartes choisies. Le tableau 3 illustre les classes de la cartographie du Groupe Dryade (1980) qui ont été incluses dans la numérisation. Cette dernière a été réalisée en mode manuel avec une précision d'environ 20 m (Biorex Inc., 1998).

Tableau 3 Classes numérisées provenant de la cartographie du Groupe Dryade (1980)

Numéro	Classe	Symbole
1	Arboraie	A
2	Arbustaie	a
3	Herbaçaie	h
5	Culture et pâturage	c
6	Friche	fr
7	Arboraie périodiquement inondée	Ai
10	Herbaçaie arbustive	ha
11	Herbaçaie arborée	hA
14	Herbier à dominance de plantes émergées	H
15	Herbier à dominance de plantes submergées	Hs
16	Îlots arbustifs dispersés dans H	Ha
26	Dépôt sableux ou graveleux	S
51	Culture et pâturage sur roc	CR

Source : Biorex Inc. (1998)

Lors de la numérisation, plusieurs anomalies cartographiques, de nature topologique, ont été décelées sur ces cartes. Parmi celles-ci, on peut mentionner la présence de polygones non fermés, non identifiés ou contenant plus d'un identifiant. Dans ce dernier cas, l'identifiant dominant a été conservé comme classe du polygone.

De plus, des erreurs de positionnement spatial sont présentes sur les versions informatisées de ces cartes. En effet, les rives du fleuve sur ces cartes sont parfois englobées dans un polygone et ainsi masquées, ce qui peut rendre très difficile la localisation précise des points de contrôle.

Enfin, et c'est un problème commun à l'ensemble des cartes géographiques illustrant le littoral du fleuve Saint-Laurent, très peu de points de repère fixes sont présents et donc utilisables pour réaliser une géoréférence de très grande précision.

3.1.2 Cartographie par télédétection des milieux humides du Saint-Laurent (1990-1991)

La première cartographie complète des milieux humides produite par le Centre Saint-Laurent (Environnement Canada) avait pour objectif de répertorier les différentes classes d'occupation du territoire sur le premier kilomètre de rive, incluant les eaux du fleuve

(Létourneau et Jean, 2005). Le rapport-synthèse sur l'état du Saint-Laurent (Centre Saint-Laurent, 1996) recommande d'utiliser cette cartographie des milieux humides comme point de référence permettant de mesurer l'évolution des superficies présentes le long du Saint-Laurent.

Comme l'indique le tableau 4, les données utilisées dans cet exercice ont été acquises à deux périodes différentes, soit le 26 juillet et le 21 août 1990 (entre Cornwall et Trois-Rivières), et le 3 septembre 1991 (entre Trois-Rivières et Trois-Pistoles).

Tableau 4 Secteurs couverts par l'acquisition d'images par télédétection des milieux humides du Saint-Laurent (1990-1991)

Secteur	Date d'acquisition des images
Lac Saint-François	26 juillet 1990
Valleyfield-Beauharnois	26 juillet et 21 août 1990
Lac Saint-Louis	21 août 1990
Bassins de La Prairie	21 août 1990
Montréal-Longueuil	21 août 1990
Varennnes-Contrecoeur	26 juillet et 21 août 1990
Lac Saint-Pierre	26 juillet et 21 août 1990
Trois-Rivières-Bécancour	3 septembre 1991
Québec-Lévis	3 septembre 1991
Moyen estuaire (rive sud seulement)	3 septembre 1991
Estuaire maritime (rive sud jusqu'à Trois-Pistoles seulement)	3 septembre 1991

Source : Létourneau et Jean (2005)

Une importance particulière a été accordée à la distinction des différents groupements de marais et marécages, ainsi qu'à une estimation jugée adéquate des herbiers submergés.

Les résultats obtenus à l'aide du capteur aéroporté MEIS-II (avec une résolution spatiale du pixel de 7 m) ont permis de distinguer 65 classes d'occupation du sol, dont 46 classes de milieux humides. Ces dernières comprennent deux classes d'eau libre, deux classes d'eaux peu profondes (couvrant plus de 28 100 ha), 20 classes de bas marais (plus de 17 450 ha), 16 classes de haut marais (plus de 9500 ha) et cinq classes de marécages (totalisant plus de 6470 ha). Pour des raisons de logistique, seul le territoire de Cornwall jusqu'au cap Tourmente sur la rive nord et

celui s'étalant de la Réserve nationale de faune du lac Saint-François, à Dundee, jusqu'à Trois-Pistoles sur la rive sud ont été couverts par ces images aéroportées.

La classification des milieux humides et des milieux secs a dû se faire séparément, et plus particulièrement en ce qui concerne le territoire agricole, car il existe un risque important de confusion sur les images de télédétection entre certains secteurs à vocation agricole et certains types de milieux humides.

L'étude de Létourneau et Jean, la plus importante depuis le travail du Groupe Dryade (1980), a fait surgir un certain nombre de constats quant aux aspects méthodologiques. À elles seules, les images aéroportées de télédétection ne permettent pas d'identifier les espèces végétales dominantes et codominantes présentes dans les milieux humides. Elles offrent par contre la possibilité d'identifier des signatures spectrales, souvent associées à des classes physionomiques de végétation. Ces dernières peuvent être ensuite précisées par la consultation de documents de référence et l'utilisation de données de terrain qui permettent de les associer à des communautés végétales. Il en résulte que la précision thématique de la cartographie dépend en grande partie des informations disponibles pour associer les signatures spectrales à la réalité du terrain. Dans le présent cas, certains secteurs, comme la Réserve nationale de faune du lac Saint-François, les îles de la Paix, les îles de Contrecoeur, le lac Saint-Pierre et le secteur de L'Isle-Verte, avaient été échantillonnés peu après l'acquisition des images et ont permis une identification précise de la végétation. D'autres secteurs dépourvus de données de terrain n'ont pas été classifiés avec autant d'exactitude.

La principale lacune de cette cartographie est le peu de données de terrain qui ont servi à valider le traitement des images brutes. En effet, la classification de ces images aéroportées ne s'est faite qu'à partir de données publiées et d'avis d'experts de la végétation des milieux humides. L'absence de données précises caractérisant les conditions sur le terrain au moment de l'acquisition des images empêche d'identifier les peuplements jusqu'à l'espèce dominante.

3.1.3 Cartographie par télédétection des milieux humides du Saint-Laurent (1996-1997)

Environnement Canada a réalisé une couverture cartographique partielle des milieux humides du Saint-Laurent en 1996 et en 1997. Ce jeu de données a été acquis afin d'entreprendre un premier exercice de comparaison dans le cadre du projet de suivi de l'évolution des milieux

humides du Saint-Laurent, en plus de tester la technologie de vidéographie aérienne multispectrale (Létourneau et Jean, 2006a).

Ce projet a produit une cartographie des différentes classes d'occupation du territoire sur le premier kilomètre de rives de plusieurs secteurs, y compris les eaux du fleuve. Une importance particulière a été accordée à la distinction des différents groupements de marais et marécages. Les eaux peu profondes ont toutefois été écartées de cette cartographie en raison de la difficulté à bien les identifier et les mesurer.

Les données brutes de 1996-1997 (d'une résolution spatiale du pixel de 3 m) ont été acquises en septembre et octobre 1996, de même qu'en août 1997 (Létourneau et Jean, 2006a). Un total de dix secteurs a été analysé (tableau 5).

Tableau 5 Secteurs couverts par l'acquisition d'images par vidéographie aérienne multispectrale

Secteur	Date d'acquisition des images
Réserve nationale de faune du lac Saint-François	9 août 1997
Réserve nationale de faune des îles de la Paix	17 octobre 1996
Île Saint-Bernard et ruisseau Saint-Jean	17 octobre 1996
Îles de Boucherville et île Sainte-Thérèse	17 octobre 1996
Contrecœur	17 octobre 1996
Archipel du lac Saint-Pierre, baie Saint-François et baie de Lavallière	10 août 1997
Battures de Gentilly	10 août 1997
Côte-de-Beaupré et cap Tourmente	6 septembre 1996
Battures de Kamouraska	10 août 1997
Saint-Fulgence (Saguenay)	10 août 1997

Source : Létourneau et Jean (2006a)

Contrairement à la cartographie de 1990-1991, une campagne de terrain a accompagné l'acquisition des images de vidéographie aérienne multispectrale. En tout, 183 stations d'échantillonnage ont été visitées (Létourneau et Jean, 2006a). Les informations recueillies portaient principalement sur la végétation et ont été structurées selon la classification de Jacques et Hamel (1982). Ces informations comprennent l'utilisation du sol, la classe de milieux humides, la sous-classe, la forme de croissance et le nom de l'espèce végétale dominante et des espèces

sous-dominantes, le cas échéant. Des classes de recouvrement ont été utilisées pour caractériser les principales strates de végétation présentes sur les sites. Enfin, 250 photographies des milieux humides visités ont été prises.

Les résultats obtenus à l'aide de la vidéographie aérienne multispectrale ont permis de distinguer 43 classes d'occupation, dont 35 spécifiques aux milieux humides. Ces dernières comprennent trois classes d'eau libre, deux classes d'eau peu profonde (couvrant plus de 2410 ha), 15 classes de bas marais (plus de 7880 ha), neuf classes de hauts marais (plus de 5210 ha) et cinq classes de marécages (totalisant plus de 7600 ha).

Malgré l'utilisation de données de terrain, cette cartographie n'a pu rivaliser avec celle de 1990-1991 en ce qui concerne la précision de l'identification des espèces végétales dominantes, en raison d'une plus faible résolution spectrale utilisée par cette technologie. Elle a toutefois donné de bons résultats à l'échelle des grandes classes de milieux humides.

D'un point de vue technique, le processus de création de mosaïques d'images à partir de la vidéographie aérienne multispectrale a produit d'importantes variations radiométriques, en particulier pour les données de 1997. Ce faisant, le traitement des images et l'identification des milieux humides se sont avérés plus ardues que prévu (Létourneau et Jean, 2006a).

3.1.4 Cartographie par télédétection des milieux humides du Saint-Laurent (2000 et 2002)

Environnement Canada a récemment produit deux cartographies des milieux humides du fleuve Saint-Laurent (Létourneau et Jean, 2006b, 2006c). La cartographie des milieux humides de 2000 avait pour objectif de produire une cartographie ayant une couverture similaire à celle utilisée en 1990-1991.

Ce jeu de données a été acquis, comme celui de 1990-1991, par le capteur aéroporté MEIS-II. Les résultats obtenus à l'aide de ces images ont permis de distinguer 70 classes d'occupation, dont 50 classes de milieux humides. Ces dernières comprennent trois classes d'eau libre, trois classes d'eau peu profonde (couvrant près de 2290 ha), 17 classes de bas marais (plus de 14 470 ha), 13 classes de hauts marais (plus de 7244 ha), 12 classes de marécages (totalisant plus de 10 980 ha) et une classe de tourbières en exploitation (215 ha).

Les images multispectrales du capteur aéroporté MEIS-II de 2000 comportaient, dans certains secteurs, d'importants problèmes de géométrie. Malgré un remarquable travail de

correction, certains secteurs présentaient encore une grande déformation géométrique (Létourneau et Jean, 2006b).

C'est pour résoudre ce problème qu'un jeu additionnel d'images, provenant du satellite IKONOS, a été acquis en 2002 (Létourneau et Jean, 2006c). Une campagne de terrain réalisée en 2003 a permis d'ajouter 40 stations d'échantillonnage et 247 polygones de validation aux données de terrain récoltées en 2000 et 2001. Ces nouvelles images ont permis de distinguer 71 classes d'occupation, dont 50 classes de milieux humides.

Les données brutes de 2000, d'une résolution spatiale du pixel de 3,5 m, ont été acquises entre le 19 et le 26 septembre 2000 de Cornwall jusqu'à Trois-Pistoles (tableau 6).

Les données brutes de 2002 (d'une résolution spatiale de 4 m) ont été acquises entre le 25 juillet et le 21 août 2002, à l'exception d'une image d'archives acquise le 17 juillet 2001 pour le secteur du lac Saint-François (Létourneau et Jean, 2006b). Comme ces images visaient à remplacer les portions du Saint-Laurent où les images de 2000 présentaient des problèmes, seulement 10 secteurs ont été couverts entre le lac Saint-François et L'Isle-Verte (tableau 7).

Tableau 6 Secteurs couverts par l'acquisition d'images MEIS-2000

Secteur	Date d'acquisition des images
Lac Saint-François	18 et 19 septembre 2000
Valleyfield-Beauharnois	18 et 19 septembre 2000
Lac Saint-Louis	18 et 19 septembre 2000
Bassins de La Prairie	10, 18 et 19 septembre 2000
Montréal-Longueuil	18 et 19 septembre 2000
Varennes-Contreccœur	18 et 19 septembre 2000
Lac Saint-Pierre	18, 19 et 20 septembre 2000
Trois-Rivières-Bécancour	19 et 20 septembre 2000
Québec-Lévis	19, 24 et 26 septembre 2000
Moyen estuaire (rive sud seulement)	19, 22, 24 au 26 septembre 2000
Estuaire maritime (rive sud jusqu'à Trois-Pistoles seulement)	19, 22 et 26 septembre 2000

Source : Létourneau et Jean (2006b)

Tableau 7 Secteurs couverts par l'acquisition d'images IKONOS

Secteur	Date d'acquisition des images
Lac Saint-François : Réserve nationale de faune du lac Saint-François	17 juillet 2001 et 8 août 2002
Lac Saint-Louis : Réserve nationale de faune des îles de la Paix	10 août et 21 août 2002
Montréal-Longueuil : îles de Boucherville	10 août 2002
Varennes-Contreccœur : Réserve nationale de faune des îles de Contreccœur	11 août 2002
Lac Saint-Pierre	25 juillet et 13 août 2002
Trois-Rivières-Bécancour : Portneuf	25 juillet 2002
Québec-Lévis : portions est de la Côte-de-Beaupré et de l'île d'Orléans	25 et 28 juillet 2002
Moyen estuaire : Réserve nationale de faune du cap Tourmente, Montmagny et Kamouraska	21, 25, 28 juillet et 21 août 2002
Estuaire maritime : Cacouna et Réserve nationale de faune de la baie de L'Isle-Verte	16 et 21 août 2002

Source : Létourneau et Jean (2006c)

Une importante campagne de terrain a permis d'établir cette cartographie. En effet, de la fin de juin jusqu'à la fin d'août 2000, un échantillonnage, totalisant 538 stations, a été réalisé dans la région comprise entre Cornwall et Trois-Rivières. En 2001, l'échantillonnage de la végétation des milieux humides s'est poursuivi afin de couvrir le secteur entre le lac Saint-Pierre et Trois-Pistoles. Ainsi, 346 stations se sont ajoutées à celles échantillonnées en 2000. Par la suite, 40 sites additionnels ont été visités durant l'été 2003 afin de compléter l'échantillonnage de zones non couvertes sur le terrain en 2000 et 2001. Au total, 924 stations d'échantillonnage ont donc servi à caractériser la végétation des milieux humides pour ce survol (Létourneau et Jean, 2006b).

Les données recueillies sur le terrain étaient similaires à celles enregistrées lors de la campagne de terrain de 1997, et on y a tiré de plus un inventaire détaillé des plantes présentes dans les stations et une estimation du recouvrement de chacune des espèces au moyen d'une échelle semi-quantitative.

Pour sa part, la couverture de 2002 a permis de distinguer 71 classes d'occupation, dont 50 classes de milieux humides. Ces dernières comprennent trois classes d'eau libre, deux classes d'eau peu profonde (plus de 1165 ha), 20 classes de bas marais (plus de 13 670 ha), 11 classes de hauts marais (plus de 7215 ha), 12 classes de marécages (plus de 10 215 ha) et une classe de tourbière en exploitation (88 ha).

La fusion de ces deux couvertures cartographiques a été spécialement réalisée pour le présent exercice de comparaison.

Malgré le nombre élevé de stations d'échantillonnage sur le terrain, il aurait été utile pour certains secteurs particulièrement diversifiés (notamment le lac Saint-Pierre) de recueillir davantage de données sur le terrain.

La fusion de cartes issues d'images de 2000, d'une part, et de 2002, d'autre part, a introduit une variabilité indésirable (particulièrement en ce qui a trait aux niveaux d'eau) dans la cartographie et cela s'est répercuté sur les comparaisons.

3.2 ANALYSE DES DONNÉES

3.2.1 Recodification des données cartographiques

Le tableau 8 récapitule les données cartographiques utilisées dans l'analyse des données.

Tableau 8 Couvertures cartographiques utilisées dans l'analyse des données

Années	Type de couverture	Nombre total de classes	Territoire couvert	Nombre de stations de terrain
1970-1978	Photographies aériennes	52	Secteurs compris entre Cornwall et Trois-Pistoles (voir tableau 2)	0
1990-1991	Capteur aéroporté MEIS-II	65	Cornwall jusqu'à Trois-Pistoles	0
1996-1997	Vidéographie aéroportée multispectrale	43	Secteurs compris entre Cornwall et Trois-Pistoles (voir tableau 5)	183
2000-2002	Capteur aéroporté MEIS-II et capteur satellitaire IKONOS	71	Cornwall jusqu'à Trois-Pistoles	924

La méthode de détection des changements par comparaison post-classification ou *Post-classification comparison change detection* (Jensen, 2005) a été utilisée. Cette méthode très populaire compare deux cartes thématiques en format matriciel, cellule par cellule, et produit une carte de changements ainsi qu'une matrice de transition. Cette méthode a été choisie, car elle est simple et donne de bons résultats lorsque les sources de données sont hétérogènes (comme dans notre cas, où différents capteurs ont été utilisés) ou lorsque l'utilisation de données historiques interprétées par des auteurs différents empêche une analyse comparative plus poussée basée sur les bandes spectrales (Anonyme, 1995). Cette technique n'est toutefois pas exempte de contraintes. En effet, la qualité des résultats obtenus à l'aide de cette méthode dépend principalement de la précision des cartes utilisées (Anonyme, 1995).

La technique de comparaison post-classification requiert qu'une résolution spatiale et une légende communes soient établies pour l'ensemble des cartes. Afin d'harmoniser les résolutions spatiales, la carte la moins précise sert généralement de base. Dans la présente étude, comme nous l'avons mentionné plus haut, les cartes du Groupe Dryade (1980) ont été numérisées avec une précision approximative de 20 m. Il a ainsi été choisi de ramener l'ensemble des cartes à une résolution spatiale de 25 m.

Pour uniformiser les légendes utilisées, nous avons encore dû nous baser sur la cartographie du Groupe Dryade (1980) et simplifier la légende unifiée. Cette dernière correspond généralement aux grandes classes de milieux humides (Groupe de travail national sur les terres humides, 1988) auxquelles ont été ajoutées des classes de milieux terrestres et certaines classes plus précises afin d'illustrer des milieux humides caractéristiques à l'échelle régionale ou des

enjeux particuliers (comme la dominance par des plantes envahissantes). Le tableau 9 illustre le codage effectué sur les cartes du Groupe Dryade et la correspondance des classes avec celles de la légende unifiée.

Tableau 9 Correspondance entre la légende du Groupe Dryade (1980) et la légende unifiée

Classes du Groupe Dryade	Classification unifiée	Numéro
Eau	Eau libre	1
Herbier à dominance de plantes submergées	Végétation submergée ou flottante	2
Dépôt vaseux	Sol nu	3
Dépôt sableux ou graveleux		
Roc		
Dépôt mince de vase sur roc		
Dépôt mince de sable sur roc		
Blocs recouvrant vase		
Blocs recouvrant sable ou gravier		
Sable et vase sur roc		
Sable et vase		
Vase et sable avec blocs		
Sable et vase avec blocs		
Roc et blocs		
Vase avec blocs sur roc		
Herbier à dominance de plantes émergées	Bas marais	10
Pré-salé à dominance de Spartine alterniflore	Bas marais à <i>Spartina alterniflora</i>	11
Spartine alterniflore et blocs		
Spartine alterniflore à mares et blocs		
Spartine alterniflore à mares (0-20 %)		
Spartine alterniflore à mares (20-40 %)		
Groupement à dominance de <i>Scirpus</i>	Bas marais à <i>Schoenoplectus pungens</i>	12
Scirpe américain sur roc		
Scirpe américain sur vase		
Herbaçaie	Haut marais	20
Herbaçaie arbustive		
Herbaçaie arborée		
Herbaçaie salée	Herbaçaie salée	21
Herbaçaie salée à marelles (3-20 %)		
Herbaçaie salée à marelles (21-40 %)		
Herbaçaie salée à marelles (41 % et plus)		
Prairie à dominance de Spartine étalée	Haut marais à <i>Spartina patens</i>	23
Spartine étalée à marelles (21-40 %)		
Spartine étalée à marelles (41 % et plus)		
Spartine étalée à marelles (3-20 %)		

Classes du Groupe Dryade	Classification unifiée	Numéro
Arbustaie	Marécage arbustif	30
Arbustaie arbustive		
Arbustaie herborée		
Îlots arbustifs dispersés dans herbaçaie		
Arbustaie périodiquement inondée		
Arboraie périodiquement inondée	Marécage arboré	40
Arboraie arbustive		
Arboraie herborée		
Culture et pâturage	Agriculture	50
Friche	Friche	51
Terre	Milieu terrestre	53
Arboraie	Forêt	54

Les autres jeux de données cartographiques ont été convertis en format GRID dans ARCMAP 9 (Environmental Systems Research Institute Inc., Redlands, Californie, États-Unis). Une fois transformées, les données ont été rééchantillonnées à 25 m et recodées afin de correspondre à la légende commune qui est utilisée dans l'ensemble des manipulations du présent rapport (tableau 10).

Tableau 10 Correspondance entre la légende des cartographies récentes et la légende unifiée

Classification utilisée par Létourneau et Jean (2005, 2006a, 2006b, 2006c)	Classification unifiée	Numéro
Matières en suspension Eau libre Haut-fond vaseux Bassin de décantation Billes de bois	Eau libre	1
Eau peu profonde à herbier flottant Eau peu profonde à algues Eau peu profonde à <i>Myriophyllum</i> sp.	Végétation submergée ou flottante	2
Sol nu Substrat	Sol nu	3
Bas marais à <i>Zizania</i> sp. Bas marais à <i>Impatiens capensis</i> Bas marais à <i>Juncus arcticus</i> var. <i>balticus</i> Bas marais à <i>Bolboschoenus fluviatilis</i> ou <i>Butomus umbellatus</i> Bas marais à <i>Sagittaria</i> sp. Bas marais à <i>Scirpus lacustris</i> Bas marais à <i>Bolboschoenus fluviatilis</i> Bas marais à <i>Salicornia europaea</i> L. (S.L.) Bas marais à <i>Eleocharis</i> sp. Bas marais à <i>Butomus umbellatus</i> Bas marais à <i>Potentilla palustris</i> Bas marais à <i>Pontederia cordata</i> Bas marais à <i>Acorus calamus</i> Bas marais à <i>Lythrum salicaria</i> Bas marais à végétation flottante Bas marais à <i>Typha</i> sp. Bas marais à <i>Bolboschoenus fluviatilis</i> et/ou <i>Typha</i> sp. et/ou <i>Scirpus lacustris</i> Bas marais à <i>Sparganium eurycarpum</i> Bas marais à <i>Eupatorium maculatum</i>	Bas marais	10

Classification utilisée par Létourneau et Jean (2005, 2006a, 2006b, 2006c)	Classification unifiée	Numéro
Bas marais à végétation angustifoliée		
Bas marais à végétation angustifoliée dense (<i>Typha</i> sp. et <i>Scirpus</i> sp.)		
Bas marais à végétation angustifoliée peu dense (<i>Typha</i> sp. et <i>Scirpus</i> sp.)		
Bas marais à végétation émergente et flottante		
Bas marais à végétation robuste		
Bas marais à végétation robuste et autres plantes herbacées		
Bas marais à <i>Typha</i> sp. et <i>Zizania</i> sp.		
Bas marais à végétation angustifoliée (<i>Typha</i> sp. et <i>Sparganium</i> sp.)		
Bas marais à végétation morte		
Bas marais		
Bas marais à <i>Bolboschoenus fluviatilis</i> et <i>Lythrum salicaria</i>		
Bas marais à <i>Typha</i> sp. et <i>Bolboschoenus fluviatilis</i>		
Bas marais à <i>Spartina alterniflora</i>	Bas marais à <i>Spartina alterniflora</i>	11
Bas marais à <i>Spartina alterniflora</i> et à <i>Salicornia europaea</i> L. (S.L.)		
Bas marais à <i>Schoenoplectus pungens</i>	Bas marais à <i>Schoenoplectus pungens</i>	12
Bas marais à <i>Schoenoplectus pungens</i> et autres plantes émergentes		
Bas marais à <i>Schoenoplectus pungens</i> et à <i>Scirpus lacustris</i>		
Bas marais submergé à <i>Schoenoplectus pungens</i>		
Bas marais à <i>Schoenoplectus pungens</i> peu dense et/ou autres plantes émergentes		
Haut marais	Haut marais	20
Haut marais à graminées hautes		
Haut marais à graminées basses		
Haut marais à <i>Carex</i> sp.		
Haut marais à <i>Spartina pectinata</i>		
Haut marais à <i>Calamagrostis canadensis</i>		
Haut marais à <i>Glyceria grandis</i>		
Haut marais à <i>Leersia oryzoides</i>		
Haut marais à <i>Leymus mollis</i>		
Haut marais à <i>Taraxacum officinale</i>		
Haut marais à végétation latifoliée		

Classification utilisée par Létourneau et Jean (2005, 2006a, 2006b, 2006c)	Classification unifiée	Numéro
Haut marais à affectation agricole		
Haut marais à <i>Salicornia europaea</i> L. (S.L.) et <i>Spergularia canadensis</i>		
Haut marais à <i>Spartina patens</i> et <i>Bolboschoenus maritimus</i> var. <i>paludosus</i>		
Haut marais salé	Herbàçaiie salée	21
Haut marais à <i>Phragmites australis</i>	Haut marais à <i>Phragmites australis</i>	22
Haut marais à <i>Spartina patens</i>	Haut marais à <i>Spartina patens</i>	23
Haut marais à <i>Spartina patens</i> et <i>Hierochloe odorata</i>		
Haut marais à <i>Spartina patens</i> et <i>Plantago maritima</i>		
Haut marais à <i>Phalaris arundinacea</i>	Haut marais à <i>Phalaris arundinacea</i>	24
Haut marais à <i>Lythrum salicaria</i> ou autre végétation latifoliée	Haut marais à <i>Lythrum salicaria</i>	25
Haut marais à <i>Lythrum salicaria</i> et <i>Carex</i> sp.		
Marécage arbustif	Marécage arbustif	30
Marécage arbustif à <i>Cornus rugosa</i>		
Marécage arbustif à <i>Alnus incana</i> ssp. <i>rugosa</i>		
Marécage arbustif à <i>Myrica gale</i>		
Marécage arboré	Marécage arboré	40
Marécage arboré à <i>Fraxinus pennsylvanica</i>		
Marécage arboré à <i>Acer rubrum</i>	Marécage à <i>Acer rubrum</i>	41
Marécage arboré à <i>Larix laricina</i>	Marécage à <i>Larix laricina</i>	42
Marécage arboré à <i>Acer saccharinum</i>	Marécage à <i>Acer saccharinum</i>	43
Marécage arboré à <i>Populus deltoides</i>	Marécage à <i>Populus deltoides</i>	45
Marécage arbustif à <i>Salix</i> sp. et à <i>Spiraea latifolia</i>	Marécage à <i>Salix</i> sp.	46
Marécage arbustif à <i>Salix</i> sp.		
Marécage arboré à <i>Salix nigra</i>		
Marécage arboré à <i>Salix fragilis</i>		
Marécage arboré à <i>Salix</i> sp		
Agriculture	Agriculture	50
Prairie à <i>Calamagrostis canadensis</i>		
Prairie à <i>Eupatorium maculatum</i>		

Classification utilisée par Létourneau et Jean (2005, 2006a, 2006b, 2006c)	Classification unifiée	Numéro
Prairie à <i>Poa pratensis</i> Prairie à <i>Solidago</i> sp. Prairie sèche Labours		
Friche Friche à <i>Rhus typhina</i> Friche à <i>Crataegus</i> sp. Friche à <i>Populus tremuloides</i> Friche à <i>Populus balsamifera</i> Friche à <i>Betula populifolia</i>	Friche	51
Zone bâtie	Zone bâtie	52
Forêt Forêt de feuillus Forêt de conifères Forêt mixte ou plantation de conifères Forêt sans espèce dominante Plantation Forêt à <i>Populus deltoides</i> Forêt à <i>Ulmus</i> sp. Forêt à <i>Betula populifolia</i> Sol semi-dénuqué avec régénération de feuillus Arbustaie Forêt à <i>Acer rubrum</i> sur sol mal drainé	Forêt	54
Prairie à <i>Phalaris arundinacea</i>	Friche à <i>Phalaris arundinacea</i>	55
Tourbière en exploitation	Bog en exploitation	89

3.3 ANALYSE CARTOGRAPHIQUE

Les figures 3 à 6 résument la démarche utilisée pour l'analyse des changements. Deux séries d'analyse des données ont été réalisées. Une première a été entreprise en utilisant les quatre couvertures cartographiques de manière à maximiser la couverture temporelle (figure 3).

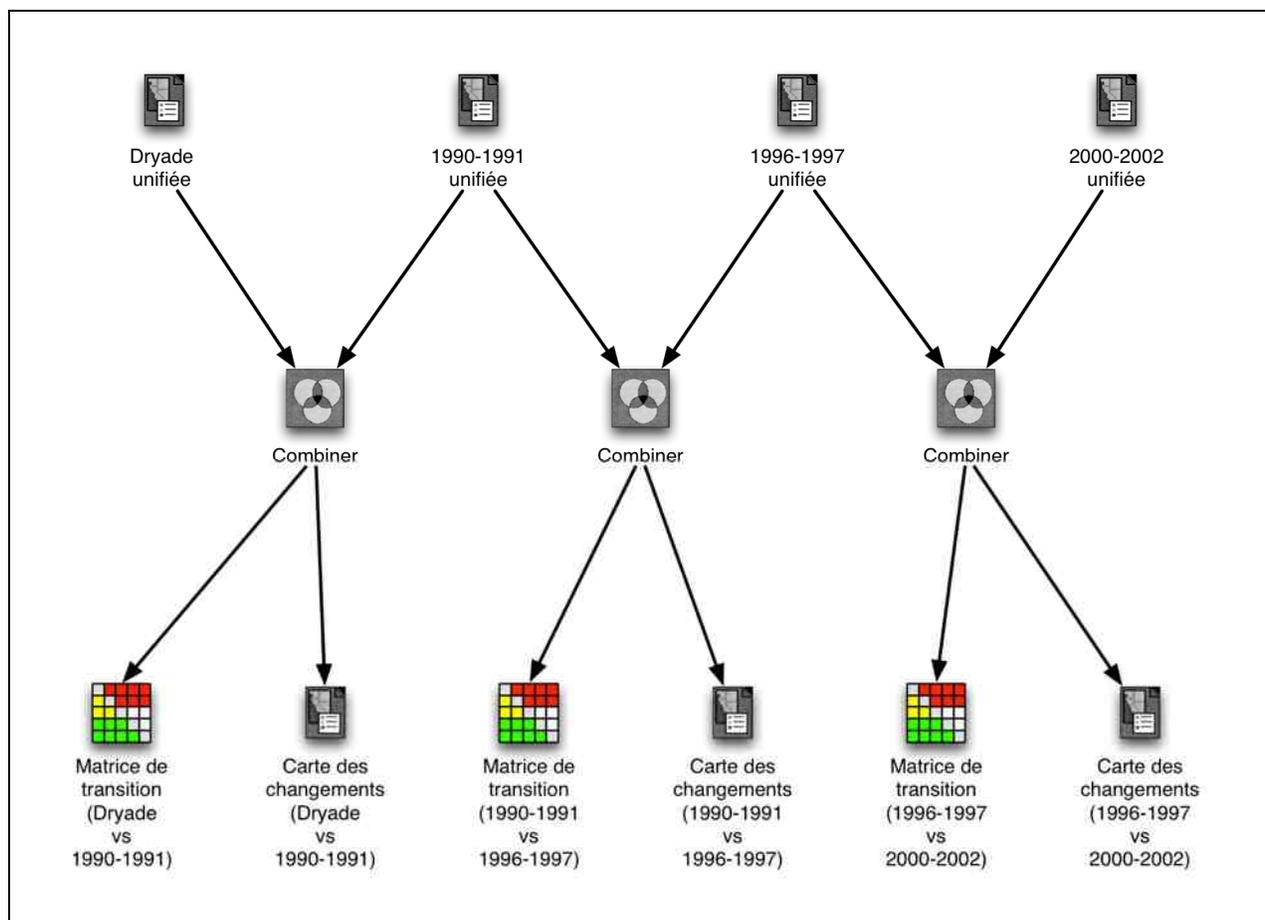


Figure 3 Schéma d'analyse de données cartographiques pour les périodes de 1970-1978 à 2000-2002

Ce faisant, uniquement les secteurs du Saint-Laurent couverts par chacune des cartographies ont été utilisés. La figure 4 illustre le territoire couvert par cette analyse.

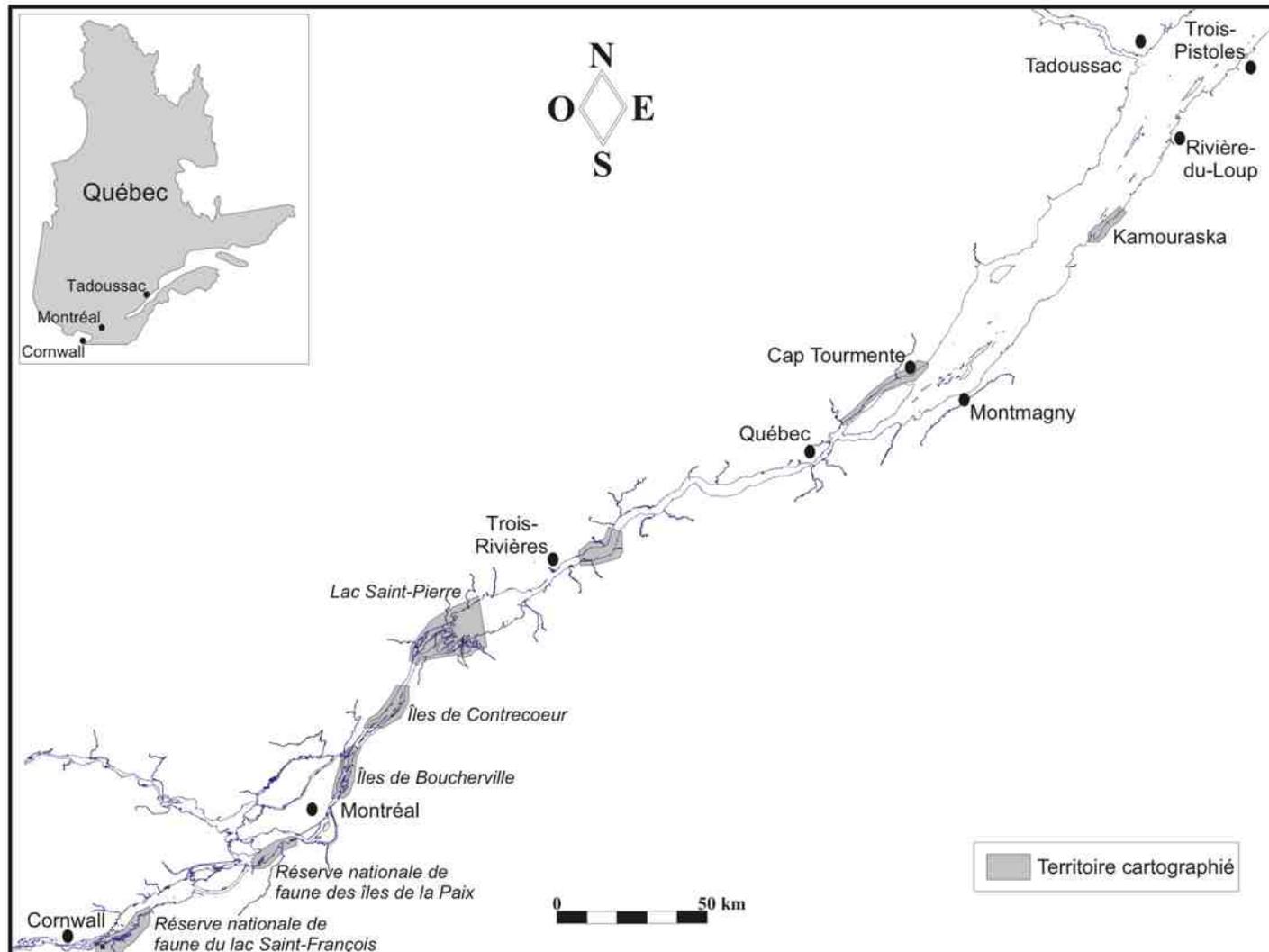


Figure 4 Territoire couvert par l'analyse cartographique pour les périodes de 1970-1978 à 2000-2002

La seconde analyse n'a utilisé que les deux couvertures cartographiques couvrant l'ensemble du territoire à l'étude, de Cornwall à Trois-Pistoles, soit les cartographies de 1990-1991 et de 2000-2002 (figures 5 et 6).

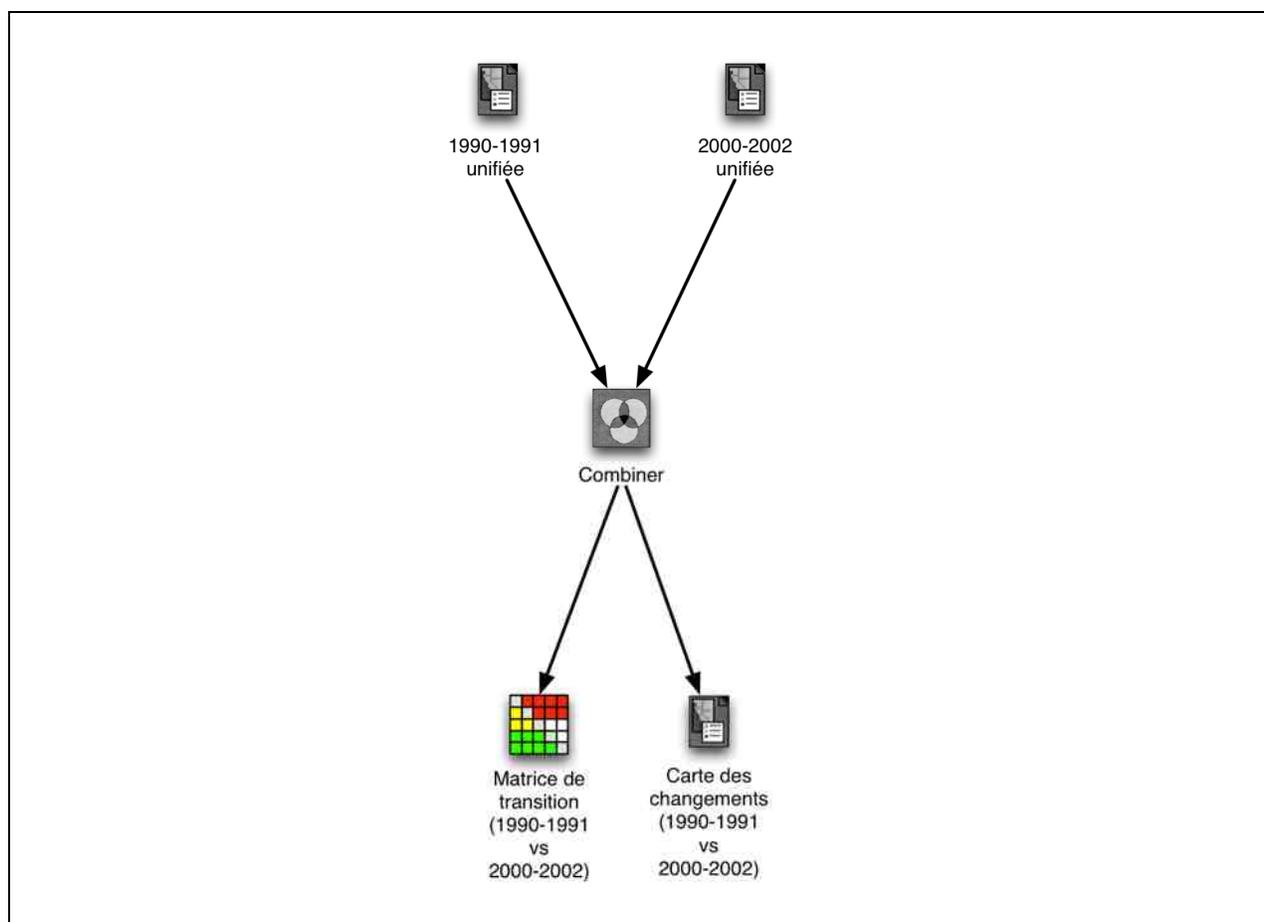


Figure 5 Schéma d'analyse de données cartographiques pour la période de 1990-1991 à 2000-2002

L'analyse de données proprement dite s'est faite de la même façon pour ces deux séries d'analyses. Les cartes unifiées (possédant une légende et une résolution spatiale communes) ont été comparées deux à deux. Chacune des paires de cartes ayant des périodes contiguës a été comparée cellule par cellule, de manière à produire une matrice de transition, ayant une dimension de $n \times n$, n étant le nombre de classes de la légende unifiée. L'ensemble des classes

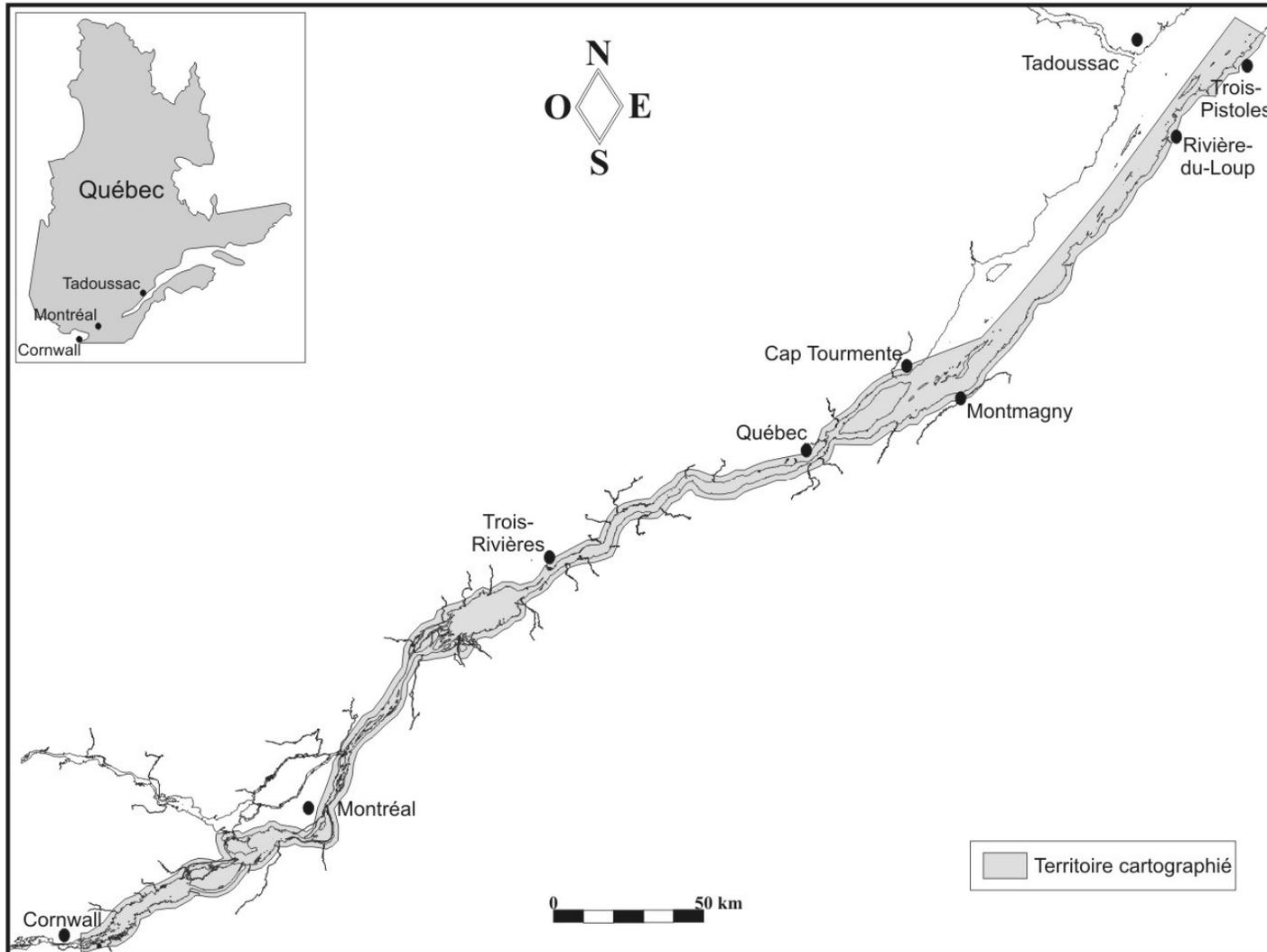
de la légende unifiée a été utilisé à l'exception de la classe « végétation submergée ou flottante » (ou eau peu profonde selon la terminologie de Groupe de travail national sur les terres humides, 1988) pour laquelle il n'était pas possible d'obtenir une représentation fiable sur tout le territoire d'étude. Cette classe a été fusionnée avec la classe « eau libre » avant la comparaison des cartes, sauf dans le secteur Trois-Rivières–Bécancour (estuaire fluvial) où la présence d'importantes superficies de bas marais dominés par *Schoenoplectus pungens* submergés par la marée a été détectée. Dans ce dernier cas, la classe « végétation submergée ou flottante » a été fusionnée avec la classe « bas marais ».

Comme les travaux de Jensen (1993, 2005) le suggèrent, l'identification des changements par un code de couleurs dans les matrices de transition permet d'identifier les grandes catégories de changements observés auxquels on doit prêter attention.

Une série de statistiques a été calculée pour chacune des matrices de transition. Un indice d'assèchement relatif (IAR) a d'abord été établi afin de déterminer dans quel sens vont les changements observés au sein des milieux humides, c'est-à-dire si ces milieux s'assèchent ou deviennent plus humides. Cet indice est calculé à l'aide de l'équation suivante :

$$IAR = \log \sum \left(\frac{\text{changements vers du plus sec}}{\text{changements vers du plus humide}} \right)$$

Un IAR plus grand que 0 indique que les milieux humides tendent vers un assèchement relatif (par exemple, si les bas marais se transforment en hauts marais ou en marécages, ou si les hauts marais deviennent des marécages). À l'opposé, une valeur de l'IAR inférieure à 0 indique des conditions plus humides (par exemple, si des marécages se transforment en marais ou si des hauts marais deviennent des bas marais).



Source : Létourneau et Jean (2005)

Figure 6 Territoire couvert par l'analyse cartographique pour la période de 1990-1991 à 2000-2002

Tel qu'illustré à la figure 7, des zones de couleur permettent d'identifier et ainsi de porter une attention particulière aux types de changements suivants dans les matrices de transition :

- Pertes de milieux humides
- Gains de milieux humides
- Changements concernant l'eau libre
- Changements dans la composition des milieux humides
- Changements concernant des plantes envahissantes

Enfin, nous avons calculé le coefficient de concordance Kappa (Cohen, 1960) pour mesurer la ressemblance entre deux cartes. Cet indice varie de -1 (divergence totale) à 1 (parfaite concordance) et permet d'estimer si la ressemblance entre deux cartes est attribuable au hasard. Le coefficient de concordance Kappa peut être employé pour comparer deux cartes d'une même région et il est couramment utilisé dans un contexte de validation d'un modèle (Rosenfield et Fitzpatrick-Lins, 1986; Manel *et al.*, 2001), dans l'estimation de l'exactitude de cartes thématiques (Rosenfield et Fitzpatrick-Lins, 1986; Carstensen, 1987) ou pour la comparaison temporelle de cartes (Eastman *et al.*, 1995).

Les travaux publiés plus récemment indiquent que les méthodes de comparaison cellule par cellule comportent certaines lacunes, dont le fait que ces méthodes interprètent comme étant de réels changements de simples décalages géométriques. Ce genre de différence est facilement pris en compte par un humain alors qu'il ne l'était pas, jusqu'à récemment, par les algorithmes de comparaison cartographique. C'est pour pallier cette lacune qu'une variante du coefficient Kappa, le Kappa flou, a été développée (Hagen, 2003; Hagen-Zanker *et al.*, 2005). Elle est fondée sur le développement de méthodes de comparaison cartographique ayant pour base la théorie mathématique des ensembles flous (Zadeh, 1965). Ce nouvel indice a toujours comme fondement des comparaisons cellule par cellule, mais tient compte du voisinage d'une cellule. L'analyse produit également une carte de similarité floue. Cette méthode de comparaison tient ainsi compte des deux types d'incertitudes possibles : dans l'attribution à une classe et dans la position géographique. Comme pour le Kappa classique, deux coefficients globaux sont calculés : la similarité moyenne (l'équivalent flou de la fraction stable pour le Kappa classique) et le Kappa flou (l'équivalent du coefficient Kappa pour le calcul classique).

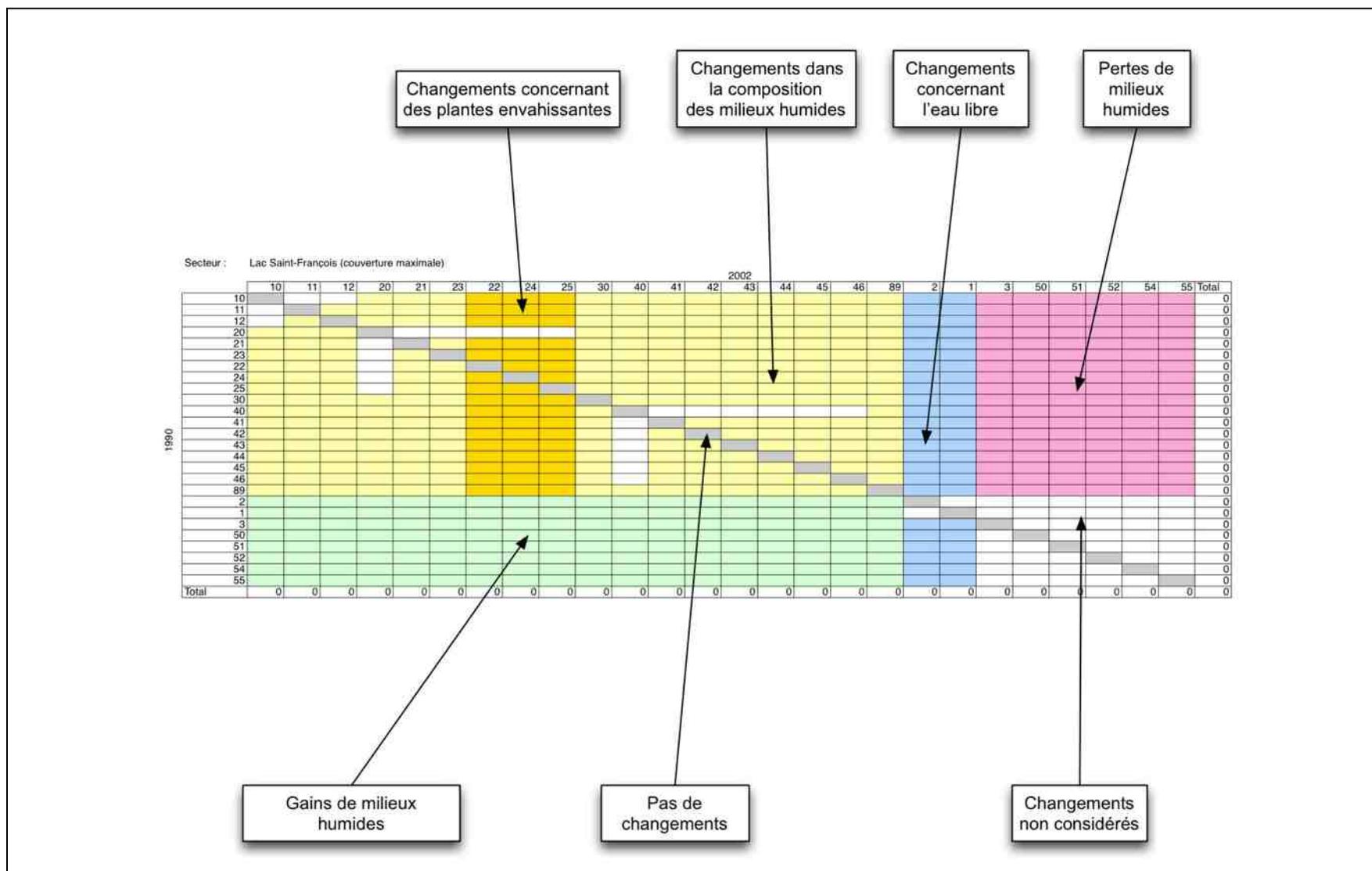


Figure 7 Zones d'intérêt identifiées dans les matrices de transition

Le calcul des coefficients Kappa et Kappa flou a été fait en utilisant le logiciel *Map Comparison Kit* (Visser et De Nijs, 2006). En plus du coefficient Kappa classique, nous avons utilisé deux autres composantes, soit la similarité quantitative (*KHisto*) et la similarité spatiale (*KLoc*). Pour le calcul des indices Kappa, les classes terrestres ont été fusionnées afin de simplifier ces zones des cartes et ainsi mettre l'accent sur les milieux humides. Les paramètres par défaut ont été utilisés pour le calcul du Kappa flou (rayon du voisinage fixé à quatre cellules, fonction spatiale à décroissance exponentielle avec mi-distance de deux cellules). La matrice de similarité utilisée pour définir la proximité des classes a été construite de manière à considérer comme identiques les classes appartenant à une même catégorie de milieux humides. À titre d'exemple, toutes les comparaisons faites entre les classes de hauts marais ont été traitées comme identiques (valeur de 1 dans la matrice de similarité).

Enfin, avec l'aide de l'ensemble de ces données, les cartes de changements de même que les matrices de transition ont servi à examiner les changements perçus et à statuer sur leur plausibilité en fonction de l'information disponible et de notre connaissance du terrain. Les images brutes de télédétection ayant servi à la classification ont été parfois utilisées afin de valider la plausibilité des changements ou d'identifier les incohérences sur l'une ou l'autre des cartographies.

Dans certains cas, les niveaux d'eau tirés de données historiques et de marées estimées au moyen du logiciel *Mr. Tides* (August Hahn, 2006), ont servi de base pour interpréter les changements faisant intervenir l'eau libre.

Pour alléger la description des changements observés, seuls ceux totalisant plus de 10 ha seront décrits, sauf exceptions.

4 Résultats

4.1 GÉNÉRALITÉS

La superficie de marais et marécages (excluant les eaux peu profondes) entre Cornwall et Trois-Pistoles entre 1970 et 1978 a été estimée à environ 18 945 ha par le Groupe Dryade (1980).

Plus récemment, la superficie des marais et marécages pour le même territoire était estimée à 22 228 ha en 1990-1991 et à 28 992 ha en 2000-2002 (figure 8). Ces bilans sont prudents, car ils sont calculés en retranchant les zones où des incohérences étaient visibles à un moment ou un autre durant la période couverte.

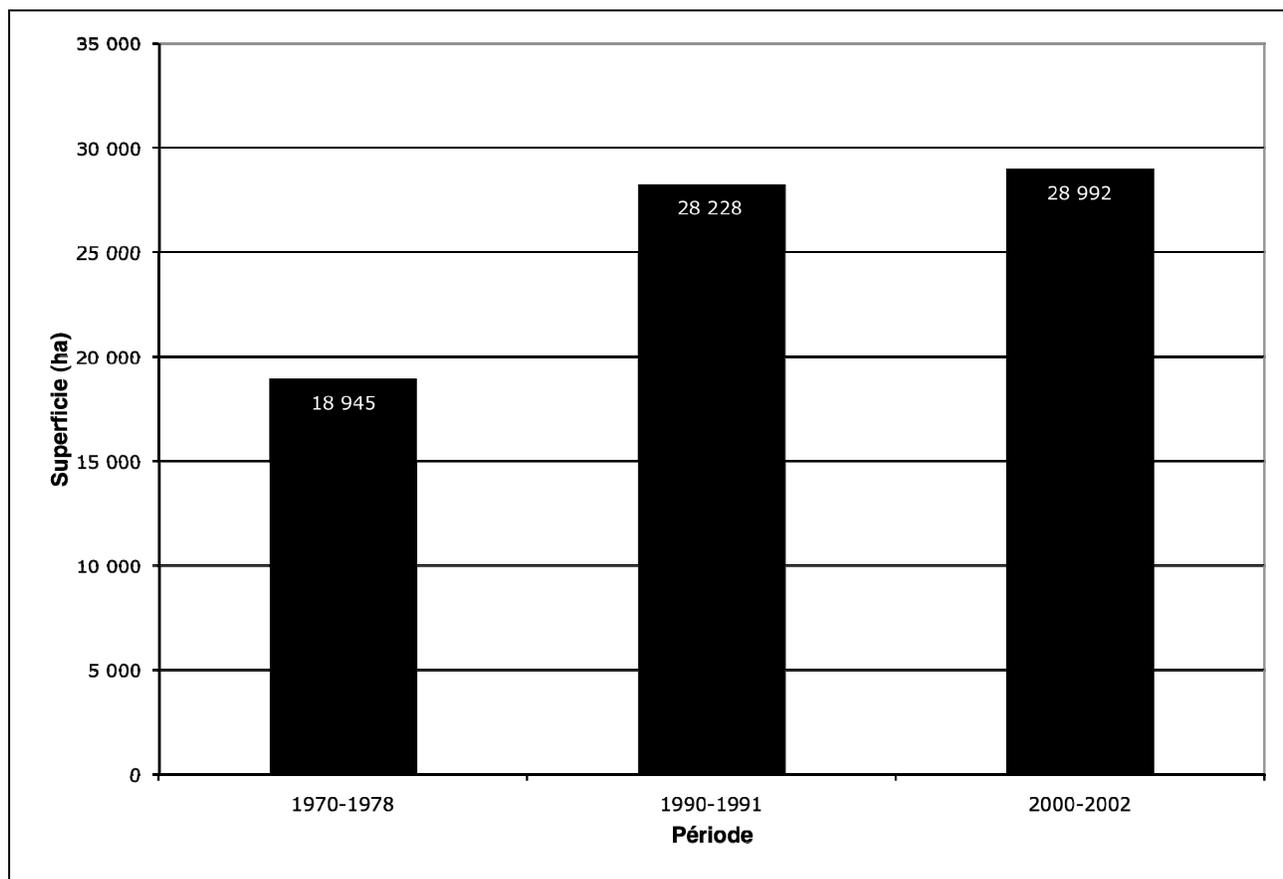


Figure 8 Évolution de la superficie totale des milieux humides entre 1970 et 2002

Ces résultats montrent une augmentation de 10 047 ha, soit un accroissement de 53 p. 100 par rapport aux années 1970. Cet important écart entre les deux périodes ne peut être entièrement considéré comme un véritable gain de milieux humides, car l'analyse du Groupe Dryade a largement sous-estimé les marécages arbustifs et arborés présents le long du Saint-Laurent. Ceux-ci sont estimés en 2000-2002 à 8604 ha pour l'ensemble du territoire à l'étude. Les plus grandes sous-estimations de milieux humides dans la cartographie du Groupe Dryade se situent au lac Saint-Pierre, au lac Saint-François et, dans une moindre mesure, au lac Saint-Louis, trois secteurs où les marécages arborés sont présents en quantité importante. À l'opposé, la superficie estimée par les cartographies plus récentes dans le secteur de l'estuaire fluvial (y compris Québec-Lévis) est inférieure à celle proposée par le Groupe Dryade.

La comparaison des deux couvertures cartographiques les plus récentes montre une augmentation de 764 ha (ou 2,7 p. 100). Cela contraste avec l'analyse de la période de 1945 à 1976, publiée par le Groupe Dryade (1981), qui montrait que les modifications le long du Saint-Laurent entre Cornwall et Matane totalisent une perte de 3642 ha, 75 p. 100 de celle-ci s'étant produite de 1945 à 1960. Les importants efforts de conservation des milieux humides réalisés depuis les années 1970 (particulièrement la constitution des réseaux des réserves nationales de faune et des refuges d'oiseaux migrateurs, en plus de nombreuses initiatives privées) ont certainement joué un rôle déterminant dans le maintien d'importantes superficies de milieux humides le long du Saint-Laurent.

Le gain net en superficie de milieux humides entre 1990-1991 et 2000-2002 cache toutefois d'importantes différences sectorielles (tableau 11). Ainsi, des gains nets sont observés dans les secteurs de Beauharnois-Valleyfield, du lac Saint-Louis, de Varennes-Contrecoeur, de même que du côté des estuaires fluvial, moyen et maritime. À l'opposé, des pertes nettes sont visibles dans le secteur de Montréal-Longueuil de même qu'au lac Saint-Pierre. Enfin, aucun changement net de superficie des milieux humides n'a été détecté au lac Saint-François, dans les bassins de La Prairie et dans le secteur de Québec-Lévis.

Tableau 11 Évolution des superficies des milieux humides entre 1990-1991 et 2000-2002

Secteur d'étude	Superficie (ha)			
	1990-1991	2000-2002	Différence	Pourcentage
Lac Saint-François	2043	2043	0	0
Beauharnois-Valleyfield	96	102	6	6,2
Lac Saint-Louis	643	685	42	6,5
Bassins de La Prairie	0	2	2	—
Montréal-Longueuil	332	267	-55	-17,1
Varenes-Contrecoeur	860	934	74	8,6
Lac Saint-Pierre	16 180	16 098	-82	-0,5
Estuaire fluvial	2552	2999	447	17,4
Québec-Lévis	951	951	0	0
Moyen estuaire*	3123	3279	156	4,7
Estuaire maritime*	1458	1632	174	11,9
Total	28 228	28 992	764	2,7

*couverture partielle

Les sections suivantes examinent en détail la dynamique des différents secteurs du fleuve Saint-Laurent.

4.2 LAC SAINT-FRANÇOIS

La superficie analysée pour le lac Saint-François entre 1990-1991 et 2000-2002 totalise 28 170 ha et inclut l'eau libre et les milieux terrestres adjacents (annexes 1 et 2). Il est à noter qu'une portion importante de la partie sud-ouest du lac n'a pas été cartographiée en raison de la présence d'un couvert nuageux en 1990-1991. Il en résulte donc une sous-estimation de la superficie des milieux humides de ce secteur.

Seule la portion ouest du lac Saint-François, soit un total de 6391 ha, est examinée entre 1970-1978 et 2000-2002 (annexes 3 à 6).

Les indices d'assèchement relatif pour le lac Saint-François sont présentés au tableau 12. L'examen de ces statistiques montre une humidification relative des milieux humides entre 1978 et 1990, alors que l'indice est stable depuis 1990.

Tableau 12 Indices d'assèchement relatif pour le secteur du lac Saint-François

Période	Indice d'assèchement relatif
Entre 1970-1978 et 1990-1991	-0,40
Entre 1990-1991 et 1996-1997	0,06
Entre 1996-1997 et 2000-2002	0,06
Entre 1990-1991 et 2000-2002	0,08

4.2.1 Évolution générale entre 1990-1991 et 2000-2002

L'examen de la période allant de 1990-1991 à 2000-2002 pour l'ensemble du lac montre que les milieux humides du lac ont augmenté de 98 ha, passant de 2602 ha à 2700 ha, une augmentation de 3,7 p. 100 (figure 9). Les pertes sont estimées à 559 ha alors que les gains s'élèvent à 657 ha. Toutefois, en tenant compte des incohérences, le bilan net est nul, c'est-à-dire aucune perte ni aucun gain d'importance. Les superficies corrigées de milieux humides s'établissent pour les deux dates à 2043 ha.

L'indice d'assèchement relatif pour cette comparaison est de 0,08, illustrant une légère tendance vers un assèchement des milieux humides du lac Saint-François (tableau 12). En soustrayant les changements faisant intervenir l'eau libre, on observe toujours une tendance vers des conditions plus sèches dans les milieux humides, bien que moins importante.

Aucune perte ni gain n'a été retenu pour la présente analyse (annexe 7).

Bien qu'aucun changement dans la superficie des milieux humides n'ait été retenu, plusieurs transformations sont apparentes au sein des milieux humides. La plus importante transformation progressive au sein des milieux humides montre le passage de 376 ha de hauts marais vers des marécages arbustifs. Le secteur à l'est de la rivière aux Saumons a subi un spectaculaire accroissement des marécages arbustifs depuis les années 1940 en raison de la disparition des feux dans les marais à *Carex* (Jean et Bouchard, 1991). En 1983, la superficie des marécages arbustifs était estimée à 385 ha. Pour le secteur étudié du lac Saint-François, les superficies de marécages arbustifs passent de 471 ha en 1990-1991 à 1127 ha en 2000-2002, une augmentation de 656 ha ou 139 p. 100. Bien qu'une surestimation des marécages arbustifs ait été cartographiée en 2000-2002, la tendance à la transformation en marécages au détriment des hauts marais à *Carex* semble se poursuivre.

Secteur : Lac Saint-François (couverture maximale)

		2002																					Total					
		10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total
1990	10	190			23				0	44	1	3						2		36	0	5	5	8	3		321	
	11																											0
	12																											0
	20	221			320					13	376	14	10						22		25	1	232	57	27	31	1349	
	21																											0
	23																											0
	22																											0
	24																							10	3	4	4	21
	25																											0
	30	8			8					0	346	16	12						3		13	0	14	37	2	11	471	
	40	1									2	8																13
	41	9			8					0	204	8	65						2		2		6	9	2	5	320	
	42	2			1					0	49	1	48								0		1	3	0	1	108	
	43																											0
	44																											0
	45																											0
	46																											0
	89																											0
	2	108			9					1	8	5	4						0			5427	2	8	5	24	5	5606
	1	46			0					0	2	4	4									14132	0	13	8	19	22	14251
	3	68			16					2	3	3	0						1			17		45	5	14	15	189
	50	52			32					0	32	43	1						0			115	0	1399	213	196	553	2636
	51	12			5						28	18	0									15	0	288	76	45	171	658
	52	47			5					0	18	29	2						0			138	1	482	123	302	314	1462
	54	2			2						13	30	0									18		110	80	44	467	766
55																											0	
Total		765	0	0	430	0	0	0	0	18	1127	179	152	0	0	0	0	30	0	0	19941	4	2612	623	688	1602	0	28170

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 9 Matrice de transition pour le lac Saint-François entre 1990-1991 et 2000-2002

De plus, 44 ha de bas marais se sont aussi transformés en marécages arbustifs. Ce changement s'observe près de l'embouchure de la rivière aux Saumons. Par ailleurs, 23 ha de bas marais s'assèchent et se transforment en hauts marais et *Lythrum salicaria* y domine sur 0,25 ha. Ces 23 ha de hauts marais sont identifiés le plus souvent dans les milieux humides enclavés situés au nord-est de la Réserve nationale de faune du lac Saint-François. À cela s'ajoutent 46 ha de hauts marais qui se transforment en marécages. De ce nombre, 14 ha sont des marécages sans dominants identifiés, alors que les autres sont dominés par *Salix* sp. (22 ha) ou par *Acer rubrum* (10 ha). Enfin, 31 ha de marécages arbustifs, dispersés sur le territoire à l'étude, passent à un faciès arboré (subdivisés en 3 ha de marécages à *Salix*, 12 ha à *Acer rubrum* et 16 ha sans dominant identifié).

Deux transformations régressives (vers du plus humide) d'importance sont observées. D'abord, 221 ha de hauts marais se transforment en bas marais. On observe ce remplacement principalement à la pointe Leblanc. Ensuite, 256 ha de marécages arborés dominés par *Acer rubrum* sont devenus des marécages arbustifs. Tous les marécages arborés sont touchés, notamment dans la Réserve nationale de faune du lac Saint-François. De plus, 12 ha de marécages arborés (2 ha dominés par *Larix laricina*, 9 ha par *Acer rubrum* et 1 ha sans dominant identifié) se transforment en bas marais.

En ce qui touche les espèces végétales envahissantes, plus de 13 ha de hauts marais dominés par *Lythrum salicaria* ont été identifiés en 2000-2002 sur le territoire du lac Saint-François, alors que cette espèce n'était pas répertoriée dans la cartographie précédente.

4.2.2 Évolution partielle entre 1970-1978 et 1990-1991

Les marais et marécages du secteur ouest du lac Saint-François passent de 2300 ha à 1452 ha durant cette période, soit une diminution de 848 ha ou 36,9 p. 100 (figure 10). Les pertes sont estimées à 1027 ha alors que les gains s'élèvent à 179 ha. Une fois les incohérences éliminées, les valeurs corrigées de superficie s'établissent à 1902 ha dans les années 1970 et à 1392 ha en 1990-1991, soit une diminution de 510 ha ou de près de 27 p. 100. La valeur corrigée des pertes est estimée à 628 ha alors que celle des gains est de 119 ha (figure 11).

Secteur : Lac Saint-François

		1990																						Total				
		10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total
Dryade	10	33			34					1		2	0							195	318	13	8	0	3	0	0	607
	11																											0
	12																											0
	20	237			601					144		34	6							71	23	53	65	13	27	14		1287
	21																											0
	23																											0
	22																											0
	24																											0
	25																											0
	30	3			44						59		25	1						5	2	17	26	3	7	5		197
	40	3			16						8		19	3						3	1	2	73	20	15	49		210
	41																											0
	42																											0
	43																											0
	44																											0
	45																											0
	46																											0
89																											0	
2	16			83						1		0							873	1022	2	11	1	16	2		2027	
1	7			7						5		1							202	1283	3	12	0	6	2		1527	
3																											0	
50	0			15						1		0							3		3	108	3	9	6		149	
51	0			9								0							1	0	4	129	9	18	19		190	
52																											0	
54	2			15						11		4	3						3	1	7	94	7	37	15		198	
55																											0	
Total		303	0	0	823	0	0	0	0	0	230	0	84	13	0	0	0	0	1354	2650	105	527	56	137	112	0	6391	

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 10 Matrice de transition pour la portion du lac Saint-François analysée entre 1970-1978 et 1990-1991

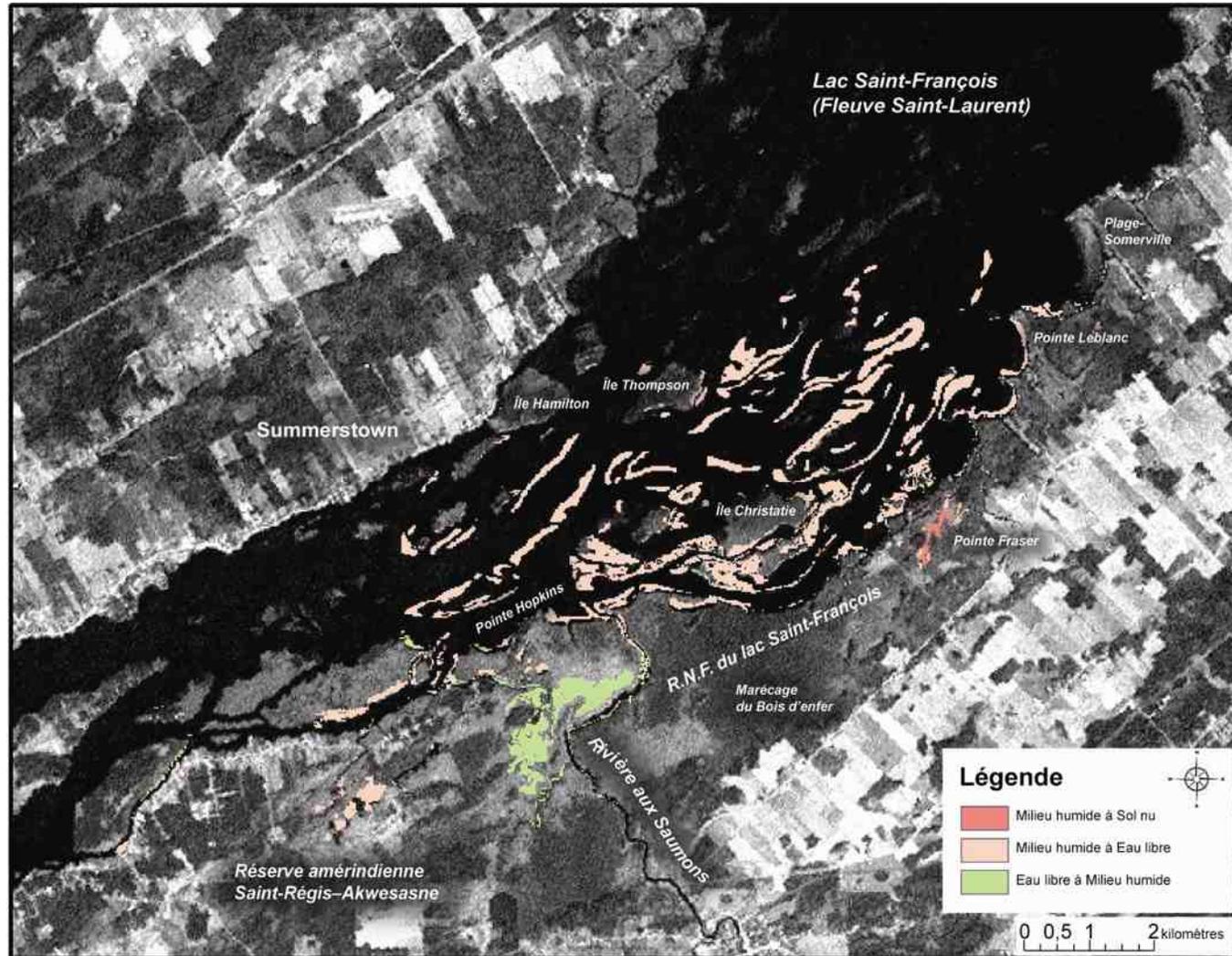


Figure 11 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages de la portion du lac Saint-François analysée entre 1970-1978 et 1990-1991

L'indice d'assèchement relatif (tableau 12) est de -0,40, illustrant que globalement, les milieux humides ont été plus humides en 1990-1991 qu'ils l'ont été durant la fin des années 1970. En soustrayant les changements liés à l'eau libre, on observe toujours une tendance vers des conditions plus humides, bien que moins importante.

Les principales pertes retenues dans la présente analyse sont représentées par une transformation des milieux humides en eau libre (616 ha). Ces changements pourraient être causés par des fluctuations naturelles (minimes au lac Saint-François depuis les années 1960) ou artificielles du niveau de l'eau. Parmi ceux-ci, une petite zone dans la réserve indienne de Saint-Régis–Akwasasne (totalisant 22 ha) montre clairement une modification de bas marais en eau libre. Ce changement pourrait être, par exemple, le résultat d'aménagements visant à améliorer des habitats fauniques. Par ailleurs, dans le secteur de la pointe Fraser, l'apparition de 12 ha de sols nus pourrait être due aux aménagements qui ont été réalisés.

En ce qui concerne les gains en superficie, les seuls retenus montrent le passage de 119 ha d'eau libre vers des milieux humides en 1990-1991. On rencontre ce phénomène près du chemin de la pointe Hopkins, dans la réserve indienne de Saint-Régis–Akwasasne. Cette importante divergence entre les deux couvertures pourrait être l'effet de l'utilisation de photographies aériennes acquises au printemps, période où la végétation des bas marais n'est souvent pas visible. Ces changements sont toutefois plausibles et sont pris en compte dans le présent exercice.

Les pertes et gains non retenus sont décrits à l'annexe 7.

Parmi les changements observés à l'intérieur des milieux humides durant cette période illustrant une évolution progressive (au sens de la vision traditionnelle de la succession écologique) et qui s'expriment par un assèchement relatif de ces écosystèmes, 34 ha de bas marais se sont transformés en haut marais. Ils se concentrent dans la réserve indienne de Saint-Régis–Akwasasne. De plus, 39 ha de haut marais, dispersés sur le territoire, se sont transformés en marécages arborés (34 ha étant des marécages arborés à *Acer rubrum*). Comme cela a été documenté dans les publications scientifiques (Jean et Bouchard, 1991), d'importantes superficies de hauts marais ont été envahies par les arbustes. D'après les données analysées, 144 ha de hauts marais, principalement dans la Réserve nationale de faune du lac Saint-François, ont donc été perdus en 1990-1991 au profit du marécage arbustif dominé par *Alnus incana* ssp. *rugosa*.

Parmi les changements régressifs (qui indiquent une tendance à l'humidification d'un milieu) observés durant cette période, on note le passage de 237 ha de haut marais vers des bas marais. Ils s'observent un peu partout sur le territoire, avec d'importantes concentrations dans la réserve indienne de Saint-Régis–Akwasasne, à l'embouchure de la rivière aux Saumons et autour de l'île Christatie. Ailleurs, de petites superficies dispersées, totalisant 44 ha, sont passées de marécages arbustifs à des hauts marais. De plus, 16 ha de marécages arborés se sont également transformés en 1990-1991 en haut marais. Enfin, des marécages arborés sont devenus des marécages arbustifs (26 ha), dans la portion sud-ouest du grand marécage de la Réserve nationale de faune du lac Saint-François.

Cette période ne présente pas de progression des plantes exotiques envahissantes.

4.2.3 Évolution partielle entre 1990-1991 et 1996-1997

Durant cette période, la superficie des milieux humides passe de 1452 ha à 1662 ha, soit une augmentation de 210 ha ou environ 14,5 p. 100 (figure 12). Les pertes sont estimées à 215 ha alors que les gains s'élèvent à 425 ha. Une fois les incohérences éliminées, le bilan net est nul avec une superficie minimale stable estimée à 1237 ha.

L'indice d'assèchement relatif pour cette période est de 0,06, ce qui dénote un très faible assèchement relatif observé (tableau 12). En soustrayant les changements liés à l'eau libre, on observe toutefois une légère tendance vers des conditions plus humides.

La totalité des pertes et des gains n'a pas été retenue (annexe 7).

Au sein des milieux humides, plusieurs changements progressifs sont survenus durant cette période. Ainsi, 12 ha de bas marais sont devenus des marécages arborés (dont 3 ha dominés par *Acer rubrum*), plutôt dispersés sur le territoire. De plus, 18 ha de bas marais sont devenus des marécages arbustifs et 24 ha de bas marais se sont relativement asséchés pour être classés comme hauts marais (dont 2 ha, localisés principalement près de la pointe Fraser, sont dominés par *Lythrum salicaria*).

Par ailleurs, 43 ha de hauts marais se sont transformés en marécages arborés, surtout autour de la pointe Hopkins. De ce nombre, 3 ha sont dominés par *Acer rubrum*. Une imposante superficie de hauts marais (130 ha) s'est transformée en marécages arbustifs (dominés par *Alnus incana* ssp. *rugosa*), dans les secteurs de la pointe Hopkins, de la Réserve nationale de faune du

lac Saint-François (le long de la rivière aux Saumons, du marécage du Bois d'enfer et de la pointe Fraser), du ruisseau McMillan, de la pointe Leblanc et de Plage-Somerville. De plus, 10 ha de marécages arbustifs sont devenus arborés (dont 2 ha sont dominés par *Acer rubrum*) ; ils sont principalement localisés dans la réserve indienne de Saint-Régis–Akwasasne.

Secteur : Lac Saint-François

		1997																					Total					
		10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total
1990	10	205			22					2	18	9	3							1	30	5	6	1	0	1	303	
	11																										0	
	12																										0	
	20	210			280					19	130	40	3							1	27	6	87	5	4	11	823	
	21																										0	
	23																										0	
	22																										0	
	24																										0	
	25																										0	
	30	9			7					1	182	8	2							0	10	0	6	1	0	5	230	
	40																										0	
	41	10			7					4	52	2	3								3	0	3	0	0	1	84	
	42	4			1					0	5	1	0								0	0	1	0	0	1	13	
	43																										0	
	44																										0	
	45																										0	
	46																										0	
	89																										0	
	2	123			12					2	4	5	3							7	1179	7	8	1	1	1	1354	
	1	42			0						1	2	5							4	2590	3	2	0	0	1	2650	
	3	61			7					6	2	1								3	10	1	9	1	1	5	105	
	50	20			29						4	19	0							6	23	6	177	48	11	182	527	
	51	2			2						3	11									2	0	13	4	0	20	56	
	52	10			10					0	5	5	1							2	23	0	28	8	2	43	137	
	54	1			2						2	24								0	4	0	15	4	0	59	112	
55																										0		
Total	696	0	0	378	0	0	0	0	34	408	126	20	0	0	0	0	0	0	25	3900	28	354	73	20	329	0	6391	

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 12 Matrice de transition pour la portion du lac Saint-François analysée entre 1990-1991 et 1996-1997

Sur le plan des changements internes régressifs, 14 ha de marécages arborés (10 ha dominés par *Acer rubrum* et 4 ha par *Larix laricina*) se sont transformés en bas marais, alors que 9 ha ont montré une transformation de marécages arbustifs en bas marais. De plus, 210 ha de hauts marais (le changement interne le plus important) sont devenus des bas marais. Ils s'observent dans les secteurs de la pointe Hopkins, de l'île Christatie, de la pointe Fraser, de la pointe Leblanc et de Plage-Somerville. De plus, 12 ha de marécages arborés (dont 1 ha est dominé par *Acer rubrum*) sont devenus des hauts marais (dont 4 ha sont dominés par *Lythrum salicaria*); ils sont principalement localisés près du ruisseau McMillan, à l'est de la pointe Fraser, et dans le secteur de Plage-Somerville. Seulement 8 ha de marécages arbustifs sont devenus des hauts marais (dont moins de 1 ha est dominé par *Lythrum salicaria*), et sont localisés dans des secteurs bien précis de la Réserve nationale de faune du lac Saint-François. Enfin, 57 ha de marécages arborés (dont 5 ha étaient dominés par *Larix laricina* et le reste par *Acer rubrum*) se sont transformés en marécages arbustifs. Ils s'observent dans la Réserve nationale de faune du lac Saint-François et dans les secteurs du ruisseau McMillan, de la pointe Leblanc et de Plage-Somerville.

Comme il est mentionné plus haut, des hauts marais dominés par *Lythrum salicaria* ont été identifiés sur la cartographie de 1997. Au total, 34 ha de ces hauts marais, répartis à la pointe Fraser, autour du ruisseau McMillan et à la pointe Leblanc ont été observés. Il très peu probable que l'on ait assisté à l'apparition de cette espèce depuis les années 1970; elle n'a tout simplement pas été cartographiée à l'époque (Groupe Dryade, 1980).

4.2.4 Évolution partielle entre 1996-1997 et 2000-2002

Durant cette période, les milieux humides passent de 1662 ha à 1590 ha, une diminution de 72 ha ou 4,3 p. 100 (figure 13). Les pertes sont de 270 ha alors que les gains sont de 199 ha. Une fois les incohérences éliminées, il n'y a aucune perte ni aucun gain entre les deux périodes. Les superficies corrigées s'élèvent donc à 1392 ha pour les deux dates.

L'indice d'assèchement relatif est estimé, comme c'est le cas pour la période précédente, à 0,06. Cela illustre qu'il n'y a pas de tendance marquée dans les changements enregistrés durant cette période. En soustrayant les changements liés à l'eau libre, on observe toujours une légère tendance vers des conditions plus sèches.

La totalité des pertes et des gains observés est rejetée après l'examen de leur plausibilité (annexe 7).

Comparativement aux périodes précédentes, les modifications internes sont ici moins importantes. Parmi les changements progressifs figure le passage de 13 ha de bas marais vers des marécages arborés. De ce nombre, 5 ha sont dominés par *Acer rubrum* et 2 ha par *Salix* sp. On observe principalement ces transformations sur les îles. La progression des marécages arbustifs, principalement dominés par *Alnus incana* ssp. *rugosa*, s'est poursuivie durant cette période récente. Ainsi, 47 ha de bas marais ont été transformés autour de la rivière aux Saumons (réserve indienne de Saint-Régis–Akwasasne et Réserve nationale de faune du lac Saint-François), de la pointe Fraser, de la pointe Leblanc et de Plage-Somerville. Par ailleurs, 71 ha de hauts marais remplacent des bas marais présents en 1996-1997. Ils se répartissent un peu partout dans les principaux secteurs couverts par des milieux humides du territoire à l'étude. De ce nombre, 1 ha est maintenant dominé par *Lythrum salicaria* dans le secteur de la pointe Fraser. Dix-huit hectares de hauts marais sont devenus des marécages arborés (dont 6 ha sont dominés par *Salix* sp. et 2 ha par *Acer rubrum*). Ils sont surtout localisés à l'île Hamilton, qui est un milieu terrestre; il s'agit donc fort probablement d'un problème d'attribution de classes. De plus, 25 ha de marécages arbustifs sont aussi devenus arborés en 2000-2002. Ils se concentrent dans le secteur de la pointe Leblanc. De ce nombre, 7 ha sont dominés par *Salix* sp. et 11 ha par *Acer rubrum*.

Secteur : Lac Saint-François

		2002																					Total					
		10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total
1997	10	434			71				1	47	6	5						2		75	2	12	8	31	2		696	
	11																											0
	12																											0
	20	69			168					5	60	10	2					4		6	0	37	8	5	4		378	
	21																											0
	23																											0
	22																											0
	24																											0
	25	5			15					3	9	0	0						2		0	0	0	1	0			34
	30	11			29					1	302	7	11						7		6	0	4	23	3	4		408
	40	6			18					0	43	25	1						1		3	0	7	15	2	5		126
	41	3			1						5	0	5						0		4	0	0	1	0	0		20
	42																											0
	43																											0
	44																											0
	45																											0
	46																											0
	89																											0
	2	2			1						0	0									17		1	1	2	1		25
	1	61			7						6	3	2						0		3797	1	4	2	15	3		3900
	3	10			3						1	0									6	0	0	3	5	0		28
	50	9			41					3	16	3	1						3		8	0	151	34	22	63		354
	51	1			4						4	3								3		3	20	9	2	27		73
	52	1			2						0	0	0						0		1		8	1	7	2		20
	54	0			1						4	5	0							4	0	0	20	10	26	258		329
55																											0	
Total		612	0	0	360	0	0	0	0	12	496	63	27	0	0	0	0	19	0	0	3930	4	263	115	119	370	0	6391

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 13 Matrice de transition pour la portion du lac Saint-François analysée entre 1996-1997 et 2000-2002

Enfin, 69 ha de hauts marais (dont 9 ha dominés par *Lythrum salicaria*) se sont transformés en marécages arbustifs, principalement dans les secteurs de Plage-Somerville, du ruisseau McMillan, de la pointe Fraser (probablement une sous-estimation en 1996-1997) et de la réserve indienne de Saint-Régis–Akwesasne.

Dans le cas des changements régressifs, 9 ha de marécages arborés (dont 3 ha dominés par *Acer rubrum*) sont devenus des bas marais. Ces derniers sont situés à l'embouchure de la rivière aux Saumons, à la pointe Fraser et à la pointe Leblanc. De plus, 11 ha de marécages arbustifs sont devenus des bas marais. Ils s'observent le long de plusieurs petits cours d'eau naturels ou artificiels. Une importante superficie, soit 74 ha, montre le passage de hauts marais vers les bas marais. De ce nombre, 5 ha sont dominés en 1996-1997 par *Lythrum salicaria*. De plus, 19 ha de marécages arborés auraient apparemment changé pour devenir des hauts marais (dont 2 ha seraient dominés par *Lythrum salicaria*). Une bonne partie de cette transformation semble être causée par un problème de classification sur les portions terrestres des îles Christatie et Plum. Par ailleurs, 48 ha de marécages arborés (dont 5 ha sont dominés par *Acer rubrum*) sont devenus des marécages arbustifs, localisés dans la réserve indienne de Saint-Régis–Akwesasne. Un total de 30 ha de marécages arbustifs sont devenus des hauts marais, dont 1 ha est dominé par *Lythrum salicaria*. Ils se concentrent aux environs du ruisseau McMillan, de la pointe Leblanc et dans une moindre mesure, à la pointe Fraser.

Durant cette période, la superficie dominée par *Lythrum salicaria* est passée de moins de 2 ha à 6 ha. Toutefois, il ne faut pas y voir une augmentation de l'abondance de cette espèce exotique envahissante. Cette différence résulte plus vraisemblablement de l'effort accru consacré aux travaux de terrain en 2000-2002, ce qui a permis de mieux identifier les espèces dominantes.

4.3 VALLEYFIELD-BEAUHARNOIS

La superficie analysée pour le secteur Valleyfield-Beauharnois entre 1990-1991 et 2000-2002 totalise 15 560 ha et inclut l'eau libre et les milieux terrestres adjacents (annexes 9 et 10). La presque totalité des rives de ce secteur a été couverte par l'analyse; seule la présence de quelques zones nuageuses masque certaines portions.

Par ailleurs, ce secteur n'a pas été analysé entre les années 1970-1978 et 1990-1991, 1990-1991 et 1996-1997, ainsi qu'entre 1996-1997 et 2000-2002.

L'examen du seul indice d'assèchement relatif calculé pour le secteur Beauharnois-Valleyfield (tableau 13) montre une humidification relative des milieux humides entre 1990-1991 et 2000-2002 caractérisée par le passage des marais vers de l'eau libre.

Tableau 13 Indices d'assèchement relatif pour le secteur Valleyfield-Beauharnois

Période	Indice d'assèchement relatif
Entre 1970-1978 et 1990-1991	-
Entre 1990-1991 et 1996-1997	-
Entre 1996-1997 et 2000-2002	-
Entre 1990-1991 et 2000-2002	-0,56

4.3.1 Évolution générale entre 1990-1991 et 2000-2002

L'examen de la dynamique des dix dernières années pour l'ensemble du secteur montre une diminution des milieux humides durant cette période. En effet, les milieux humides passent de 753 ha à 146 ha, soit une baisse de 81 p. 100 (figure 14). Les pertes sont estimées à 737 ha alors que les gains s'élèvent à 129 ha, une perte nette de 608 ha. Le bilan s'inverse toutefois après soustraction des incohérences. En effet, les superficies totales corrigées sont estimées à 96 ha en 1990-1991 et à 102 ha en 2000-2002, une augmentation de 6 ha ou 6 p. 100. Les pertes corrigées s'élèvent à 80 ha et les gains à 85 ha (figure 15).

L'indice d'assèchement relatif pour cette comparaison est de -0,56, illustrant une tendance vers des conditions plus humides dans les milieux humides du secteur (tableau 13). En soustrayant les changements liés à l'eau libre, on observe encore la même tendance.

Les seules pertes observées retenues totalisent 80 ha de milieux humides qui ont été inondés. La moitié des milieux perdus sont des bas marais qui se concentrent à la pointe du Buisson et à Pointe-des-Cascades. Le reste constitue des zones dominées par *Phragmites australis* qui ont été converties en eau libre dans les bassins de décantation situés le long du canal de Beauharnois. La réduction de la présence de *Phragmites australis* dans ces bassins de décantation sont le résultat des efforts entrepris par Canards Illimités Canada pour contrôler cette espèce dans le secteur.

Secteur : Beauharnois-Valleyfield

		2002																					Total					
		10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	
1990	10																				40		10	5	0	1		55
	11																											0
	12																											0
	20																						0	0				0
	21																											0
	23																											0
	22	8			6						0	2								21	19	8	455	108	9	59		694
	24																											0
	25																											0
	30																											0
	40																											0
	41																											0
	42																											0
	43																				1		2	0	0	1		3
	44																											0
	45																											0
46																											0	
89																											0	
2																				218		1	2	1	1		223	
1	19			2							1								40	5349	2	125	26	28	27		5620	
3				0							1									38		21	5	13	7		85	
50	8			12						4	3								9	70	4	3370	369	116	232		4198	
51	4			4						4	4								2	22	0	419	230	14	69		770	
52	32			13							8								37	239	3	1596	273	523	195		2920	
54	4			2						0	3								1	33		194	241	10	501		991	
55																											0	
Total	76	0	0	39	0	0	0	0	0	8	22	0	0	0	0	0	0	0	111	6028	17	6193	1259	715	1091	0	15560	

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 14 Matrice de transition pour le secteur Valleyfield-Beauharnois entre 1990-1991 et 2000-2002

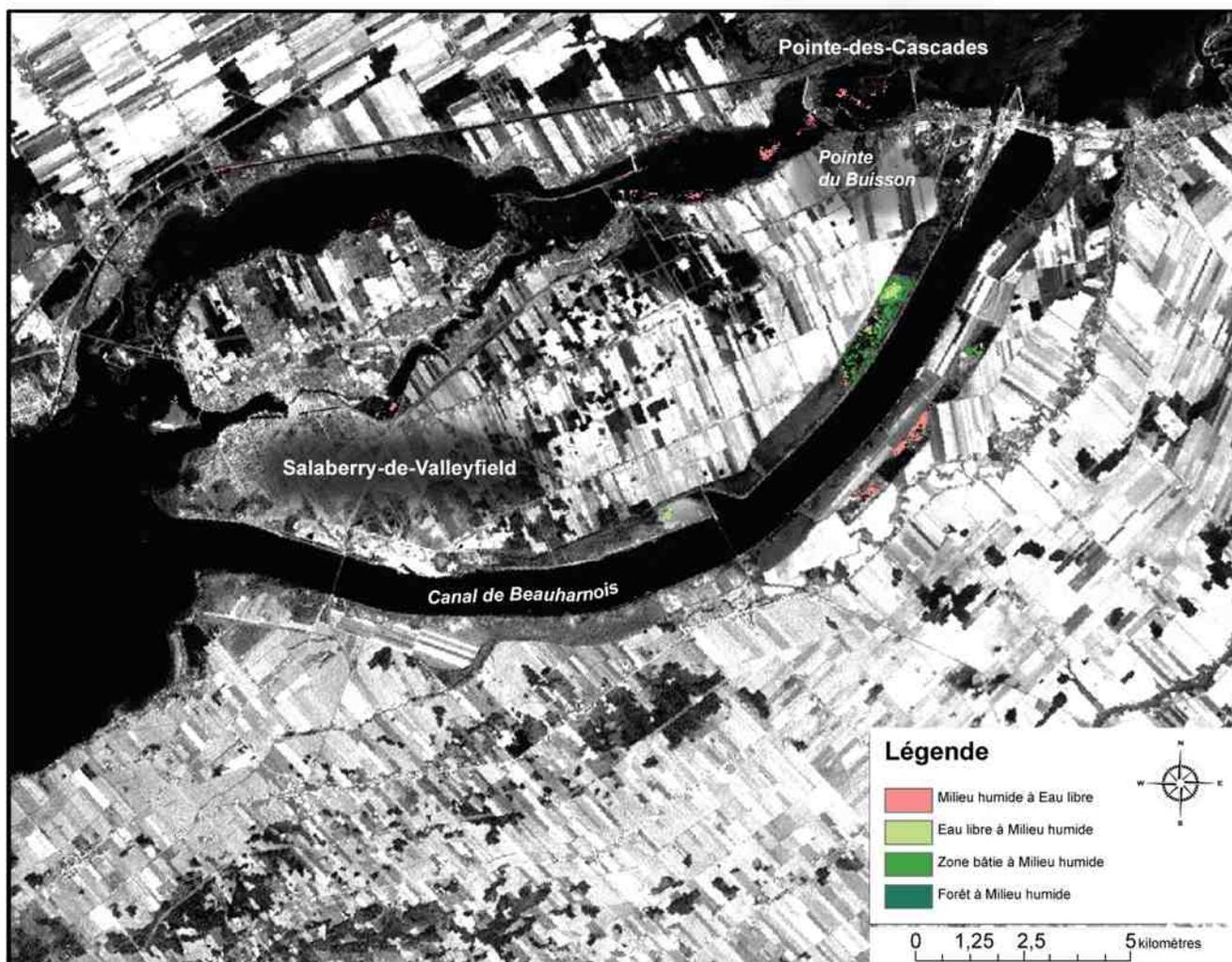


Figure 15 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du secteur Valleyfield-Beauharnois entre 1990-1991 et 2000-2002

Les gains retenus aux fins de la présente analyse se répartissent entre plusieurs types de changements. D’abord, 22 ha d’eau libre ont été identifiés comme bas marais en 2000-2002 dans les bassins situés sur la rive nord du canal de Beauharnois. Ces changements sont vraisemblables et ont été retenus. À ceux-ci s’ajoutent 53 ha de milieux humides (en majorité des bas marais) qui sont apparus au détriment de l’eau libre, incorrectement identifiée sur les images de 1990-1991 comme des zones bâties en raison du miroitement des rayons du soleil sur l’eau. Enfin, 10 ha de forêts se seraient transformés en milieux humides. C’est vraisemblablement le résultat d’une mortalité d’arbres en bordure des bassins le long du canal.

Les pertes et gains non retenus sont décrits à l’annexe 11.

Aucun changement important (de plus de 10 ha) au sein des milieux humides n’a été détecté pour ce secteur. Aucune espèce envahissante n’a été identifiée sur les images, bien que l’on sache que d’importantes colonies de *Phragmites australis* envahissent les bassins de décantation situés en bordure du canal de Beauharnois.

4.4 LAC SAINT-LOUIS

La superficie analysée pour le lac Saint-Louis entre 1990-1991 et 2000-2002 totalise 22 317 ha et inclut l’eau libre et les milieux terrestres adjacents. La couverture de ces deux cartes est presque entière (annexes 13 et 14).

Par ailleurs, la superficie examinée entre les années 1970-1978 et 2000-2002 ne couvre que la portion sud du lac et est estimée à 15 443 ha (annexes 15 à 18).

Les indices d’assèchement relatif pour le lac Saint-Louis sont présentés au tableau 14. L’examen de ces statistiques montre une humidification relative des milieux humides sur l’ensemble de la période analysée, à l’exception de la période entre 1996-1997 et 2000-2002.

Tableau 14 Indices d’assèchement relatif pour le secteur du lac Saint-Louis

Période	Indice d’assèchement relatif
Entre 1970-1978 et 1990-1991	-0,51
Entre 1990-1991 et 1996-1997	-0,13
Entre 1996-1997 et 2000-2002	0,24
Entre 1990-1991 et 2000-2002	-0,04

4.4.1 Évolution générale entre 1990-1991 et 2000-2002

Entre 1990-1991 et 2000-2002, le lac Saint-Louis a gagné 174 ha de milieux humides, passant de 844 ha en 1990-1991 à 1018 ha en 2000-2002 (figure 16). Il s'agit d'une augmentation d'environ 21 p. 100. Les pertes totalisent 201 ha alors que les gains s'élèvent à 374 ha. Une fois les incohérences soustraites, les superficies corrigées s'élèvent à 643 ha en 1990-1991 et à 685 ha en 2000-2002, soit une augmentation de 41 ha ou 7 p. 100. Les pertes corrigées sont nulles alors que les gains totalisent 41 ha (figure 17).

L'indice d'assèchement relatif (tableau 14) est de -0,04, illustrant que globalement, il n'y a pas de tendance marquée dans les transformations trouvées au sein des milieux humides. En soustrayant les changements liés à l'eau libre, on observe toutefois un assèchement relatif des milieux humides.

Les seuls gains conservés durant cette période se caractérisent par une conversion de 41 ha d'eau libre en 1990-1991 qui deviennent des bas marais en 2000-2002. Ceux-ci se concentrent principalement dans la partie protégée de la Réserve nationale de faune des îles de la Paix et semblent indiquer que ce secteur est en train de se transformer.

Les pertes et gains non retenus sont décrits à l'annexe 19.

Comme dans le cas du lac Saint-François, nous disposons de données historiques pour le lac Saint-Louis nous permettant d'examiner les changements au sein des milieux humides durant cette période (Jean *et al.*, 1992). D'abord, sur le plan des changements internes progressifs, 51 ha de bas marais se sont transformés en marécages arborés. Ils se concentrent principalement sur la pointe nord de l'île Saint-Bernard. Par ailleurs, les espèces végétales envahissantes continuent à gagner du terrain, comme semble le montrer la transformation en hauts marais de 82 ha de bas marais. Ces superficies se répartissent en 67 ha dominés par *Phalaris arundinacea* et 14 ha par *Phragmites australis*. La première espèce se rencontre de la Réserve nationale de faune des îles de la Paix et à l'île Saint-Bernard, alors que la seconde s'observe à l'extrémité ouest de la réserve indienne de Kahnawake. La présence de *Phragmites australis* était particulièrement visible en 2002. Bien qu'il soit possible de déceler cette espèce sur les images brutes de 1990-1991, l'absence de données de terrain spécifiques à cette communauté végétale nous a empêchés de l'identifier sur la cartographie de la même année.

Secteur : Lac Saint-Louis (couverture maximale)

		2002																						Total				
		10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total
1990	10	273					14	67			51									28	54		1	10	25	7	530	
	11																											0
	12																											0
	20	8					0	36			2									1	2		0	2	3	0	56	
	21																											0
	23																											0
	22																											0
	24																											0
	25	15						2	4			2									0	0			0	0	0	24
	30	24						1	11			8									0	1		0	0	2	0	47
	40																											0
	41																											0
	42																											0
	43	40						3	8			74									1	6		1	4	6	45	188
	44																											0
	45																											0
	46																											0
89																											0	
2	22							2			1									72	3744		4	6	10	9	3869	
1	14							1			1									233	10325		17	9	59	25	10683	
3	5							2			2									2	18		4	1	16	3	53	
50	12							4			8									1	12		785	272	265	147	1507	
51	7						0	2			17									1	6		155	113	184	140	626	
52	14						0	5			14									12	109		347	149	2052	856	3557	
54	28						0	8			204									1	14		45	48	179	651	1179	
55																											0	
Total	463	0	0	0	0	0	21	151	0	0	384	0	0	0	0	0	0	0	0	352	14292	0	1358	614	2801	1883	0	22317

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 16 Matrice de transition pour le lac Saint-Louis entre 1990-1991 et 2000-2002

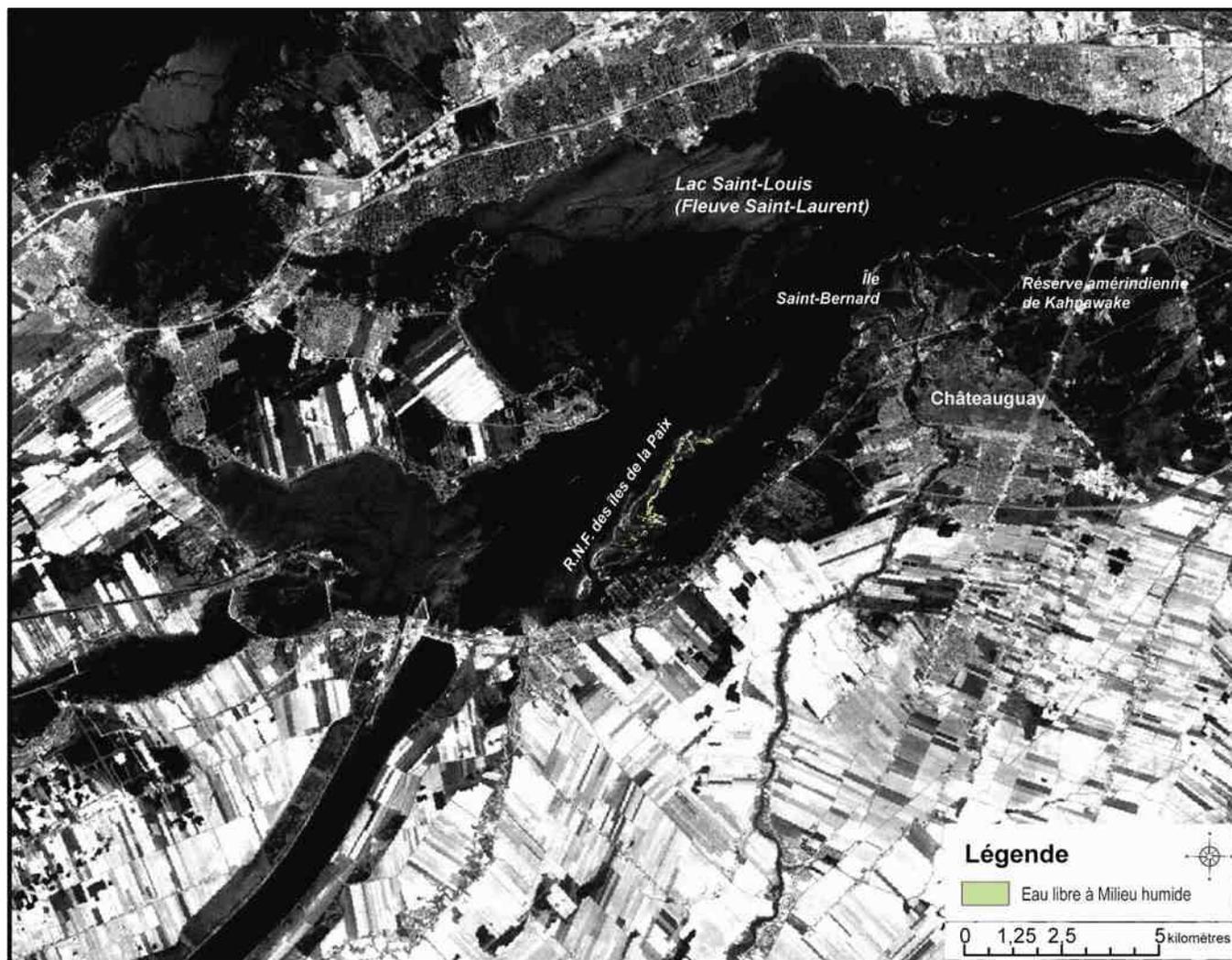


Figure 17 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du lac Saint-Louis entre 1990-1991 et 2000-2002

À l'inverse, 23 ha de hauts marais, dont 15 ha dominés par *Lythrum salicaria*, sont devenus des bas marais, visibles dans la portion ouest de Châteauguay. On semble donc observer dans ce secteur une diminution de la dominance de cette espèce végétale envahissante. Par ailleurs, 24 ha de marécages arbustifs sont devenus des bas marais. Ils s'observent principalement au centre de l'île Saint-Bernard (résultat de la période de hauts niveaux d'eau des années 1970 et de l'aménagement faunique créé au début des années 2000). De plus, 40 ha de marécages dominés par *Acer saccharinum* se sont transformés en bas marais et ceux-ci se concentrent dans la portion ouest de la réserve indienne de Kahnawake (notons qu'il y a eu aussi une surestimation des marécages en 1990, pouvant entraîner des différences notables dans l'interprétation des données). Les marécages arbustifs ont diminué de 12 ha au profit des hauts marais. De ce nombre, 11 ha étaient dominés par *Phalaris arundinacea* et 1 ha par *Phragmites australis*. Deux concentrations de nouveaux hauts marais sont présentes : dans la portion ouest de la Réserve nationale de faune des îles de la Paix de même que sur l'île Saint-Bernard. Enfin, 11 ha de marécages arborés dominés par *Acer saccharinum* sont devenus des hauts marais (8 ha dominés par *Phalaris arundinacea* et 3 ha par *Phragmites australis*).

Ainsi, le secteur de la Réserve nationale de faune des îles de la Paix affiche une importante augmentation de la superficie occupée par les hauts marais dominés par *Phalaris arundinacea*. La cartographie de 1990-1991 montre une absence complète de ce type de milieux humides sur le territoire. Les travaux de Jean *et al.* (1992) montrent que cette communauté végétale était présente sur les îles en 1991. Il semble donc vraisemblable que cette espèce ait été sous-estimée sur la cartographie de 1990-1991. Par ailleurs, la superficie des hauts marais à *Phalaris arundinacea* dans les données de Jean *et al.* (1992) est légèrement inférieure à celle illustrée sur la cartographie de 2000-2002.

4.4.2 Évolution partielle entre 1970-1978 et 1990-1991

Durant cette période, les milieux humides de ce secteur passent de 387 ha à 440 ha, soit une augmentation de 53 ha ou 13,7 p. 100 (figure 18). Les pertes sont estimées à 103 ha alors que les gains s'élèvent à 155 ha. Une fois les incohérences éliminées, les superficies corrigées sont de 366 ha dans les années 1970 et de 344 ha en 1990-1991, une diminution de 22 ha ou 6 p. 100. Les pertes corrigées s'établissent à 84 ha alors que les gains corrigés sont de 58 ha (figure 19).

L'indice d'assèchement relatif (tableau 14) est de -0,51, illustrant que globalement, les milieux humides ont été plus humides en 1990-1991 qu'ils ne l'ont été durant la fin des années 1970. En soustrayant les changements liés à l'eau libre, on observe une tendance encore plus importante vers des conditions plus humides.

Les principales pertes retenues représentent des changements de milieux humides en eau libre (76 ha) survenus surtout en bordure des îles de la Paix. La grande majorité de ces changements est vraisemblablement causée par des fluctuations du niveau de l'eau ou par les données printanières utilisées par le Groupe Dryade (la végétation des bas marais n'étant pas encore visible). N'ayant cependant pas accès aux dates exactes de prises des photographies aériennes utilisées par ces auteurs, il nous est impossible de retenir l'une ou l'autre de ces explications. Par ailleurs, quelques 8 ha de milieux humides de la pointe Ross et de la réserve indienne de Kahnawake ont été convertis en zones bâties en 1990-1991. Il semble s'agir de véritables pertes.

Les gains retenus (58 ha) se font au détriment de l'eau libre. On les observe surtout autour des îles de la Paix, ainsi que près de l'île Saint-Bernard. Comme dans le cas inverse, nous ne possédons pas d'information qui permettrait de conclure que ces changements ne sont pas plausibles.

Les pertes et gains non retenus sont décrits à l'annexe 19.

Durant cette période, la végétation des milieux humides a montré peu de changements internes progressifs. Ainsi, 6 ha de bas marais sont devenus des hauts marais, dont 5 ha dominés par *Lythrum salicaria*, et il y a eu transformation d'autres bas marais en marécages arbustifs (2 ha) ou en marécages arborés (4 ha). Enfin, 4 ha de marécages arbustifs ont progressé vers des marécages arborés.

Parmi les changements internes régressifs observés, 15 ha de marécages arborés se sont transformés en hauts marais. Parmi ceux-ci, 4 ha sont spécifiquement liés à la présence de *Lythrum salicaria*. De plus, 115 ha de marécages arborés ont été convertis en bas marais. Ces superficies sont localisées au centre de l'île Saint-Bernard et aux îles de la Paix. Finalement, 20 ha de marécages arborés sont devenus des marécages arbustifs. Tous ces changements au sein des milieux humides peuvent être la résultante de la période des hauts niveaux d'eau observée au milieu des années 1970 (Jean *et al.*, 1992).

Secteur : Lac Saint-Louis

1990

	10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total
10	90			1					5	2				4					26	34	2	0	0	2	2		166
11																											0
12																											0
20																											0
21																											0
23																											0
22																											0
24																											0
25																											0
30	7			0					0	1				4					2	1	0			0	1		16
40	115			11					4	20				21					6	7	2	2	3	6	9		206
41																											0
42																											0
43																											0
44																											0
45																											0
46																											0
89																											0
2	38			0					0	1				1					383	761	6	1	2	16	2		1210
1	14			2						1				1					269	1270	4	1	2	9	0		1573
3																											0
50	1			0					0	0									0	0		17	5	9	4		37
51	21			24						6				3					2	3	3	27	10	10	6		115
52																											0
54	13			0					1	2				26					0		1	8	14	7	66		138
55																											0
Total	299	0	0	39	0	0	0	0	10	32	0	0	0	60	0	0	0	0	687	2075	17	57	36	58	89	0	3459

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 18 Matrice de transition pour la portion du lac Saint-Louis analysée entre 1970-1978 et 1990-1991

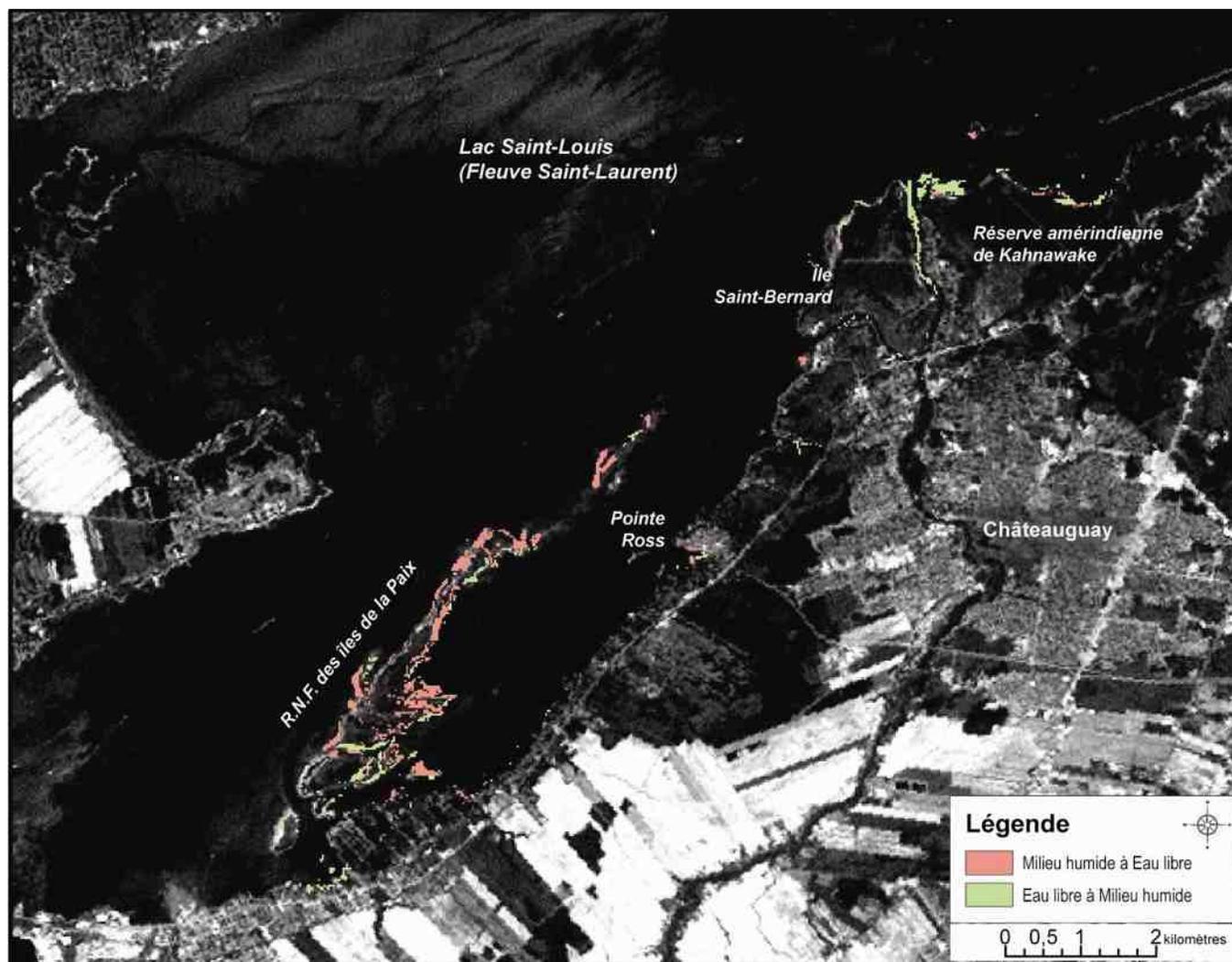


Figure 19 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages de la portion du lac Saint-Louis analysée entre 1970-1978 et 1990-1991

4.4.3 Entre 1990-1991 et 1996-1997

La superficie des milieux humides passe, durant cette période, de 440 ha en 1990-1991 à 374 ha en 1996-1997, soit une diminution de 66 ha ou 15 p. 100 (figure 20). Les pertes sont estimées à 107 ha alors que les gains sont de 42 ha. Une fois les incohérences supprimées, les superficies corrigées sont de 403 ha en 1990 et de 356 ha, soit une diminution de 47 ha ou 12 p. 100. Les pertes corrigées sont de 70 ha et les gains de 24 ha (figure 21).

L'indice d'assèchement relatif pour cette période est de -0,13 (tableau 14), illustrant que globalement, les milieux humides en 1996-1997 ont été légèrement plus humides qu'en 1990-1991. En soustrayant les changements liés à l'eau libre, on observe toutefois une tendance vers des conditions plus sèches.

Les seules pertes retenues (70 ha) sont le résultat d'apparition de zones d'eau libre. On les observe autour des îles de la Paix, de l'île Saint-Bernard ainsi que le long de la rive du côté ouest de la réserve indienne de Kahnawake. En ce qui concerne les îles de la Paix, des fluctuations du niveau de l'eau, de même que la date tardive de l'acquisition des images en 1996-1997, pourraient être en cause (station hydrométrique de Pointe-Claire – 02OA039 : 21,12 m le 21 août 1990 et 21,38 m le 17 octobre 1996; source : HYDAT 2001). Il est toutefois possible que des problèmes de géométrie observés sur la carte de 1990-1991 à l'île Saint-Bernard puissent également expliquer une partie de ces changements.

Les gains retenus (24 ha) sont attribuables à la disparition de zones d'eau libre. On les observe de façon éparse, aux îles de la Paix, à l'île Saint-Bernard et dans la portion ouest de la réserve indienne de Kahnawake. Bien que des questions de géométrie puissent être en cause aux abords de l'île Saint-Bernard, rien ne nous permet de croire que ces changements ne sont pas vraisemblables.

Les pertes et gains non retenus sont décrits à l'annexe 19.

Au sein des milieux humides, les principaux changements progressifs se caractérisent par la transformation de plus de 38 ha de bas marais en hauts marais. Ils s'observent aux îles de la Paix et à l'île Saint-Bernard. De ceux-ci, à peine 1 ha est dominé par *Phragmites australis*. Aux mêmes sites, d'autres bas marais sont disparus (19 ha) au profit du marécage arboré.

Secteur : Lac Saint-Louis

		1997																					Total					
		10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total
1990	10	161			38			0				19								19	46		3	5	1	8	299	
	11																											0
	12																											0
	20	4			28							4								0	1		1	1	0	0	39	
	21																											0
	23																											0
	22																											0
	24																											0
	25	7			1			0				0								0	0		0	0		0	10	
	30	15			8			0				7								0	1		0	0	0	0	1	32
	40																											0
	41																											0
	42																											0
	43	12			6			0				22								1	2		2	3	0	12	60	
	44																											0
	45																											0
46																											0	
89																											0	
2	10			2			0				1								18	656		0		0	0	687		
1	8			1							2								14	2047		1	0	0	1	2075		
3	3			1							1								1	9		0	0	1	1	17		
50	1			2							0								0	1		25	12	4	11	57		
51	1			0							0								0	2		7	11	1	13	36		
52	1			0							1								1	21		13	3	5	14	58		
54	3			1							3								0	2		8	11	1	62	89		
55																											0	
Total	225	0	0	89	0	0	1	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	55	2787	0	60	46	14	124	0	3459	

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 20 Matrice de transition pour la portion du lac Saint-Louis analysée entre 1990-1991 et 1996-1997

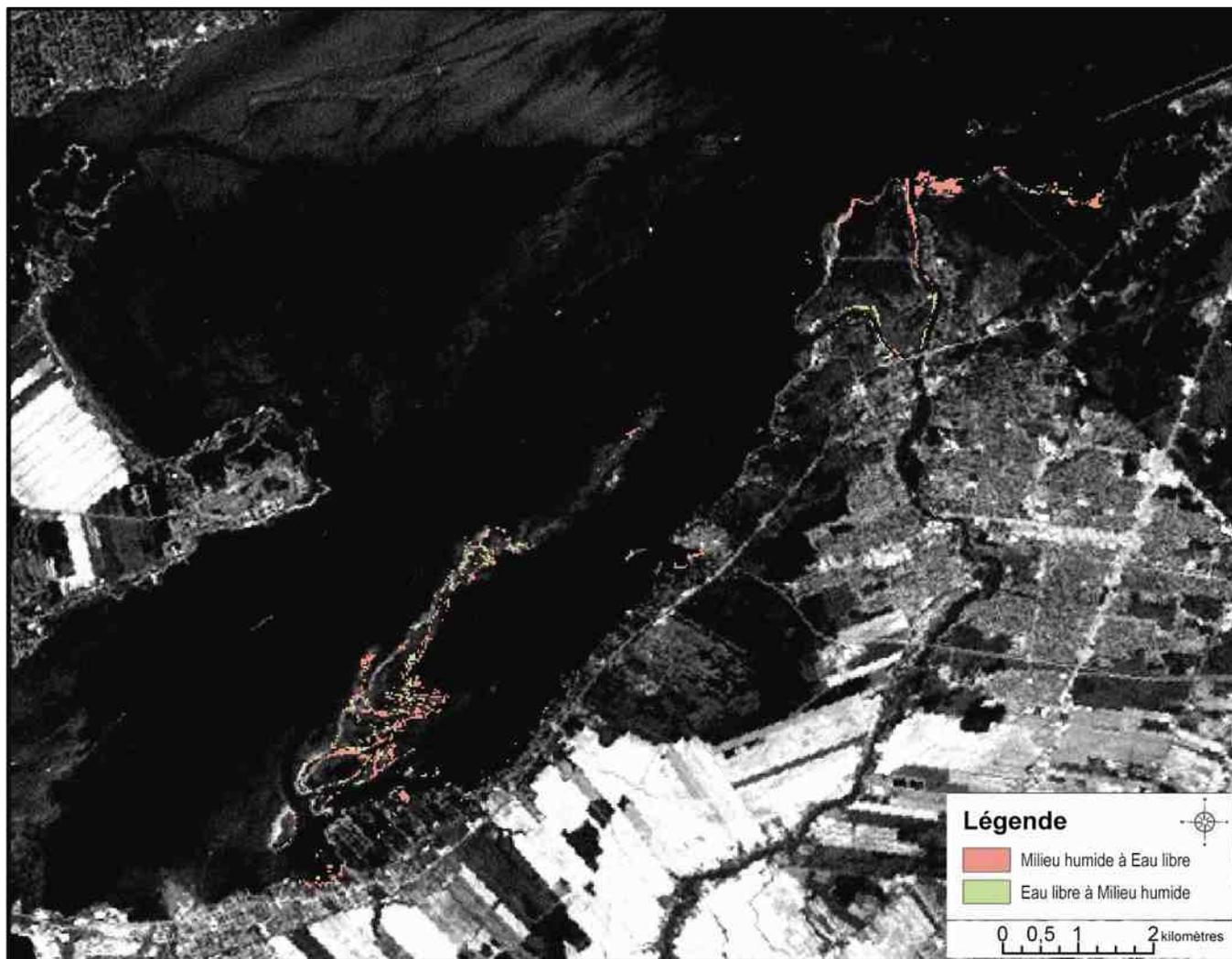


Figure 21 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages de la portion du lac Saint-Louis analysée entre 1990-1991 et 1996-1997

Par ailleurs, les marécages arborés semblent progresser, comme le montre la transition de 4 ha de hauts marais et de 7 ha de marécages arbustifs. Enfin, moins de 1 ha de hauts marais dominés par *Lythrum salicaria* serait devenu des marécages arborés.

Parmi les changements régressifs, on observe que 15 ha de marécages arbustifs sont devenus des bas marais, principalement localisés sur l'île Saint-Bernard. De plus, 12 ha de marécages arborés dominés par *Acer saccharinum* se sont transformés en bas marais, principalement sur le pourtour de l'île Saint-Bernard ainsi que dans la réserve indienne de Kahnawake. Enfin, 11 ha de hauts marais sont devenus des bas marais. On rencontre cette transformation aux îles de la Paix et à l'île Saint-Bernard. De ce nombre, 7 ha des hauts marais étaient dominés par *Lythrum salicaria*.

4.4.4 Évolution partielle entre 1996-1997 et 2000-2002

Les milieux humides passent de 374 ha en 1996 à 517 ha en 2000-2002, soit une augmentation de 143 ha ou 38 p. 100 (figure 22). Les pertes sont de 38 ha alors que les gains sont de 181 ha. Une fois les incohérences éliminées, les superficies corrigées sont de 344 ha en 1996 et de 390 ha en 2000-2002, un gain de 46 ha ou 13,4 p. 100. Les pertes corrigées s'élèvent à 8 ha alors que les gains corrigés sont de 54 ha (figure 23).

L'indice d'assèchement relatif pour cette période est de 0,24 (tableau 14), illustrant que globalement, les milieux humides se sont relativement asséchés durant cette période. En soustrayant les changements liés à l'eau libre, on observe toujours une tendance vers des conditions plus sèches, bien que moins forte.

Des pertes observées, seule la conversion de 8 ha de milieux humides en zones bâties est considérée comme plausible. On peut voir cette transformation au pourtour, de même qu'au centre de l'île Saint-Bernard où, entre autres, des aménagements fauniques ont été réalisés en 2000.

Les seuls gains considérés dans la présente analyse correspondent à une transformation de 54 ha d'eau libre qui seraient devenus des milieux humides. Ils se répartissent en majeure partie sur la rive est des îles de la Paix. Les niveaux d'eau pourraient être la cause de ces transformations (voir plus haut pour les niveaux d'eau enregistrés).

Les pertes et les gains non retenus sont décrits à l'annexe 19.

Secteur : Lac Saint-Louis

		2002																						Total				
		10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total
1997	10	151					0	30			22								6	9			2	5			225	
	11																											0
	12																											0
	20	23						44			12								1	2			5	2			89	
	21																											0
	23																											0
	22	0					0	0			0									0								1
	24																											0
	25																											0
	30																											0
	40	15							7			32								1	3			0	1			60
	41																											0
	42																											0
	43																											0
	44																											0
	45																											0
	46																											0
	89																											0
	2	27							2			2								9	14			0	1			55
	1	18							2			5								290	2462			0	10			2787
3																											0	
50	5							2			8								0	0			7	17	18	2	60	
51	8							2			13								0	0		1	4	6	11	46		
52	0							0			0								0	0		0	2	9	0	14		
54	8							2			78								0	1		0	2	25	7	124		
55																											0	
Total	256	0	0	0	0	0	1	90	0	0	171	0	0	0	0	0	0	0	309	2492	0	9	34	78	21	0	3459	

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 22 Matrice de transition pour la portion du lac Saint-Louis analysée entre 1996-1997 et 2000-2002

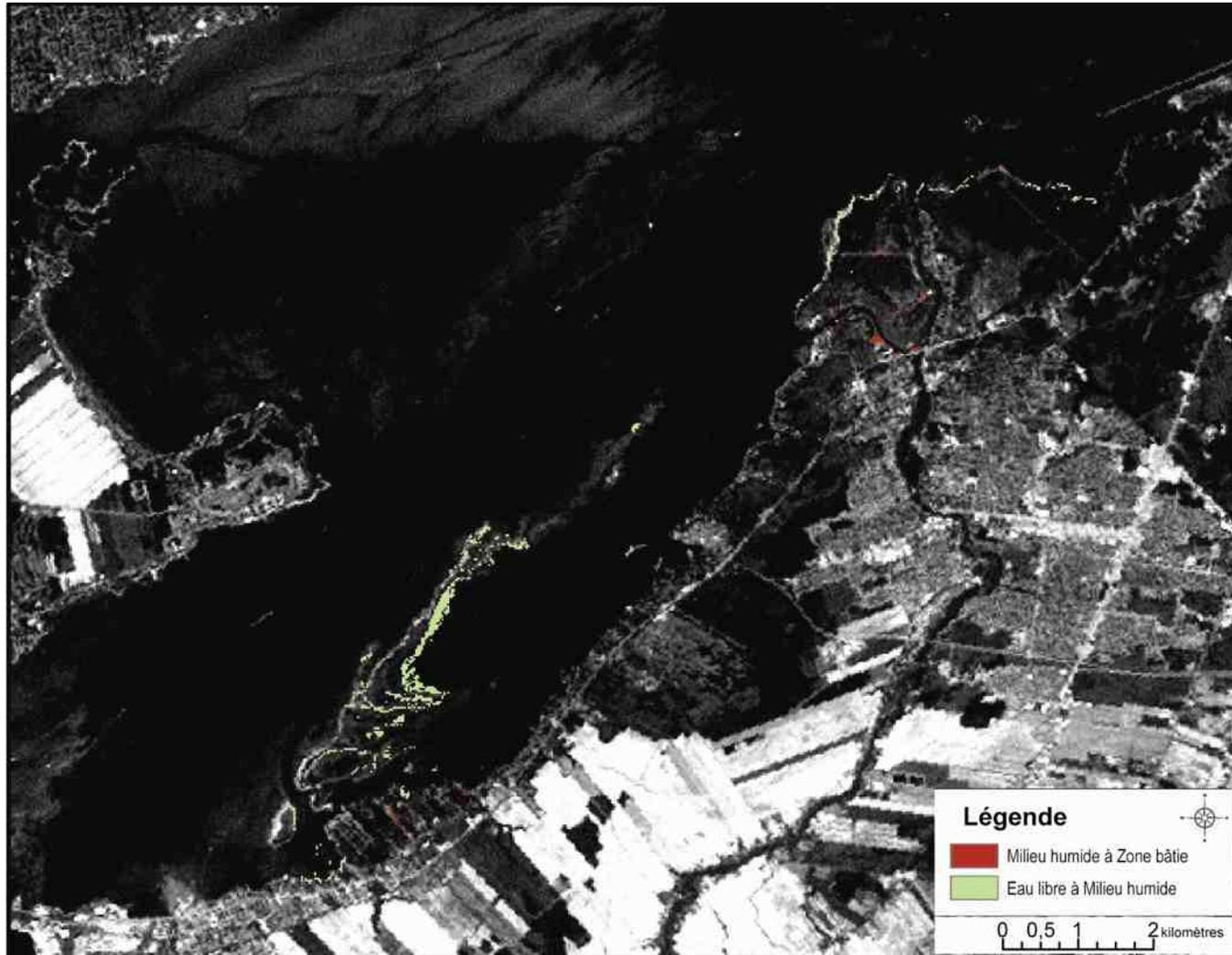


Figure 23 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages de la portion du lac Saint-Louis analysée entre 1996-1997 et 2000-2002

Au sein des milieux humides, les changements progressifs comprennent 30 ha de bas marais qui sont devenus des hauts marais dominés par *Phalaris arundinacea*. Ils s'observent aux îles de la Paix et à l'île Saint-Bernard. Cette transformation contribue principalement aux 39 ha de hauts marais apparus entre 1990 et 1996. Par ailleurs, 22 ha de bas marais se sont transformés en marécages arborés. Ils s'observent principalement à la pointe nord de l'île Saint-Bernard de même que dans la réserve indienne de Kahnawake. Finalement, 12 ha de hauts marais, situés surtout sur l'île Saint-Bernard, se sont transformés en marécages arborés.

Les changements régressifs montrent que 23 ha de hauts marais sont identifiés comme bas marais en 2000-2002. Ils se concentrent en grande majorité sur l'île Saint-Bernard et pourraient être une des résultantes des aménagements fauniques construits sur ce site. Toujours sur l'île Saint-Bernard, 15 ha de marécages arborés sont devenus des bas marais. Enfin, 7 ha de marécages arborés seraient devenus des hauts marais dominés par *Phalaris arundinacea*, principalement localisés sur l'île Saint-Bernard de même que sur les îles de la Paix.

On note finalement, en ce qui a trait aux espèces végétales envahissantes, la détection d'un total de 90 ha de hauts marais dominés par *Phalaris arundinacea*.

4.5 BASSINS DE LA PRAIRIE

La superficie analysée pour les bassins de La Prairie entre 1990-1991 et 2000-2002 totalise 14 164 ha et inclut l'eau libre et les milieux terrestres adjacents (annexes 21 et 22). Il est à noter que la portion au sud-est du secteur n'a pas été analysée. Il en résulte donc une sous-estimation de la superficie des milieux humides. L'analyse des différences entre les années 1970 et 2000 n'a pas été réalisée pour ce secteur. De plus, les indices d'assèchement relatif n'ont pas été calculés pour les bassins de La Prairie.

4.5.1 Évolution générale entre 1990-1991 et 2000-2002

Les milieux humides de ce secteur sont passés de 0 ha à 2 ha (figure 24). Il n'y a pas de pertes et les gains s'élèvent seulement à 2 ha.

Nous n'avons pas de données de terrain pour ce secteur, ce qui est sûrement une lacune dans l'identification des milieux humides. L'ensemble des gains observés est dû à la présence de hauts marais à *Phragmites australis* en 2000-2002.

Secteur : Bassins de La Prairie (couverture maximale)

		2002																					Total					
		10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total
1990	10																											0
	11																											0
	12																											0
	20																											0
	21																											0
	23																											0
	22																											0
	24																											0
	25																											0
	30																											0
	40																											0
	41																											0
	42																											0
	43																											0
	44																											0
	45																											0
46																											0	
89																											0	
	2						0													116	781		7	7	10	23	945	
	1						1													20	3681		20	12	52	55	3841	
	3																										0	
	50						0														4		47	43	42	44	179	
	51						0														24		69	106	153	129	482	
	52						1													0	106		172	240	1528	472	2518	
	54																				8		14	37	18	197	273	
	55																										0	
	Total	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	136	4604	0	328	445	1803	920	8237	

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 24 Matrice de transition pour le secteur des bassins de La Prairie entre 1990-1991 et 2000-2002

4.6 MONTRÉAL-LONGUEUIL

La superficie analysée pour le secteur Montréal-Longueuil entre 1990-1991 et 2000-2002 totalise 24 977 ha et inclut l'eau libre et les milieux terrestres adjacents. La couverture est complète pour le secteur (annexes 24 et 25).

Par ailleurs, la superficie examinée entre les années 1970-1978 et 2000-2002, ne couvrant que la portion des îles de Boucherville et la partie en aval, est estimée à 12 705 ha (annexes 26 à 29).

Les indices d'assèchement relatif pour le secteur Montréal-Longueuil sont présentés au tableau 15. L'examen de ces statistiques montre qu'un léger assèchement relatif est survenu durant l'ensemble de la période à l'étude.

Tableau 15 Indices d'assèchement relatif pour le secteur Montréal-Longueuil

Période	Indice d'assèchement relatif
Entre 1970-1978 et 1990-1991	-0,02
Entre 1990-1991 et 1996-1997	0,04
Entre 1996-1997 et 2000-2002	0,20
Entre 1990-1991 et 2000-2002	0,17

4.6.1 Évolution générale entre 1990-1991 et 2000-2002

Les milieux humides pour l'ensemble de ce secteur passent de 393 ha en 1990-1991 à 365 ha en 2000-2002, soit une perte de 28 ha ou environ 7 p. 100 (figure 25). Les pertes sont estimées à 125 ha alors que les gains s'élèvent à 98 ha. Une fois les incohérences éliminées, les pertes s'élèvent à 55 ha et les gains à 42 ha (figure 26). Les superficies corrigées sont alors de 322 ha en 1990-1991 et de 309 ha en 2000-2002, pour une diminution de 13 ha ou 4 p. 100.

L'indice d'assèchement relatif pour cette période est de 0,17, illustrant un assèchement des milieux humides du secteur (tableau 15). Cela concorde avec la tendance observée avec les indices relatifs à l'analyse entre 1970-1978 et 2000-2002. En soustrayant les changements liés à l'eau libre, on observe toujours une tendance vers des conditions plus sèches, bien qu'elle soit maintenant plus importante.

Secteur : Montréal-Longueuil (couverture maximale)

		2002																					Total						
		10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total	
1990	10	68		2	2			20	15											22	22		7	10	1	0	3	198	
	11																											0	
	12																											0	
	20	16		1	3			14	35			23								5	2		19	21	0	0	9	146	
	21																											0	
	23																											0	
	22																											0	
	24																											0	
	25																											0	
	30	8		0	0			4	5			12								1	1		1	1				1	35
	40	6		0	0			2	1			3								1	1		0	1				0	13
	41																												0
	42																												0
	43																												0
	44																												0
	45																												0
46																												0	
89																												0	
	2	17		4	1		1	2			6								180	263		0	8	6	2	1	492		
	1	2		4	1		0	1			3								59	2412		6	8	85	22	1	2603		
	3	0																									2		
	50	6		1	1		2	3			9								4	8		252	228	167	41	5	727		
	51	5		1	0		0	1			6								2	3		44	66	62	21	2	213		
	52	4		1	1		0	4			8								14	140		224	226	3475	251	2	4351		
	54	1						0			2								1	2		3	14	24	68	0	115		
	55																											0	
	Total	133	0	14	9	0	0	42	67	0	0	100	0	0	0	0	0	0	288	2853	0	555	584	3821	406	22	8895		

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 25 Matrice de transition pour le secteur Montréal-Longueuil entre 1990-1991 et 2000-2002

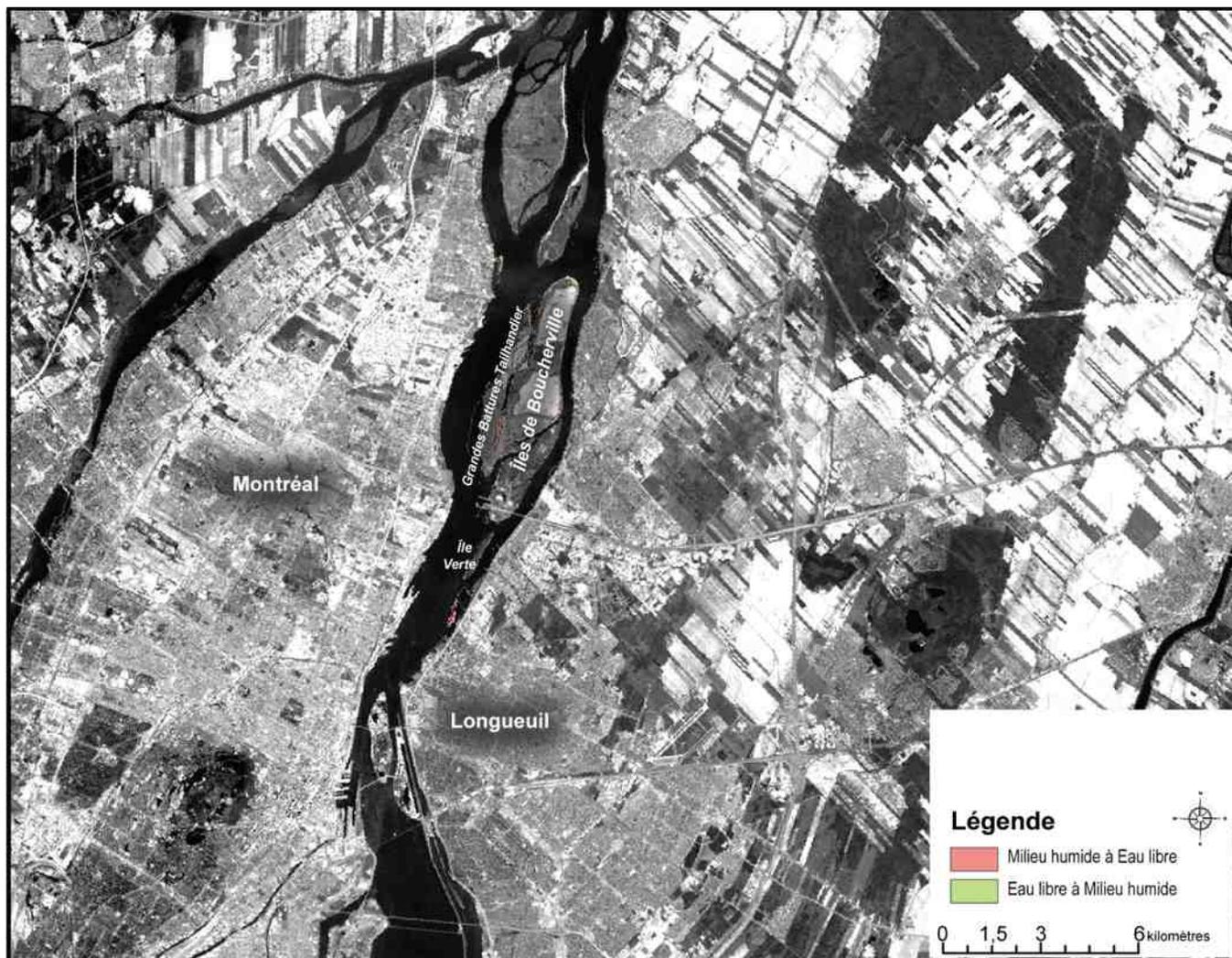


Figure 26 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du secteur Montréal-Longueuil entre 1990-1991 et 2000-2002

Les seules pertes de milieux humides retenues se sont faites au profit de zones d'eau libre (55 ha). Elles se répartissent autour des Grandes battures Tailhandier (îles de Boucherville) ainsi que sur les rives de l'île Verte. Les milieux humides disparus sont en majorité des bas marais, à l'exception d'un aménagement faunique sur les Grandes battures Tailhandier ayant causé l'ouverture d'une zone de hauts marais. Mis à part ce dernier aménagement, les niveaux d'eau ne permettent pas à eux seuls d'expliquer cette transformation, ces derniers baissant légèrement durant la période étudiée (station hydrométrique de Montréal (jetée n° 1) – 02OA046 : 6,24 m le 21 août 1990 et 6,11 m le 18 septembre 2000; station hydrométrique de Montréal (jetée n° 1) – 15520 : 6,20 m le 10 août 2002; source : HYDAT 2001 et Service de données sur le milieu marin, Pêches et Océans Canada). Cette transformation a tout de même été conservée étant donné les différences de niveaux d'eau entre les îles de Boucherville et la station hydrométrique jetée n° 1 (Jean Morin, communication personnelle).

Des gains de superficie observés, seuls ceux qui se sont faits au détriment de l'eau libre sont retenus. Ainsi, un total de 42 ha d'eau libre s'est transformé en milieux humides. Cette modification est présente dans les régions des îles de Boucherville et de l'île Verte. Autant les bas et les hauts marais que les marécages sont touchés par cette transformation. La légère baisse des niveaux d'eau concorde avec cette observation et pourrait en partie expliquer cette différence (voir les données hydrométriques plus haut).

Les pertes et gains non retenus sont décrits à l'annexe 30.

Au sein des milieux humides, plusieurs changements importants sont survenus. Les plus importantes évolutions progressives montrent le passage de 37 ha de bas marais à des hauts marais. Les nouveaux hauts marais sont dominés respectivement par *Phragmites australis* (20 ha) et *Phalaris arundinacea* (15 ha), alors que le dominant n'a pas été identifié pour le reste (2 ha). Ils se répartissent tous dans les Grandes battures Tailhandier. La progression des populations de *Phragmites australis* a été bien démontrée dans la littérature (Hudon *et al.*, 2005). Bien qu'une confusion ait été rencontrée entre ce type de végétation et les hauts marais à *Phalaris arundinacea*, le *Phragmites australis* est estimé en 2000-2002 à 42 ha. Par comparaison, Hudon *et al.* (2005) ont estimé par photographies aériennes une superficie de 32,63 ha pour le secteur des Grandes battures Tailhandier seulement. Par ailleurs, toujours dans les Grandes battures Tailhandier, 28 ha de bas marais et 23 ha de hauts marais se sont transformés en marécages

arborés. Enfin, 12 ha de marécages arbustifs sont devenus arborés en 2002. L'ampleur des changements internes progressifs illustre bien une tendance vers des conditions plus sèches, concordant ainsi avec l'indice d'assèchement relatif.

Sur le plan des transformations internes régressives, 17 ha de hauts marais, 8 ha de marécages arbustifs et 6 ha de marécages arborés ont régressé pour devenir des bas marais. Ces derniers changements pourraient être causés par des problèmes géométriques. De plus, 12 ha de marécages arbustifs et arborés sont devenus des hauts marais, répartis également entre une dominance de *Phragmites australis* et de *Phalaris arundinacea*.

En 2000-2002, on a identifié des superficies dominées par des espèces envahissantes. Ainsi, c'est un total de 67 ha de hauts marais dominés par *Phalaris arundinacea* et 42 ha par *Phragmites australis* qui ont été répertoriés.

4.6.2 Évolution partielle entre 1970-1978 et 1990-1991

Durant cette période, les milieux humides sont passés de 369 ha à 352 ha, soit une diminution de 17 ha ou environ 5 p. 100 (figure 27). Les pertes s'élèvent à 132 ha alors que les gains sont de 115 ha. Après élimination des incohérences, les superficies des milieux humides passent de 278 ha à la fin des années 1970 à 237 ha en 1991. Les pertes corrigées sont de 41 ha alors que les gains sont nuls, pour une différence négative de 41 ha ou 15 p. 100 (figure 28).

L'indice d'assèchement relatif (tableau 15) est de -0,02, illustrant que globalement, il n'y a eu qu'une très légère tendance vers des conditions plus humides durant cette période. En soustrayant les changements liés à l'eau libre, on observe toutefois une tendance modérée vers des conditions plus sèches.

Parmi les pertes retenues, les plus importantes font intervenir 27 ha de milieux humides qui ont été identifiés en 1990 en zones bâties. Bien qu'une confusion soit présente entre les zones bâties et le sol nu, il reste que nous passons ici de milieux humides à des milieux terrestres. Ces pertes sont observées sur les rives de Boucherville, sur l'île Charron et en bordure des chenaux des îles de Boucherville. De plus, 9 ha de milieux humides sont devenus des friches et 5 ha sont devenus des forêts.

Les pertes et gains non retenus sont décrits à l'annexe 30.

Secteur : Montréal – Longueuil

1990

	10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total
10	97			37						12	5								35	12		10	2	8	0		217
11																											0
12																											0
20	22			37						8	4								10	6	0	17	8	18	5		133
21																											0
23																											0
22																											0
24																											0
25																											0
30	5			4						2	0								1	0			0	0			13
40	1			1						2	1											0	0				6
41																											0
42																											0
43																											0
44																											0
45																											0
46																											0
89																											0
2	21			5						1	1								175	112		6	1	17	1		340
1	2									0									131	879		4	3	17	0		1036
3	7			1						1	1								2	1	2	3		1			18
50	16			31						2	0								5	8		233	60	159	2		516
51	6			16						2	1								5	3		31	20	90	5		179
52																											0
54	2			0						1	1								0			2	1	2	14		22
55																											0
Total	177	0	0	133	0	0	0	0	0	31	12	0	0	0	0	0	0	0	365	1021	2	305	94	313	27	0	2480

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 27 Matrice de transition pour la portion du secteur Montréal-Longueuil analysée entre 1970-1978 et 1990-1991

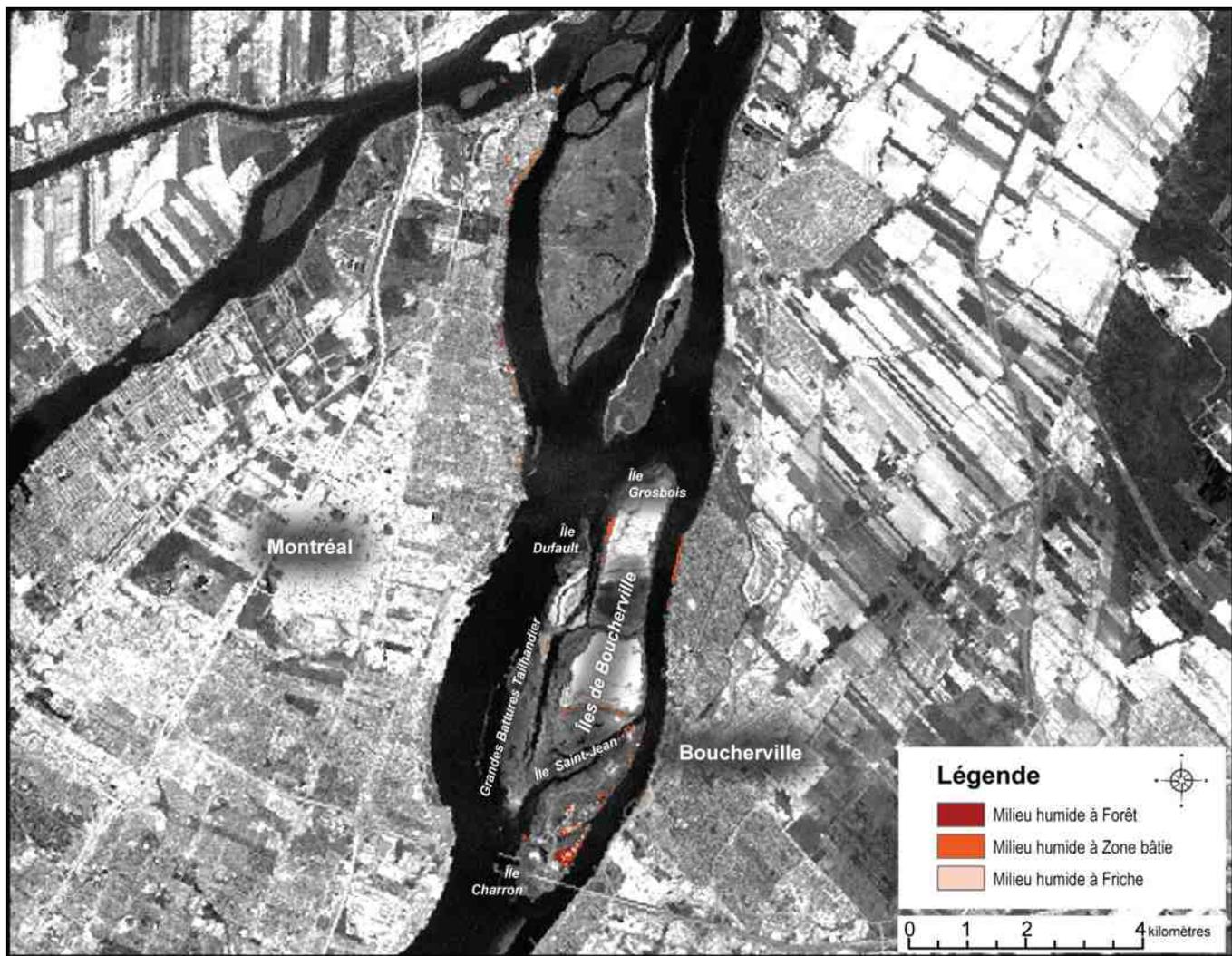


Figure 28 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages de la portion du secteur Montréal-Longueuil analysée entre 1970-1978 et 1990-1991

Au sein des milieux humides, quelques transformations progressives sont apparentes. La principale illustre le passage de 37 ha de bas marais vers des hauts marais. Cette transformation s'observe dans les Grandes battures Tailhandier. De plus, 12 ha de bas marais sont devenus des marécages arbustifs, exclusivement dans les Grandes battures Tailhandier. Enfin, 8 ha de hauts marais se sont transformés en marécages arbustifs. Les autres transformations internes sont de 6 ha ou moins chacune.

Les seuls changements régressifs d'importance observés se caractérisent par la transformation de 22 ha de hauts marais en bas marais qui sont principalement localisés dans les Grandes battures Tailhandier.

4.6.3 Évolution partielle entre 1990-1991 et 1996-1997

Durant ces six années, la superficie des milieux humides est passée de 352 ha en 1990-1991 à 278 ha en 1996-1997 (figure 29). Les gains s'élèvent à 47 ha alors que les pertes totalisent 122 ha. Une fois les incohérences soustraites, les superficies de milieux humides s'établissent à 311 ha en 1990 et à 257 ha en 1996 pour un bilan net négatif de 54 ha ou 17 p. 100. Les valeurs des pertes et des gains retenus sont respectivement de 83 ha et 26 ha (figure 30).

L'indice d'assèchement relatif (tableau 15) est de 0,04, illustrant que globalement, il n'y a qu'un très léger assèchement relatif des milieux humides durant cette période. Toutefois, en soustrayant les changements liés à l'eau libre, cet assèchement relatif s'accroît.

Les pertes retenues, les plus importantes durant cet intervalle, s'élèvent à 76 ha et se sont faites au profit de l'eau libre. Les niveaux d'eau pourraient être à l'origine de ces changements (station hydrométrique de Montréal (jetée n° 1) – 02OA046 : 6,24 m le 21 août 1990 et 6,37 m le 17 octobre 1996; source : HYDAT 2001). À cela s'ajoute une perte de 7 ha, attribuable à l'apparition de friches et localisée dans trois secteurs précis de l'archipel des îles de Boucherville : à la pointe ouest de l'île Saint-Jean, en bordure de la zone de dépôt de dragage des Grandes battures Tailhandier et en bordure sud-est de l'île Grosbois.

Les seuls gains retenus marquent le changement de 26 ha d'eau libre qui sont devenus des milieux humides. On les observe à l'extrémité nord des îles de Boucherville. Les niveaux d'eau ne peuvent expliquer cette transformation (station hydrométrique de Montréal (jetée n° 1) – 02OA046 : 6,24 m le 21 août 1990 et 6,37 m le 17 octobre 1996; source : HYDAT 2001).

Secteur : Montréal – Longueuil

		1997																						Total				
		10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total
1990	10	41			1			10	21		32									46	5	0	8	4	1	7	177	
	11																											0
	12																											0
	20	10			1			3	53		26									15	0	0	18	3	1	2	133	
	21																											0
	23																											0
	22																											0
	24																											0
	25																											0
	30	5			1			2	5		10									6	0		1	0		1	31	
	40	3			0			1	1		3									3	0		0	0	0	0	1	12
	41																											0
	42																											0
	43																											0
	44																											0
	45																											0
	46																											0
89																											0	
2	4			3			1	4		6									147	179	1	3	3	3	12	365		
1	3			0			0	4		3									44	951	1	3	1	3	9	1021		
3										0													0	0	0	2	2	
50	3			0			0	4		2									9	7	0	155	69	7	48	305		
51	0			0				1		0									3	1		31	32	3	23	94		
52	3			1				4		3									15	22	1	147	16	27	76	313		
54				0				0											1	0		0	6	0	19	27		
55																											0	
Total	72	0	0	8	0	0	16	96	0	85	0	0	0	0	0	0	0	0	289	1165	3	366	134	45	199	0	2480	

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 29 Matrice de transition pour la portion du secteur Montréal-Longueuil analysée entre 1990-1991 et 1996-1997

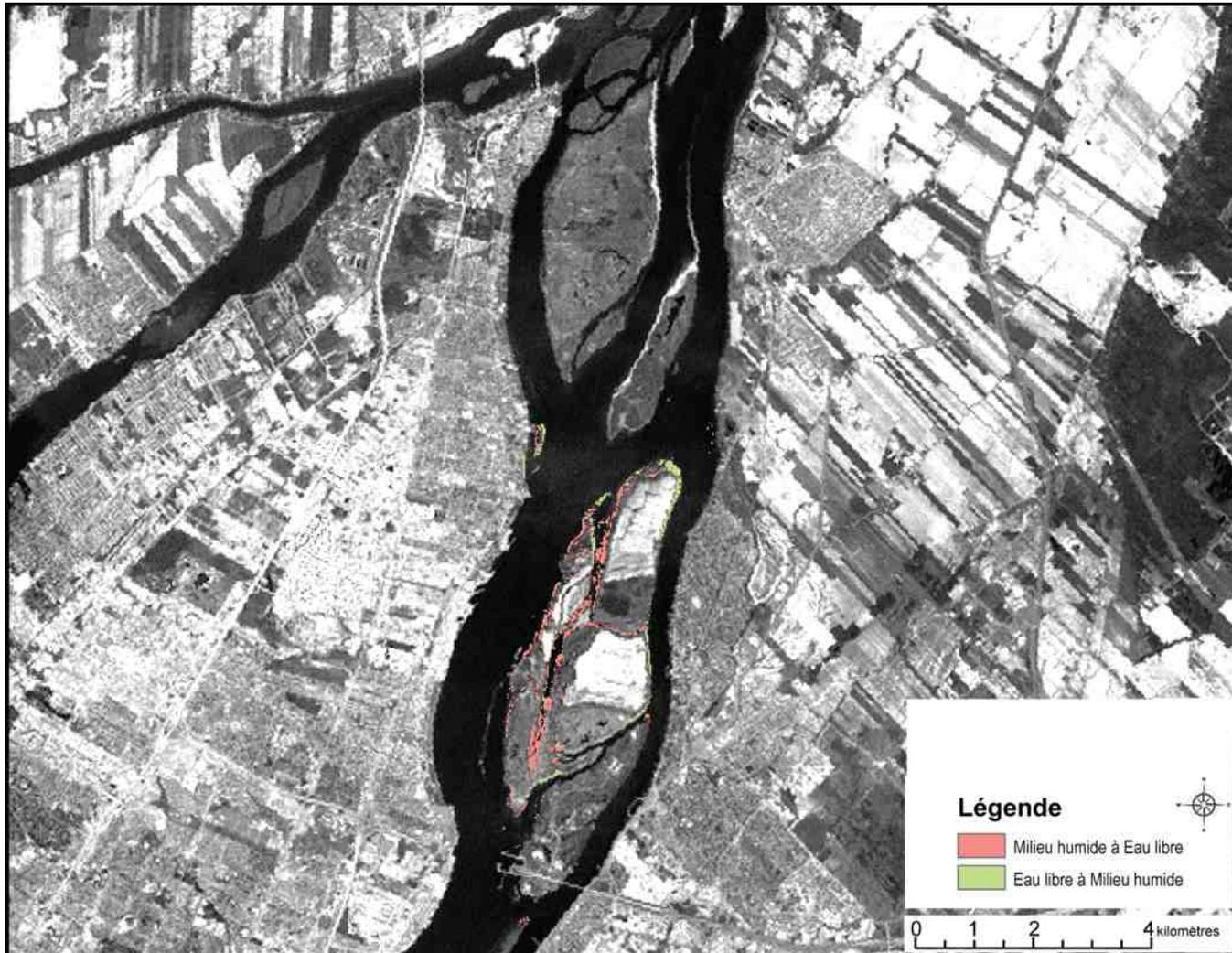


Figure 30 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages de la portion du secteur Montréal-Longueuil analysée entre 1990-1991 et 1996-1997

Ce changement a toutefois été retenu en raison des différences hydrométriques importantes entre les valeurs enregistrées à la station jetée n° 1 et celles observées dans le secteur des îles de Boucherville (Jean Morin, communication personnelle).

Les pertes et gains non retenus sont décrits à l'annexe 30.

Au sein des milieux humides, les modifications progressives les plus importantes font intervenir 32 ha de bas marais qui se sont transformés en hauts marais. De ce nombre, 21 ha des nouveaux hauts marais sont dominés par *Phalaris arundinacea*, alors que 10 ha le sont par *Phragmites australis*, tous deux présents dans les Grandes battures Tailhandier. Par ailleurs, 32 ha de bas marais des Grandes battures Tailhandier et de l'île Dufault (archipel des îles de Boucherville) sont devenus des marécages arbustifs. Enfin, 26 ha de hauts marais sont disparus au profit des marécages arbustifs. Ils s'observent en très grande majorité dans les Grandes battures Tailhandier et en bordure de celles-ci (en particulier à l'île aux Raisins).

Parmi les transformations internes régressives observées, la plus importante se caractérise par le passage de 10 ha de hauts marais en bas marais, majoritairement dans les Grandes battures Tailhandier. De plus, 10 ha de marécages arbustifs et arborés se sont transformés en hauts marais, dont 6 ha sont dominés par *Phalaris arundinacea* et 3 ha par *Phragmites australis*.

Les superficies de marais dominées par des espèces envahissantes ont été estimées en 1996-1997. Ainsi, 306 ha de hauts marais sont dominés par *Phalaris arundinacea* alors que 18 ha le sont par *Phragmites australis*.

4.6.4 Évolution partielle entre 1996-1997 et 2000-2002

Les milieux humides passent durant cette période de 278 ha en 1996-1997 à 342 ha en 2000-2002, soit une augmentation de 64 ha ou 23 p. 100 (figure 31). Les pertes sont de 62 ha alors que les gains s'élèvent à 126 ha. Une fois les incohérences éliminées, les superficies corrigées sont de 240 ha en 1996-1997 et de 285 ha en 2002, pour une augmentation de 45 ha ou 19 p. 100. Les valeurs corrigées des pertes et des gains s'élèvent respectivement à 23 ha et 70 ha (figure 32).

Secteur : Montréal – Longueuil

		2002																						Total				
		10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total
1997	10	34		1	1			7	4			10								4	3		1	4	0	0	2	72
	11																											0
	12																											0
	20	1		0	0				0			2								2	1			0	1	0		8
	21																											0
	23																											0
	22	3			0			7	4			1								0	0		0	0			0	16
	24	16		1	3			12	28			13								4	2		6	5	0		6	96
	25																											0
	30	19		2	1			9	10			26								3	2		3	7	0	0	3	85
	40																											0
	41																											0
	42																											0
	43																											0
	44																											0
	45																											0
	46																											0
89																											0	
2	39		4	2			3	5			14								138	66		3	7	6	1	2	289	
1	1		1	0				0			1								74	1070		2	3	12	1	0	1165	
3	0		0				0	0											1	1		0	0	0		0	3	
50	2		1	0			0	5			3								2	3		251	83	13	2	2	366	
51	6		0	0			0	1			6								0	1		2	94	4	17	3	134	
52	0						0	1			0								2	4		12	10	17	0	0	45	
54	9		2	0			0	2			17								7	13		15	80	25	27	2	199	
55																											0	
Total	130	0	13	7	0	0	40	60	0	0	93	0	0	0	0	0	0	0	237	1167	0	294	294	77	48	20	2480	

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 31 Matrice de transition pour la portion du secteur Montréal-Longueuil analysée entre 1996-1997 et 2000-2002

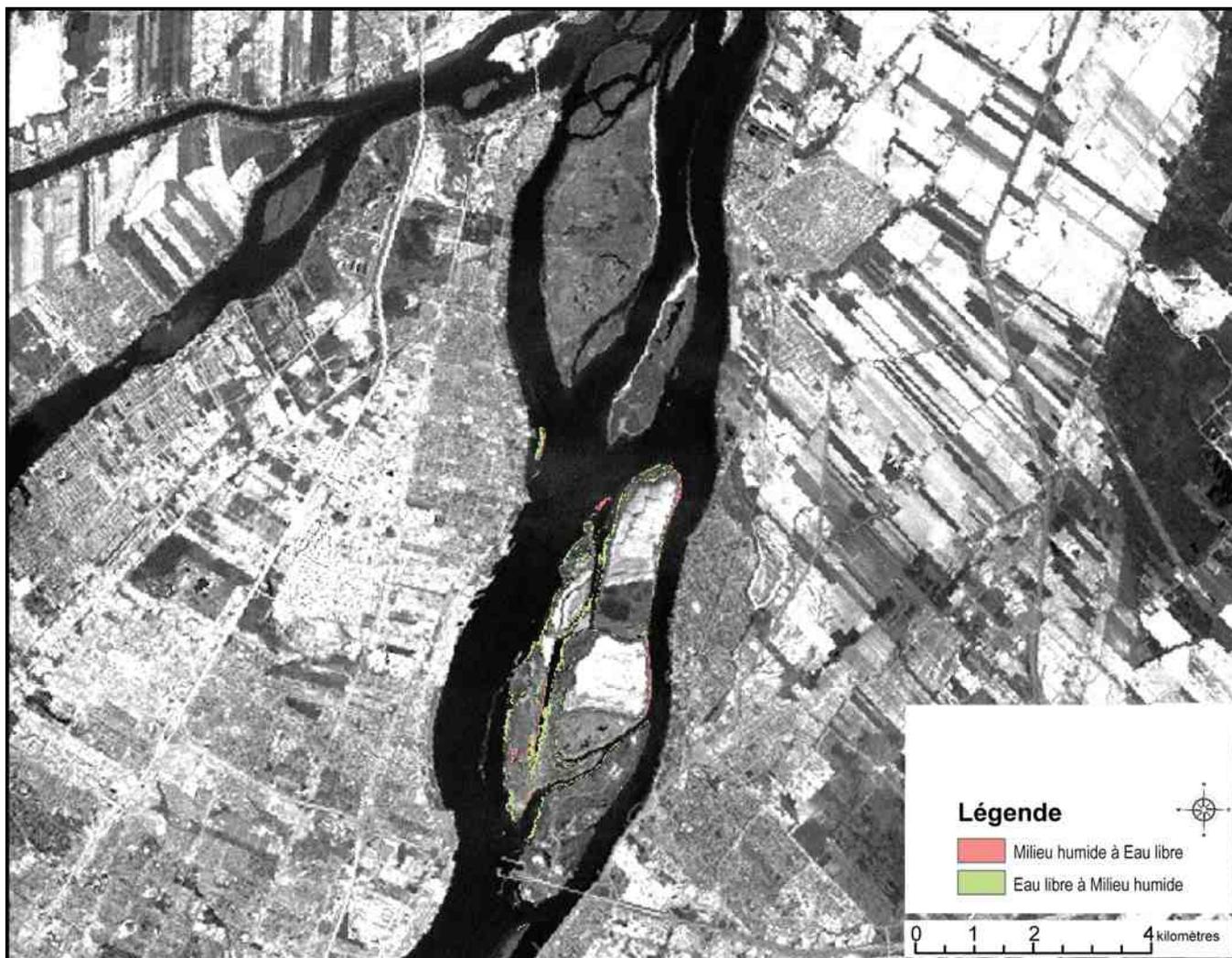


Figure 32 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages de la portion du secteur Montréal-Longueuil analysée entre 1996-1997 et 2000-2002

L'indice d'assèchement relatif (tableau 15) est de 0,20 illustrant que globalement, on observe un assèchement relatif modéré des milieux humides durant cette période. En soustrayant les changements liés à l'eau libre, on observe toutefois une valeur nulle indiquant l'absence de tendance dans les changements au sein des milieux humides.

Les seules pertes retenues aux fins de notre analyse indiquent que 23 ha de milieux humides, en bordure des îles de Boucherville, se sont transformés en eau libre. Les niveaux d'eau enregistrés ne peuvent cependant pas expliquer cette perte puisqu'ils passent de 6,37 m à 6,20 m. (station hydrométrique de Montréal (jetée n° 1) – 02OA046 : 6,37 m le 17 octobre 1996 et 6,20 m le 10 août 2002; source : HYDAT 2001 et Service de données sur le milieu marin, Pêches et Océans Canada). Cette perte est toutefois retenue étant donné les différences hydrométriques importantes entre la station jetée n° 1 et les îles de Boucherville (Jean Morin, communication personnelle).

Les seuls gains retenus pour cette période touchent 70 ha d'eau libre qui sont devenus des milieux humides. On les observe principalement dans les Grandes battures Tailhandier et ils pourraient être liés à la baisse de 17 cm du niveau d'eau par rapport à celui qui prévalait durant l'acquisition d'images en 1997 (voir plus haut).

Les pertes et gains non retenus sont décrits à l'annexe 30.

En ce qui concerne les modifications au sein des milieux humides, plusieurs transformations progressives sont visibles. Parmi celles-ci, 26 ha de marécages arbustifs se sont transformés en marécages arborés dans les Grandes battures Tailhandier (îles aux Raisins et Dufault). Dans la même veine, et également dans les Grandes battures Tailhandier, 12 ha de bas marais et 18 ha de hauts marais sont devenus des marécages arborés. Par ailleurs, 12 ha de bas marais des Grandes battures Tailhandier se sont transformés en hauts marais (7 ha dominés par *Phragmites australis* et 4 ha par *Phalaris arundinacea*).

Des transformations internes régressives observées, 21 ha de hauts marais sont devenus des bas marais. De ce nombre, 16 ha étaient dominés par *Phalaris arundinacea* (plutôt dispersés dans le secteur) et 3 ha par *Phragmites australis* (dans les Grandes battures Tailhandier). Par ailleurs, 21 ha de marécages arbustifs sont devenus des bas marais (principalement à l'île Dufault). Enfin, 20 ha de marécages arbustifs sont disparus au profit des hauts marais, 10 ha étant maintenant dominés par *Phalaris arundinacea* et 9 ha par *Phragmites australis*.

La superficie dominée par des espèces envahissantes passe de 324 ha à 174 ha, une diminution de 150 ha. Les hauts marais dominés par *Phalaris arundinacea* passent ainsi de 306 ha à 126 ha, une perte largement attribuable à la confusion présente entre cette classe et les friches. Par ailleurs, la superficie des hauts marais dominés par *Phragmites australis* passe de 18 ha à 48 ha.

4.7 VARENNES-CONTRECŒUR

La superficie analysée pour le secteur Varennes-Contrecœur entre 1990-1991 et 2000-2002 totalise 18 815 h et inclut l'eau libre et les milieux terrestres adjacents (annexes 32 et 33). La couverture est complète pour le secteur, à l'exception d'une zone de nuages aux environs des îles de Contrecœur.

Par ailleurs, deux sous-secteurs ont été examinés entre les années 1970-1978 et 2000-2002 : l'île Sainte-Thérèse et les îles de Varennes, dont la zone analysée est estimée à 2759 ha (annexes 34 à 37), de même qu'une portion d'environ 4442 ha située autour des îles de Contrecœur (annexes 38 à 41).

Les indices d'assèchement relatif pour le secteur Varennes-Contrecœur sont présentés au tableau 16. L'examen de ces statistiques montre qu'un léger assèchement relatif est survenu durant l'ensemble de la période à l'étude.

Tableau 16 Indices d'assèchement relatif pour le secteur Varennes-Contrecœur

Période	Indice d'assèchement relatif
Entre 1970-1978 et 1990-1991 (île Sainte-Thérèse et îles de Varennes)	0,09
Entre 1990-1991 et 1996-1997 (île Sainte-Thérèse et îles de Varennes)	0,15
Entre 1996-1997 et 2000-2002 (île Sainte-Thérèse et îles de Varennes)	-0,18
Entre 1970-1978 et 1990-1991 (îles de Contrecœur)	0,73
Entre 1990-1991 et 1996-1997 (îles de Contrecœur)	-0,21
Entre 1996-1997 et 2000-2002 (îles de Contrecœur)	0,62
Entre 1990-1991 et 2000-2002	0,19

4.7.1 Évolution générale entre 1990-1991 et 2000-2002

Entre 1990-1991 et 2000-2002, les milieux humides de ce secteur sont passés de 1038 ha à 1143 ha, soit une augmentation de 105 ha ou environ 10 p. 100 (figure 33). Les pertes sont estimées à 259 ha et les gains à 364 ha. En éliminant les incohérences, les pertes s'élèvent à 80 ha alors que les gains sont de 155 ha (figure 34). Les superficies corrigées sont de 860 ha en 1990 et de 934 ha en 2000-2002, pour une augmentation de 74 ha ou 9 p. 100.

L'indice d'assèchement relatif pour cette comparaison est de 0,19, illustrant un assèchement des milieux humides du secteur (tableau 16). Cela concorde avec la tendance observée dans les indices relatifs à l'analyse de la maximisation temporelle, où l'indice est moyennement négatif dans le sous-secteur des îles de Contrecoeur pour la période entre 1990-1991 et 1996-1997, alors qu'il est fortement positif entre 1996-1997 et 2000-2002. En soustrayant les changements liés à l'eau libre, on observe toujours une tendance similaire vers des conditions plus sèches.

Les seules pertes retenues sont causées par la transformation de bas marais en eau libre. Ces changements totalisent 80 ha et sont répartis sur plusieurs îles, le long de canaux internes ou des rives. La faible différence entre les niveaux mesurés lors de la capture des images ne permet pas d'expliquer clairement ces changements (stations hydrométriques de Contrecoeur – 02OJ021 et Contrecoeur IOC – 02OJ034 : 4,93 m le 21 août 1990; source : HYDAT 2001; station Contrecoeur IOC – 15780 : 4,90 m le 13 août 2002; source : Service de données sur le milieu marin, Pêches et Océans Canada). Entre autres possibilités, des phénomènes d'érosion pourraient contribuer, du moins partiellement, à expliquer certaines de ces différences.

Les gains en milieux humides retenus durant cette période totalisent 155 ha et se font au détriment de l'eau libre (qui inclut parfois de la végétation submergée). Plusieurs pourtours d'îles et des rives montrent un tel phénomène, et ce, sur l'ensemble du territoire. De plus, des étangs semblent se combler sur l'île Bouchard et dans les baies fermées de la Réserve nationale de faune des îles de Contrecoeur. Comme on l'a mentionné plus haut, les faibles différences de niveaux entre les deux périodes ne permettent pas de relier ces différences aux fluctuations hydrologiques du fleuve. D'autres facteurs sont vraisemblablement en cause.

Les pertes et gains non retenus sont décrits à l'annexe 42.

Secteur : Varennes-Contrecœur (couverture maximale)

		2002																					Total					
		10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total
1990	10	173		23	6			17	70		18	1					0			15	33		21	12	6	3	2	399
	11																											0
	12																											0
	20	54		7	5			21	319		11	4					1			8	24		47	50	3	4	23	581
	21																											0
	23																											0
	22																											0
	24																											0
	25																											0
	30	3			0			4	2		0	0						0		0	0		0	0		1	0	11
	40	15		3	0			4	8		5	0						6		0	0		1	0	0	4		47
	41																											0
	42																											0
	43																											0
	44																											0
	45																											0
46																											0	
89																											0	
2	58		37	2			3	7		2	2								133	564		11	7	5	2	1	834	
1	19		5	2			1	14		2	1						0		159	8355		15	11	28	3	1	8615	
3	0						0	0												0				0			1	
50	55		2	7			4	56		2	31						0		6	36		2412	143	372	304	28	3457	
51	6		0	0			0	8		0	1								2	3		734	38	121	83	0	997	
52	17		1	0			0	6		0	6								6	24		692	78	1654	279	2	2764	
54	2		0	0				1		0	3						0		0	15		135	2	58	893		1110	
55																											0	
Total	403	0	77	23	0	0	55	490	0	40	48	0	0	0	0	8	0	0	330	9055	0	4070	340	2246	1576	56	18815	

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 33 Matrice de transition pour le secteur Varennes-Contrecœur entre 1990-1991 et 2000-2002

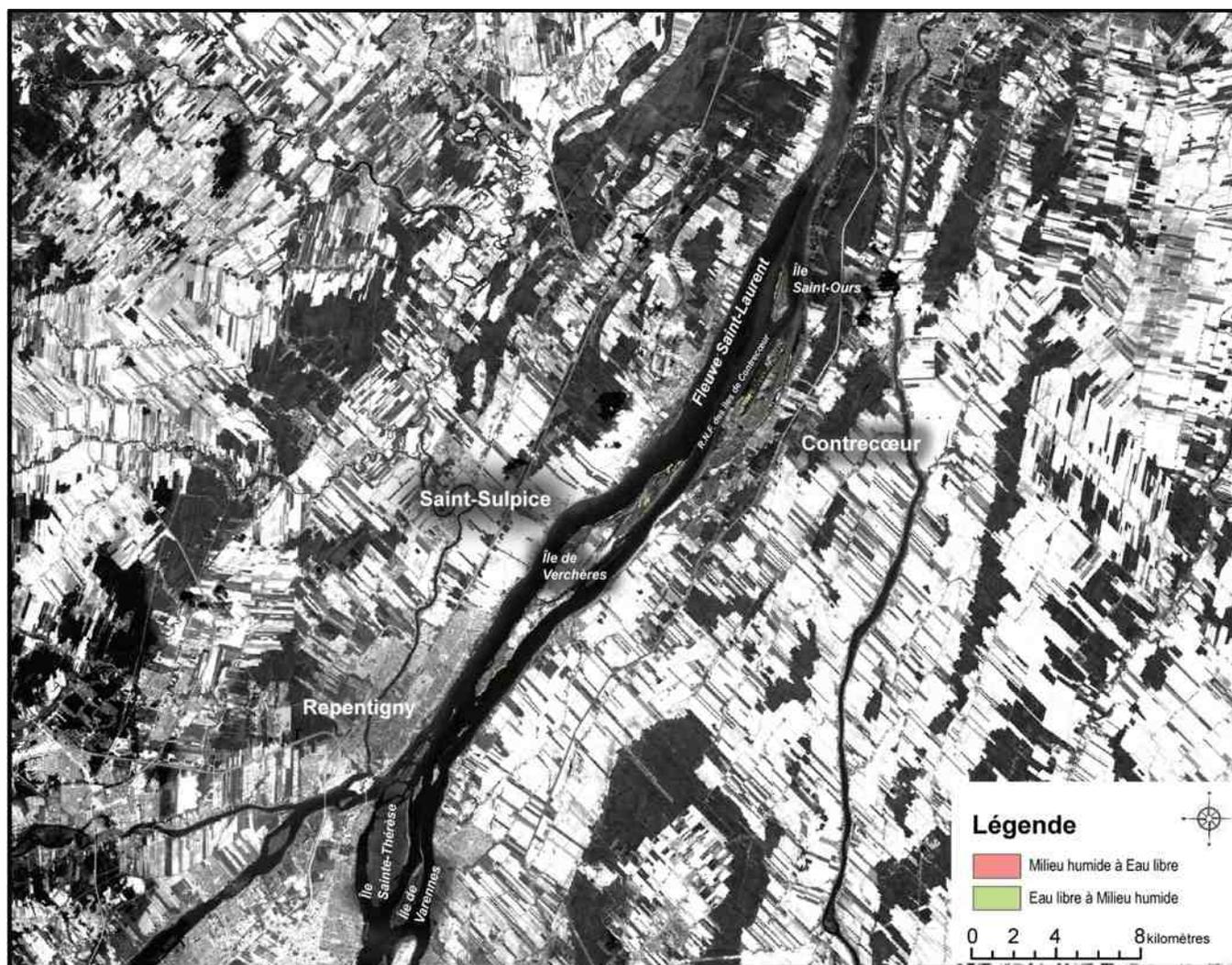


Figure 34 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du secteur Varennes-Contrecoeur entre 1990-1991 et 2000-2002

Au sein des milieux humides, plusieurs changements s'observent. D'abord, dans le cas des transformations internes progressives, 93 ha de bas marais se sont transformés en hauts marais. De ce nombre, 70 ha sont maintenant dominés par *Phalaris arundinacea* (dans la Réserve nationale de faune des îles de Contrecœur et sur la rive nord du fleuve, entre Repentigny et Saint-Sulpice), alors que 17 ha le sont par *Phragmites australis* (concentré dans la Réserve nationale de faune des îles de Contrecœur) et aucun dominant n'est identifié pour le reste (6 ha). De plus, 18 ha de bas marais sont devenus des marécages arbustifs. Ils sont dispersés, avec une certaine concentration dans la Réserve nationale de faune de Contrecœur. Enfin, dans les îles de Verchères, 11 ha de hauts marais se sont transformés en marécages arbustifs.

Les transformations régressives comprennent le passage de 61 ha de hauts marais en bas marais. Ces derniers s'observent en petites concentrations sur l'ensemble du territoire (sauf sur la Grande Île). Par ailleurs, 18 ha de marécages arborés se sont métamorphosés en bas marais. On observe ce phénomène à l'île Saint-Ours et à l'île Bouchard. Également, sur ces deux îles s'observe le changement de 12 ha de marécages arborés vers des hauts marais (8 ha étant dominés par *Phalaris arundinacea* et 4 ha par *Phragmites australis*). De plus, 6 ha de marécages arbustifs sont également devenus des hauts marais (2 ha étant dominés par *Phalaris arundinacea* et 4 ha par *Phragmites australis*).

En 2000-2002, *Phalaris arundinacea* occupe 490 ha, alors que *Phragmites australis* domine sur 55 ha.

4.7.2 Évolution partielle à l'île Sainte-Thérèse et aux îles de Varennes

4.7.2.1 Entre 1970-1978 et 1990-1991

Durant cette période, les milieux humides de l'île Sainte-Thérèse et des îles de Varennes sont passés de 196 ha à 187 ha, soit une diminution de 9 ha ou environ 5 p. 100 (figure 35). Les pertes sont estimées à 108 ha alors que les gains s'élèvent à 99 ha. Après élimination des incohérences, les superficies des milieux humides durant cette période passent de 99 ha à 88 ha, pour une perte nette de 11 ha ou 11 p. 100. Les pertes retenues sont estimées à 11 ha alors que les gains sont nuls (figure 36).

Secteur : Île Sainte-Thérèse et archipel de Varennes

1990

	10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total
10	15			36						1	0								17	19		14	1	4			108
11																											0
12																											0
20	3			29						1									3	4	0	36	3	5	1		84
21																											0
23																											0
22																											0
24																											0
25																											0
30				2						0												2					4
40																				0							0
41																											0
42																											0
43																											0
44																											0
45																											0
46																											0
89																											0
2	11			7						0	0								80	184	0	9	1	4	1		298
1	3			1															114	1452		2	0	2	0		1573
3				3															0	11		3		0	1		18
50	1			2						0									1	1		225	1	18	1		249
51	12			59															8	18	0	264	11	47	6		425
52																											0
54																								0	0		0
55																											0
Total	44	0	0	140	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	223	1689	0	554	16	80	10	0	2759

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 35 Matrice de transition pour le sous-secteur de l'île Sainte-Thérèse et des îles de Varennes analysé entre 1970-1978 et 1990-1991

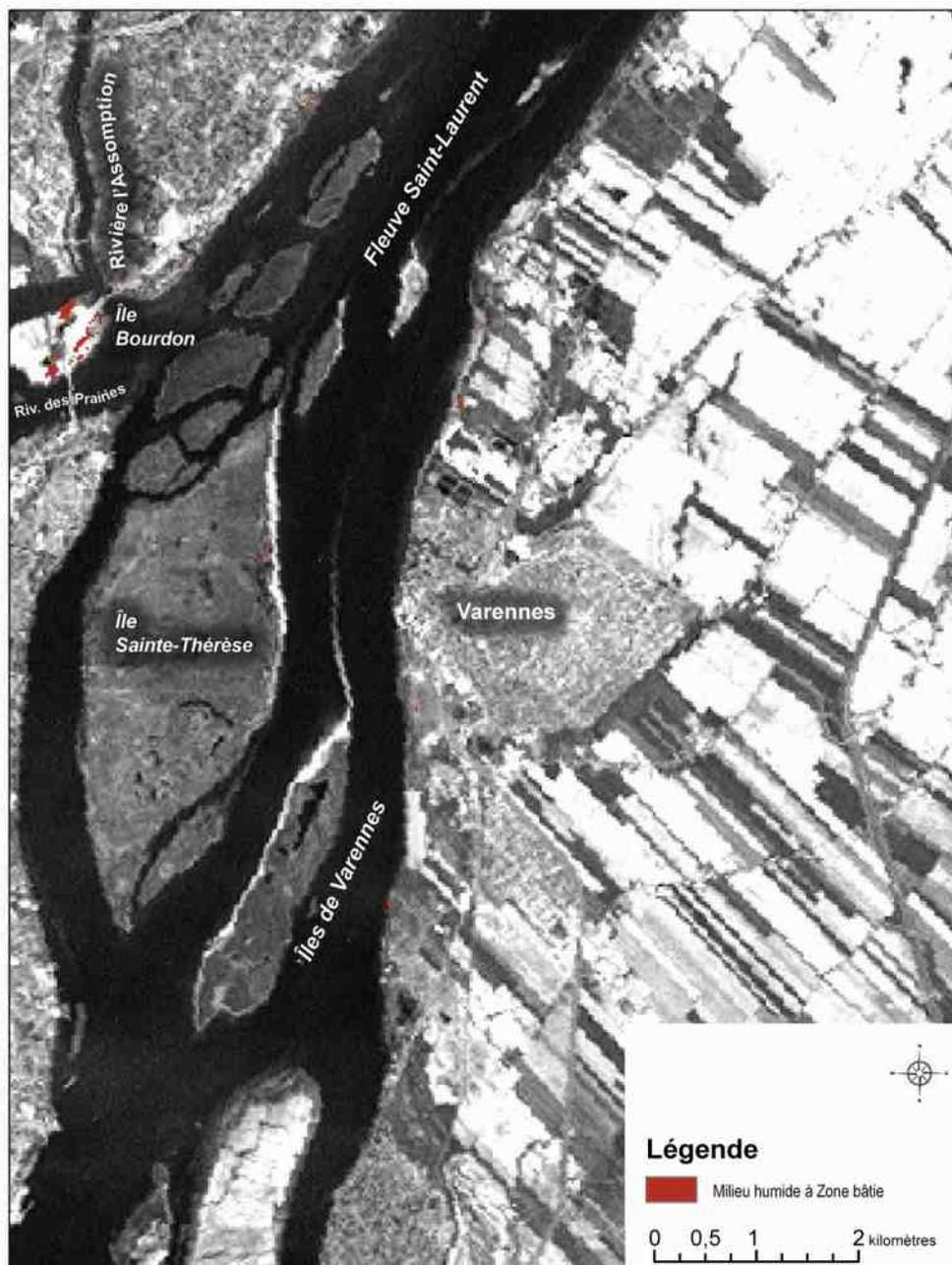


Figure 36 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du sous-secteur de l'île Sainte-Thérèse et des îles de Varennes analysé entre 1970-1978 et 1990-1991

L'indice d'assèchement relatif pour cette période est de 0,09 (tableau 16), indiquant une absence de tendance globale dans les changements observés au sein des milieux humides. En soustrayant les transformations dans les milieux humides liées à l'eau libre, on observe toutefois une forte tendance à l'assèchement relatif des marais du secteur.

Bien que l'ensemble des pertes retenues totalise 11 ha, aucun type précis ne dépasse le seuil de 10 ha fixé dans cette analyse. Les plus importantes pertes (8 ha) se sont faites au profit de zones bâties (y compris des routes) et se concentrent principalement sur l'île Bourdon, à la confluence des rivières des Prairies et L'Assomption. Le reste des pertes retenues est survenu au profit des friches (3 ha) et s'observe à Varennes.

Les pertes et gains non retenus sont décrits à l'annexe 42.

Les transformations internes touchent une faible superficie durant cette période. Ainsi, dans les changements progressifs, un total de 37 ha de bas marais sont remplacés par des hauts marais (36 ha) et par des marécages arbustifs (1 ha), le tout réparti sur plusieurs îles. À cela s'ajoute 1 ha de hauts marais qui sont devenus des marécages arbustifs.

Les transformations internes régressives sont peu nombreuses, comme le laisse entendre la valeur de l'indice d'assèchement relatif pour cette période. Ainsi, 3 ha de bas marais ont fait leur apparition aux deux extrémités de l'île Sainte-Thérèse, au détriment de hauts marais. De même, 2 ha de marécages arbustifs sont transformés en hauts marais, dans la partie sud de l'île Sainte-Thérèse.

Aucune dominance d'espèces envahissantes n'a été détectée durant cette période.

4.7.2.2 Entre 1990-1991 et 1996-1997

Durant cette période, les milieux humides sont passés de 187 ha à 261 ha, soit un gain de 74 ha ou 40 p. 100 (figure 37). Les pertes sont estimées à 57 ha alors que les gains sont de 131 ha. Après élimination des incohérences, les superficies ajustées des milieux humides passent de 172 ha en 1990-1991 à 160 ha en 1996-1997, pour une perte nette de 12 ha ou 7 p. 100. Les pertes retenues s'élèvent à 42 ha alors que les gains retenus totalisent 29 ha (figure 38).

Secteur : Île Sainte-Thérèse et archipel de Varennes

		1997																						Total				
		10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total
1990	10	4			0			0	16		3									7	8	2	0	0	0	3		44
	11																											0
	12																											0
	20	7			0			1	85		11									9	9	6	3	1	0	7		140
	21																											0
	23																											0
	22																											0
	24																											0
	25																											0
	30	0							1		0									0	0					0		2
	40								0											0	0							0
	41																											0
	42																											0
	43																											0
	44																											0
	45																											0
	46																											0
	89																											0
	2	2			0			0	11		2									28	175	2	0	0	0	2		223
1	2			0			0	9		3									23	1621	16	1	2	5	7		1689	
3								0		0									0	0							0	
50	4			0			0	86		10									6	8	6	262	109	6	57		554	
51								0		0									0	0	0	4	9	0	3		16	
52	0							0		0									2	4	0	16	28	12	17		80	
54	0							0		0									1	1	0	2	4	0	2		10	
55																											0	
Total	20	0	0	1	0	0	2	210	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	76	1827	33	288	153	24	98	0	2759	

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 37 Matrice de transition pour le sous-secteur de l'île Sainte-Thérèse et des îles de Varennes analysé entre 1990-1991 et 1996-1997

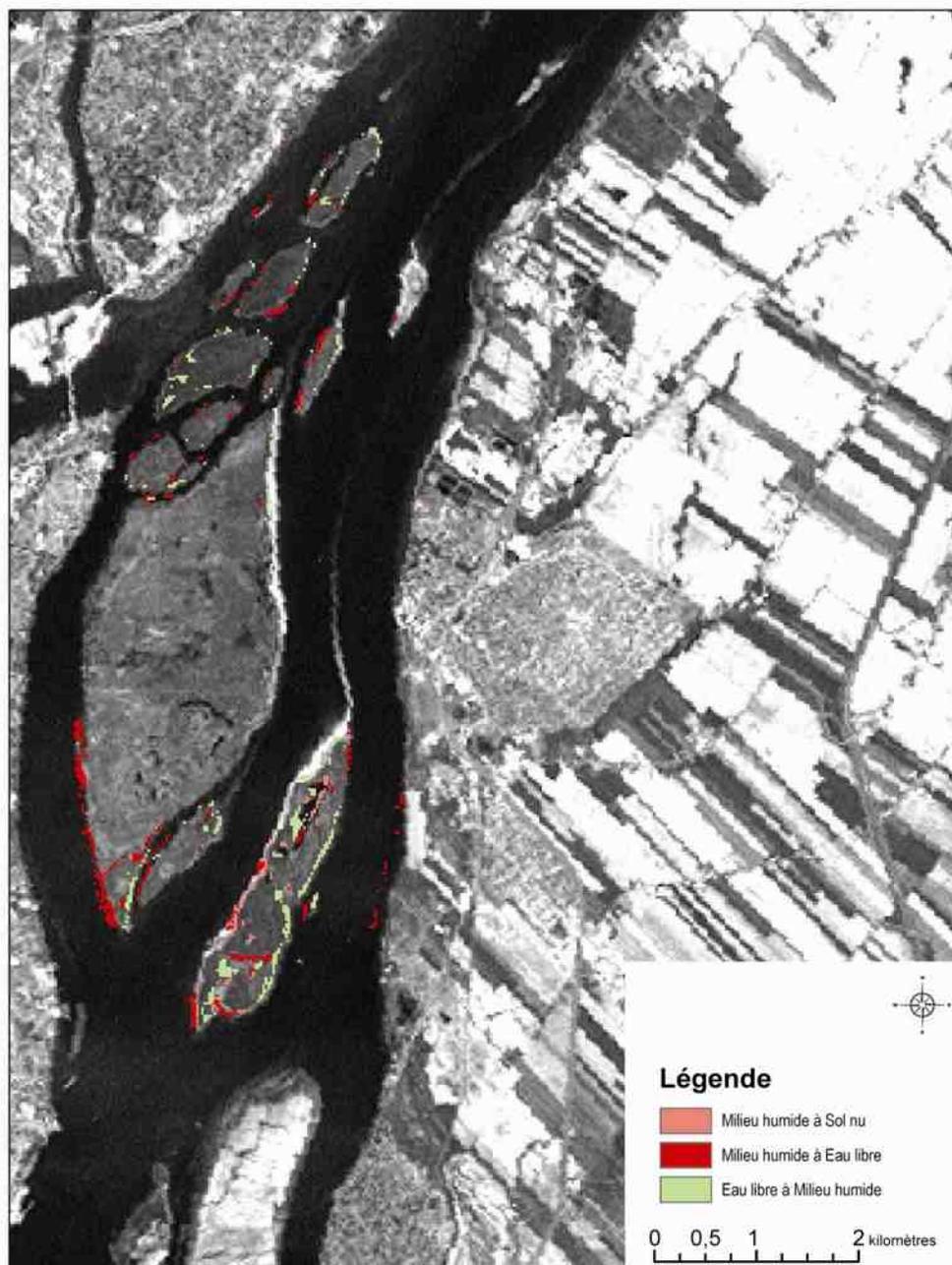


Figure 38 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du sous-secteur de l'île Sainte-Thérèse et des îles de Varennes analysé entre 1990-1991 et 1996-1997

L'indice d'assèchement relatif (tableau 16) s'élève à 0,15, illustrant que globalement, on observe un léger assèchement relatif des milieux humides durant cette période. En soustrayant les changements liés à l'eau libre, la tendance vers des conditions plus sèches est encore plus importante.

Les pertes retenues les plus importantes totalisent 34 ha et se sont faites au profit de l'eau libre. Les niveaux d'eau pourraient être à l'origine de ces changements (station hydrométrique jetée n° 1 – 02OA046 : 6,24 m le 21 août 1990 et 6,37 m le 17 octobre 1996; source : HYDAT 2001). De plus, 8 ha de milieux humides, situés sur les îles de Varennes, sont disparus au profit de sols nus.

Les seuls gains retenus (29 ha) se sont faits au détriment de l'eau libre. Ils s'observent en périphérie de même qu'à l'intérieur de plusieurs îles. Les différences de niveaux d'eau observées ne peuvent expliquer ces gains (voir plus haut). Ils ont toutefois été conservés en raison d'importantes différences hydrométriques entre les valeurs enregistrées à la station jetée n° 1 et celles observées dans le secteur au sud-est de la Voie maritime du Saint-Laurent (Jean Morin, communication personnelle).

Les pertes et gains non retenus sont décrits à l'annexe 42.

Au sein des milieux humides, 30 ha de modifications internes progressives sont observées durant cette période. Ainsi, 19 ha de bas marais se sont transformés en hauts marais dominés par *Phalaris arundinacea* (16 ha), de même qu'en marécages arbustifs (3 ha). À cela s'ajoutent 11 ha de hauts marais qui sont devenus des marécages arbustifs.

Les plus importantes transformations internes régressives montrent le passage de 7 ha de hauts marais vers des bas marais, alors que 1 ha de marécage arbustif est devenu un haut marais dominé par *Phalaris arundinacea*.

La superficie dominée par des espèces envahissantes, presque exclusivement *Phalaris arundinacea*, est estimée en 1996-1997 à 212 ha. De ce nombre, 86 ha semblent être utilisés à des fins agricoles.

4.7.2.3 Entre 1996-1997 et 2000-2002

Les milieux humides passent durant cette période, de 261 ha en 1996-1997 à 251 ha en 2000-2002, soit une diminution de 10 ha ou 4 p. 100 (figure 39). Les pertes sont de 179 ha alors que les gains s'élèvent à 169 ha. Une fois les incohérences éliminées, les superficies corrigées

sont de 103 ha en 1996-1997 et de 107 ha en 2000-2002, pour une augmentation de 4 ha ou 4 p. 100. La valeur corrigée des pertes est estimée à 20 ha alors que les gains s'élèvent à 24 ha (figure 40).

L'indice d'assèchement relatif (tableau 16) est de -0,18, illustrant que globalement, on observe une légère tendance vers des conditions plus humides des milieux humides durant cette période. En soustrayant les changements liés à l'eau libre, cette tendance augmente pour devenir modérée.

Les seules pertes retenues s'élèvent à 20 ha et se sont faites au profit de l'eau libre. Les niveaux d'eau ne peuvent cependant pas expliquer ces pertes puisqu'ils passent de 6,37 m à 6,20 m (station hydrométrique jetée n° 1 – 02OA046 : 6,37 m le 17 octobre 1996 et 6,20 m le 10 août 2002; source : HYDAT 2001 et Service de données sur le milieu marin, Pêches et Océans Canada). Cette perte est toutefois retenue étant donné les importantes différences hydrométriques entre la station jetée n° 1 et la portion analysée (Jean Morin, communication personnelle).

Les seuls gains retenus pour cette période touchent 24 ha d'eau libre qui se sont transformés en milieux humides. Ces gains pourraient être liés à la baisse de 17 cm du niveau de l'eau par rapport à celui qui prévalait durant l'acquisition d'images en 1997 (voir plus haut).

Les pertes et gains non retenus sont décrits à l'annexe 42.

En ce qui concerne les modifications au sein des milieux humides, peu de transformations progressives sont visibles. Ainsi, 5 ha de bas marais se sont transformés en hauts marais (3 ha, dont 2 ha dominés par *Phalaris arundinacea*) ou en marécages arborés (2 ha). En plus, 2 ha de hauts marais et 1 ha de marécages arbustifs sont devenus des marécages arborés.

Les transformations internes régressives sont un peu plus importantes. Ainsi, 25 ha de bas marais sont apparus au détriment de hauts marais (20 ha) et de marécages arbustifs (5 ha). De plus, 5 ha de marécages arbustifs sont devenus des hauts marais, 4 ha étant maintenant dominés par *Phalaris arundinacea*.

La superficie des milieux humides dominés par des espèces envahissantes passe durant cette période de 212 ha à 74 ha. L'estimation en 1996-1997 est fortement biaisée par la surestimation des milieux humides observés à cette date.

Secteur : Île Sainte-Thérèse et archipel de Varennes

		2002																						Total				
		10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total
1997	10	6		0	1			0	2			2								1	2		1	3			2	20
	11																											0
	12																											0
	20	0		0	0															0	0			0				1
	21																											0
	23																											0
	22	0							0															2				0
	24	18		2	7			5	25			2								4	9		3	103			31	210
	25																											0
	30	4		1	1			0	4			1								1	4		0	10			4	29
	40																											0
	41																											0
	42																											0
	43																											0
	44																											0
	45																											0
	46																											0
89																											0	
2	5		4	1			0	3			1								26	30		1	3	0		1	76	
1	2		5	1				1			1								172	1637		1	3	4	0	0	1827	
3	3		0	1				0			0								4	17		0	5			1	33	
50	6			0			0	3			10								1	1		241	14	7	0	4	288	
51	51		0	2			1	21			15								1	3		26	25	1	0	7	153	
52	0						0	0			0								1	3		11	2	5	0		24	
54	9		1	1			1	7			11								3	8		24	17	10	0	7	98	
55																											0	
Total	104	0	14	15	0	0	8	66	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	213	1715	0	309	187	27	1	56	2759	

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 39 Matrice de transition pour le sous-secteur de l'île Sainte-Thérèse et des îles de Varennes analysé entre 1996-1997 et 2000-2002

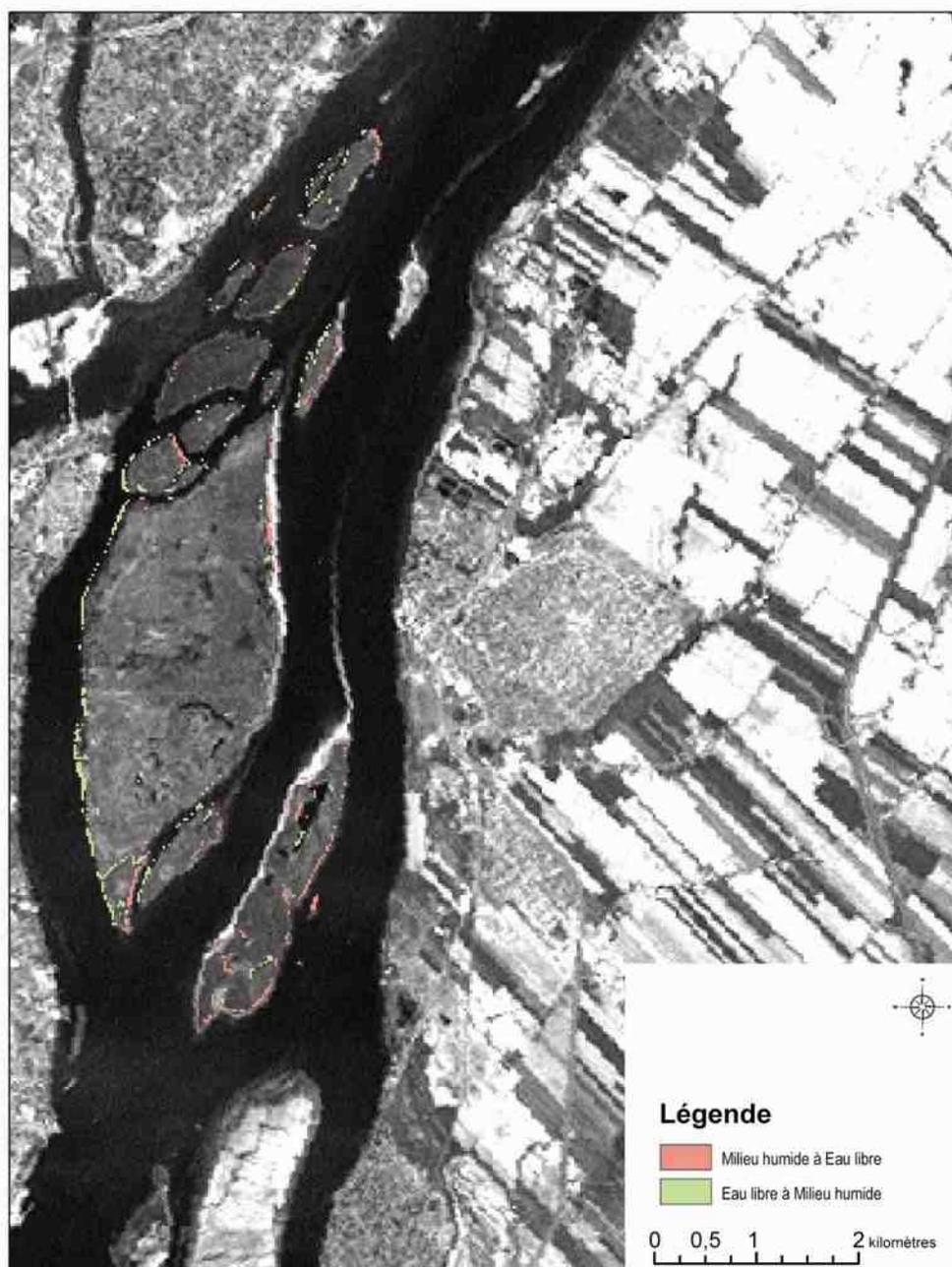


Figure 40 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du sous-secteur de l'île Sainte-Thérèse et des îles de Varennes analysé entre 1996-1997 et 2000-2002

4.7.3 Évolution partielle à Contrecœur

4.7.3.1 Entre 1970-1978 et 1990-1991

Durant cette période, les milieux humides sont passés de 211 ha à 377 ha, soit un gain de 166 ha ou environ 79 p. 100 (figure 41). Les pertes s'élèvent à 42 ha alors que les gains sont de 208 ha. Après élimination des incohérences, les superficies des milieux humides passent de 200 ha à 368 ha, soit un gain net de 168 ha ou 84 p. 100. Les pertes retenues sont estimées à 31 ha alors que les gains s'établissent à 199 ha (figure 42).

L'indice d'assèchement relatif (tableau 16) s'élève à 0,73, illustrant que globalement, on observe un important assèchement relatif des milieux humides durant cette période. En soustrayant les changements liés à l'eau libre, on observe toujours une tendance vers des conditions plus sèches, mais celle-ci est moins forte.

Les principales pertes de superficies, bien que minimes, se sont faites au profit de l'eau libre (31 ha). On les observe dans la portion nord-est de l'archipel des îles de Contrecœur (îlet à Lefebvre). Il semble qu'il s'agisse à cet endroit d'une véritable transformation, impliquant possiblement des processus d'érosion. Le reste des pertes, totalisant 10 ha, n'a pas été retenu.

Les gains retenus (199 ha) montrent la modification de zones d'eau libre en milieux humides. De grandes superficies de ces changements sont observables dans la portion ouest des îles de Contrecœur. Bien que des différences de niveaux d'eau pourraient probablement être à l'origine de cette transformation, celles-ci perdurent jusqu'en 2000-2002 ce qui nous incite à pencher davantage pour une véritable progression des marais du secteur.

Les gains non retenus représentent 9 ha de friches qui ont été incorrectement classifiés en milieux humides en 1990.

Au sein des transformations internes progressives, 37 ha de bas marais sont devenus des hauts marais, principalement visibles dans les îles de Contrecœur de même que sur l'île Saint-Ours. Ensuite, 9 ha de bas marais se sont transformés en marécages, distribués en formations arbustives (3 ha) et arborés (6 ha). De plus, 3 ha de hauts marais ont été classés en 1990-1991 comme marécages arbustifs. Enfin, 2 ha de marécages arbustifs se sont transformés en marécages arborés.

Secteur : Contrecœur

1990

	10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total
10	64			37						3	6								19	6		1	2	0	0	137	
11																										0	
12																										0	
20	13			37						3	0								2	4	1	1	3	1		65	
21																										0	
23																										0	
22																										0	
24																										0	
25																										0	
30	0			1						1	2												1	1	0	6	
40	0			0						1	1											0	0		0	3	
41																										0	
42																										0	
43																										0	
44																										0	
45																										0	
46																										0	
89																										0	
2	32			12						1	1								149	119		0		0		314	
1	121			32															87	1766		1	2	3	1	2013	
3				0															1	2	0					4	
50																			1	1		2	1	1	6	12	
51	1			8						0									3	0		1	2	0	1	16	
52																										0	
54																						0	0	0	2	3	
55																										0	
Total	231	0	0	127	0	0	0	0	0	8	11	0	0	0	0	0	0	0	262	1898	1	8	10	6	10	0	2572

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 41 Matrice de transition pour le sous-secteur de Contrecœur analysé entre 1970-1978 et 1990-1991

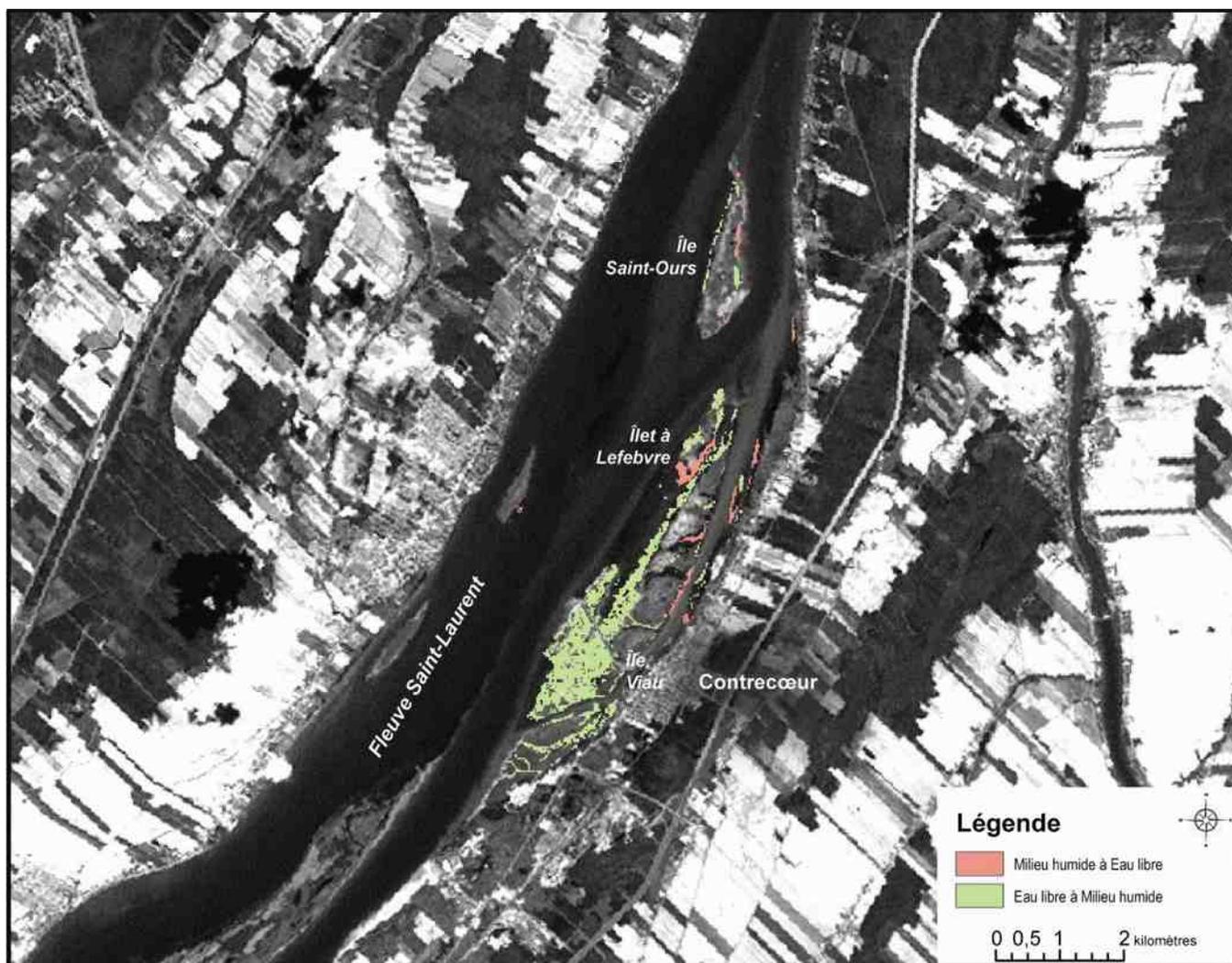


Figure 42 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du sous-secteur de Contrecœur analysé entre 1970-1978 et 1990-1991

Seulement deux transformations internes régressives sont observées durant cette période. D'abord, 13 ha de hauts marais sont devenus des bas marais. Puis, 1 ha de marécages arbustifs s'est transformé en hauts marais.

4.7.3.2 Entre 1990-1991 et 1996-1997

Durant cette période, les milieux humides sont passés de 377 ha à 290 ha, soit une perte de 87 ha ou environ 23 p. 100 (figure 43). Les pertes sont de 109 ha alors que les gains totalisent 22 ha. Après élimination des incohérences, les superficies corrigées des milieux humides passent de 355 ha en 1990-1991 à 284 ha en 1996-1997, pour une perte de 71 ha ou 20 p. 100. Les pertes corrigées sont de 87 ha et les gains ajustés sont estimés à 16 ha (figure 44).

L'indice d'assèchement relatif (tableau 16) s'élève à -0,21, illustrant que globalement, les milieux humides deviennent relativement plus humides durant cette période. En soustrayant les changements liés à l'eau libre, on observe toutefois une légère tendance vers des conditions plus sèches.

Les principales pertes s'élèvent à 59 ha et montrent une transformation de milieux humides en zones d'eau libre. L'archipel de Contrecœur (excluant l'île Saint-Ours) abrite la totalité de ces changements. Les niveaux d'eau plus élevés en 1996 par rapport à 1990 pourraient expliquer ces divergences (stations hydrométriques de Contrecœur – 02OJ021 et Contrecœur IOC – 02OJ034 : 4,93 m le 21 août 1990 et 5,03 m le 17 octobre 1996; source : HYDAT 2001). Par ailleurs, 28 ha de milieux humides sont devenus du sol nu. Ils se concentrent sur l'île Saint-Ours de même que dans le marais à l'ouest de l'île Viau, située dans la portion sud de l'archipel de Contrecœur. Il semble s'agir de véritables modifications du couvert végétal. Les pertes non retenues sont décrites à l'annexe 42.

Les gains observés retenus, totalisant 16 ha, se sont faits au détriment de l'eau libre. Ils s'observent de façon très dispersée autour des îles, y compris autour de l'île Saint-Ours. Les données d'érosion dans ce secteur ne permettent pas de confirmer qu'il puisse s'agir de zones d'accumulation de sédiments (Louis-Fillip Richard, communication personnelle). D'autres causes non identifiées sont donc en jeu ici.

Secteur : Contrecœur

		1997																					Total					
		10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total
1990	10	149					0	21		3										35	11	10	1			0	231	
	11																											0
	12																											0
	20	19					3	38		17										4	9	17	17	0		1	127	
	21																											0
	23																											0
	22																											0
	24																											0
	25																											0
	30	1					1	2		4													1					8
	40	2						2		6													0	0			0	11
	41																											0
	42																											0
	43																											0
	44																											0
	45																											0
46																											0	
89																											0	
2	10							1	0											56	195	0	0	0	0	0	262	
1	1							2	2											2	1889	3		0	0	0	1898	
3							0	0	0												0	1					1	
50	2							1												0	2		2	0	1	1	8	
51	2							1												1			4	0	0	2	10	
52	0																			0	1		1	0	1	2	6	
54	0																			0	1		1	0	0	8	10	
55																											0	
Total	186	0	0	0	0	0	4	68	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	96	2109	32	26	1	2	15	0	2572	

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 43 Matrice de transition pour le sous-secteur de Contrecœur analysé entre 1990-1991 et 1996-1997

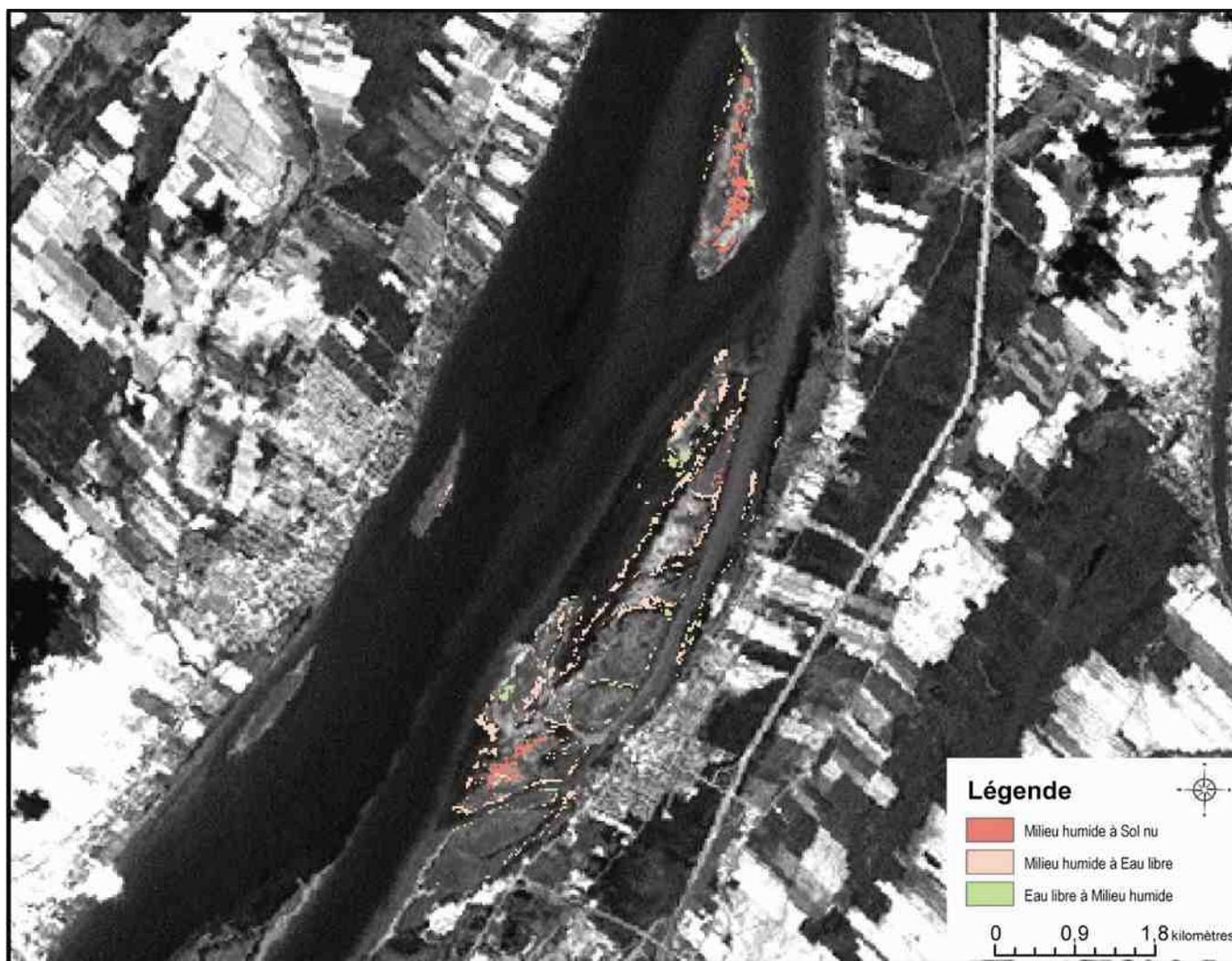


Figure 44 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du sous-secteur de Contrecoeur analysé entre 1990-1991 et 1996-1997

Au sein des milieux humides, les modifications progressives observées totalisent 56 ha. De ce nombre, 21 ha de bas marais se sont transformés en hauts marais dominés par *Phalaris arundinacea*. On les observe un peu partout dans l'archipel de Contrecœur. Ensuite, 17 ha de hauts marais se sont retrouvés dans la classe des marécages arbustifs. Enfin, 3 ha de bas marais sont devenus des marécages arbustifs.

À l'inverse, 90 ha de transformations régressives sont présentes durant cette période. Outre les pertes au profit de l'eau libre, la majeure partie des changements de type de milieux humides dans l'archipel de Contrecœur, soit 19 ha, montre le passage de hauts marais vers des bas marais. De plus, 6 ha de marécages arborés se seraient transformés en marécages arbustifs.

La dominance d'espèces végétales envahissantes dans les hauts marais est estimée, durant cette période, à plus de 72 ha, dont 68 ha seraient dominés par *Phalaris arundinacea* et 4 ha par *Phragmites australis*.

4.7.3.3 Entre 1996-1997 et 2000-2002

Durant cette période, les milieux humides sont passés de 290 ha en 1996 à 427 ha en 2002, soit une augmentation de 137 ha ou 47 p. 100 (figure 45). Les pertes sont de 14 ha alors que les gains s'élèvent à 152 ha. Après élimination des incohérences, les superficies corrigées des milieux humides passent de 283 ha en 1996 à 409 ha en 2002, pour une augmentation de 126 ha ou 45 p. 100. La valeur corrigée des pertes est de 7 ha et celle des gains, de 133 ha (figure 46).

L'indice d'assèchement relatif (tableau 16) s'élève à 0,62, illustrant que globalement, les milieux humides deviennent relativement plus secs durant cette période. En soustrayant les changements liés à l'eau libre, on observe toujours une tendance vers des conditions plus sèches, bien que moins forte.

Aucune perte d'importance (de plus de 10 ha) n'est notée pour une même classe. Les plus grandes pertes s'élèvent à 7 ha de milieux humides qui ont été convertis en terres agricoles (sur la rive sud, dans la portion nord de Contrecœur).

Secteur : Contrecœur

		2002																						Total				
		10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total
1997	10	119		6	4			8	26		14						0		0	1		5		0	2		186	
	11																											0
	12																											0
	20																											0
	21																											0
	23																											0
	22	1						4	0																	0		4
	24	6		0	0			8	50		1							0				1		2		1		68
	25																											0
	30	8		0	0			7	12		2							0				1				1		32
	40																											0
	41																											0
	42																											0
	43																											0
	44																											0
	45																											0
	46																											0
	89																											0
	2	34		15	3			2	1		1									5	33		1		1	0		96
	1	31		12	1			1	2		0									8	2050		2		2	0		2109
	3	4		0				3	23									0			2		0			0		32
	50	1		0	0				15		0							0						8		1	1	26
	51	0																						1		0	0	1
	52	0		0																				0		1	0	2
	54	0							1		0											0		4		2	8	15
55																											0	
Total	203	0	34	8	0	0	33	130	0	19	0	0	0	0	0	1	0	0	13	2088	0	23	0	6	14	0	2572	

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 45 Matrice de transition pour le sous-secteur de Contrecœur analysé entre 1996-1997 et 2000-2002



Figure 46 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du sous-secteur de Contrecœur analysé entre 1996-1997 et 2000-2002

Les principaux gains en milieux humides (103 ha) se font au détriment de l'eau libre. On rencontre ce phénomène principalement dans l'archipel de Contrecoeur et sur la rive ouest de l'île Saint-Ours. Les différences observées dans les niveaux d'eau concordent avec la direction de ces changements (station hydrométrique de Contrecoeur IOC – 15780 : 5,04 m le 17 octobre 1996 et 4,90 m le 13 août 2002; source : Service de données sur le milieu marin, Pêches et Océans Canada). À cela s'ajoutent 30 ha identifiés comme substrat en 1996-1997 et qui sont classés comme des milieux humides en 2000-2002. On les voit sur l'île Saint-Ours de même que dans le marais à l'ouest de l'île Viau. Les gains non retenus sont décrits à l'annexe 42.

Au sein des milieux humides, des changements internes progressifs touchant les bas marais sont visibles. Ainsi, 38 ha de ces derniers se sont transformés en hauts marais. De ce nombre, 26 ha des nouveaux hauts marais sont dominés par *Phalaris arundinacea* et 8 ha par *Phragmites australis*. On les trouve dans l'archipel de Contrecoeur et, de façon plus dispersée, sur l'île Saint-Ours. Par ailleurs, 14 ha de bas marais sont devenus des marécages arbustifs, en grande majorité dans l'archipel de Contrecoeur.

Les transformations internes régressives les plus importantes font intervenir les marécages arbustifs qui deviennent des hauts marais (19 ha, dont 12 ha dominés par *Phalaris arundinacea*) et des bas marais (8 ha). Parmi celles-ci, ce que l'on a cru comme l'apparition de hauts marais sur l'île Saint-Ours semble être le résultat d'une surestimation des marécages en 1996-1997. Enfin, 7 ha de hauts marais se sont transformés en bas marais.

Durant cette période, la superficie dominée par les espèces végétales envahissantes est passée de 72 ha en 1996-1997 à 163 ha en 2000-2002. Une détection plus efficace de ces espèces en 2000-2002 explique en partie cette différence.

4.8 LAC SAINT-PIERRE

La superficie analysée pour le secteur du lac Saint-Pierre entre 1990-1991 et 2000-2002 totalise 58 132 ha et inclut l'eau libre et les milieux terrestres adjacents. La couverture est complète pour le secteur, à l'exception d'une zone manquante au sud-ouest du lac (annexes 44 et 45).

Par ailleurs, la superficie examinée entre les années 1970-1978 et 2000-2002 ne couvre que la portion de l'archipel du lac Saint-Pierre (îles de Berthier-Sorel). Elle est estimée à 25 847 ha (annexes 46 à 49).

Les indices d'assèchement relatif pour le secteur du lac Saint-Pierre sont présentés au tableau 17. L'examen de ces statistiques semble montrer des oscillations du degré d'humidité des milieux humides, avec un léger assèchement relatif survenu entre 1990-1991 et 2000-2002.

Tableau 17 Indices d'assèchement relatif pour le secteur du lac Saint-Pierre

Période	Indice d'assèchement relatif
Entre 1970-1978 et 1990-1991	-0,40
Entre 1990-1991 et 1996-1997	0,61
Entre 1996-1997 et 2000-2002	-0,49
Entre 1990-1991 et 2000-2002	0,27

4.8.1 Évolution générale entre 1990-1991 et 2000-2002

Entre 1990-1991 et 2000-2002, le lac Saint-Pierre gagne 1368 ha de milieux humides, passant de 16 224 ha à 17 592 ha, soit une augmentation d'environ 8 p. 100 (figure 47). Durant cette période, les pertes de marais et de marécages s'élèvent à 1994 ha alors que les gains sont estimés à 3363 ha. En éliminant les incohérences, les pertes s'élèvent à 1949 ha alors que les gains sont de 1873 ha (figure 48). Les superficies corrigées sont de 16 180 ha en 1990-1991 et de 16 098 ha en 2000-2002, pour un bilan négatif de 82 ha ou 0,5 p. 100.

L'indice d'assèchement relatif pour cette comparaison est de 0,27, illustrant un assèchement relatif des milieux humides du secteur (tableau 17). Cela concorde avec la tendance observée dans les indices relatifs à l'analyse de la maximisation temporelle, où l'indice est fortement positif pour la période entre 1990-1991 et 1996-1997, alors qu'il est moyennement négatif entre 1996-1997 et 2000-2002. En soustrayant les changements liés à l'eau libre, on observe toujours une tendance de même importance vers des conditions plus sèches dans les milieux humides.

Secteur : Lac Saint-Pierre (couverture maximale)

		2002																					Total					
		10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total
1990	10	4750		404	265			9	786		434	155			583			163		52	851	30	196		3	11	8692	
	11																											0
	12	47		5					4		5	1									12		0					74
	20	401		11	176			10	1411		222	132			326					1	87	57	512		3	10	3435	
	21																											0
	23																											0
	22																											0
	24																											0
	25																											0
	30	248		0	30				107		131	61			74					1	16	14	39		2	1	751	
	40	344		1	73			0	252		299	674			1383					1	25	12	42		2	13	3271	
	41																											0
	42																											0
	43																											0
	44																											0
	45																											0
46																											0	
89																											0	
2	630		47	1				3		3				1					3	12401	5	3		2	2	13102		
1	696		44	43				135		69	6			153					10	17731	40	70		9	34	19079		
3	91		1	21				73		31	7			53					1	34	33	99		4	4	470		
50	40			35				77		33	26			60						65	35	5249		66	239	5945		
51	0			1				1		0	0			3						0	1	68		2	6	81		
52	15			17				16		7	20			48						96	20	1209	0	328	201	1985		
54	69			14				47		82	111			404						19	5	241		7	203	1247		
55																											0	
Total	7330	0	512	676	0	0	19	2911	0	1316	1192	0	0	3087	0	0	548	0	69	31336	252	7729	0	428	725	0	58132	

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 47 Matrice de transition pour le lac Saint-Pierre entre 1990-1991 et 2000-2002

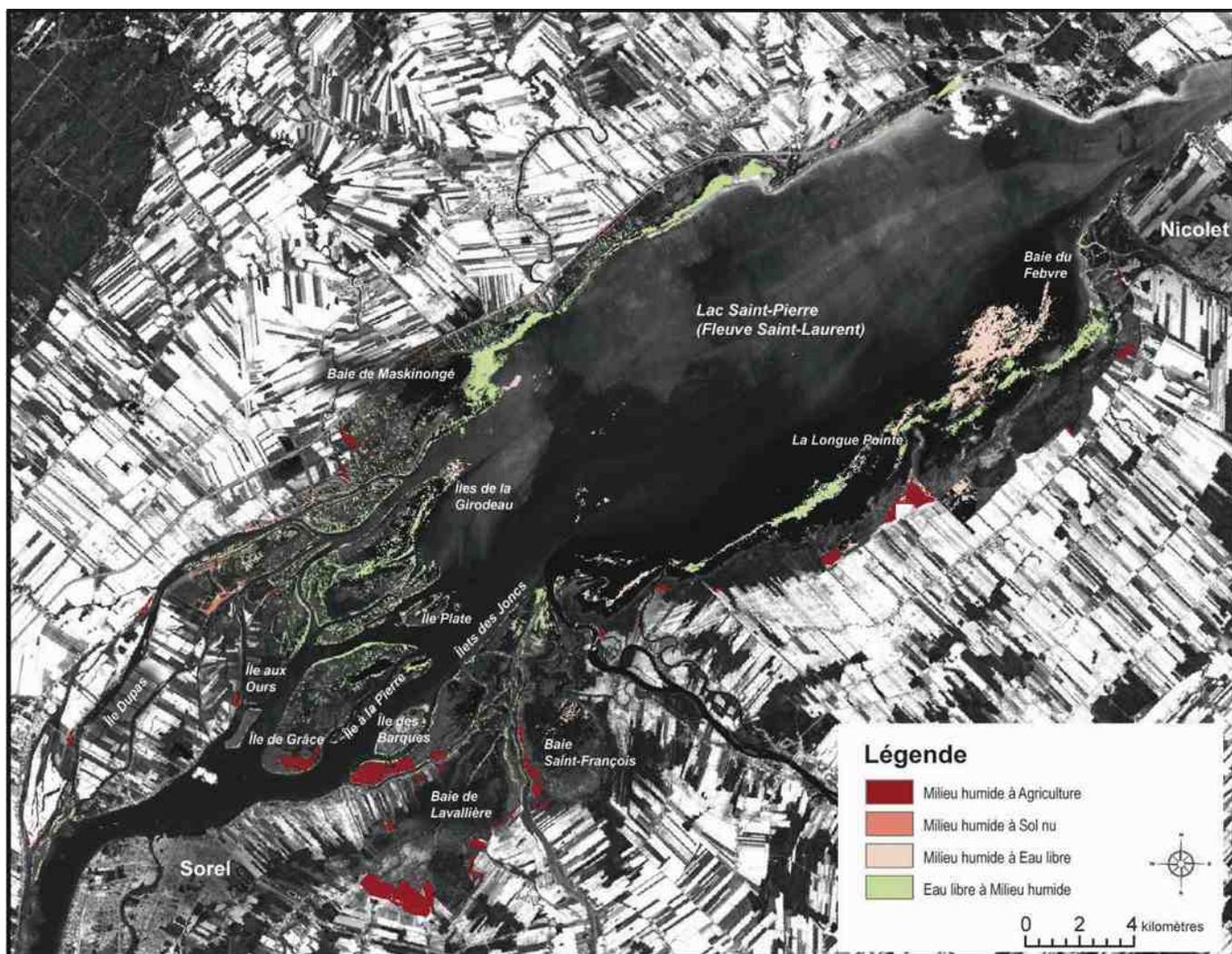


Figure 48 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du lac Saint-Pierre entre 1990-1991 et 2000-2002

La très grande majorité des pertes de milieux humides observées durant cette période ont été retenues. Ainsi, 1046 ha de milieux humides sont disparus au profit de l'eau libre. Ces zones se localisent un peu partout autour du lac Saint-Pierre, de la baie Saint-François, autour de certaines îles de l'archipel du lac Saint-Pierre et, de façon plus importante, dans la baie du Febvre. Les données historiques ne permettent pas de relier ce changement à une hausse des niveaux d'eau (station hydrométrique courbe n° 2, lac Saint-Pierre – 02OC016 : 4,47 m le 26 juillet 1990, 4,23 m le 21 août 1990, 4,06 m le 18 septembre 2000; station hydrométrique courbe n° 2, lac Saint-Pierre – 15975 : 4,20 m le 25 juillet 2002 et 4,12 m le 13 août 2002; source : HYDAT 2001 et Service de données sur le milieu marin, Pêches et Océans Canada). La création d'aménagements qui maintiennent élevé le niveau de l'eau localement pourrait expliquer certaines de ces pertes. Le reste pourrait être le fait d'une disparition de végétation. Par ailleurs, 789 ha de milieux humides, répartis majoritairement sur la rive sud du lac, ont été convertis en zones agricoles. Sur la base d'information en notre possession, il semble s'agir de véritables pertes de milieux humides. De plus, 113 ha de milieux humides ont été convertis en sols nus, en grande partie situés à l'extrémité est de l'île Dupas. Plusieurs aménagements fauniques se situent dans ce secteur et leur gestion pourrait vraisemblablement entraîner ce genre de modifications.

Plus de la moitié des gains en milieux humides a été retenue pour la présente analyse. Les gains se sont faits au détriment de l'eau libre (1871 ha) et ils se répartissent autour de plusieurs îles de l'archipel du lac Saint-Pierre et sur les deux rives du lac. Il s'agit vraisemblablement de changements causés par une baisse du niveau de l'eau (voir les données hydrométriques plus haut, particulièrement les niveaux du 26 juillet 1990 et du 13 août 2002, dates auxquelles l'acquisition d'images a été faite pour la majeure partie du lac).

Les pertes et gains non retenus sont décrits à l'annexe 50.

De nombreux changements internes progressifs sont survenus durant cette période. Le plus important montre le passage de 1064 ha de bas marais vers des hauts marais. De ce nombre, 790 ha sont maintenant dominés par *Phalaris arundinacea*, et 9 ha le sont par *Phragmites australis*. Ces changements sont principalement visibles sur le pourtour des baies de Lavallière et Saint-François. On les trouve aussi sur certaines îles avoisinantes, notamment sur les îles Plate et des Barques. La présence de nuages sur l'image de 1990-1991 jette toutefois un doute sur ce type de changements observés à ces derniers endroits. De plus, 902 ha de bas marais sont devenus des

marécages arborés en 2000-2002. Ces derniers se subdivisent en marécages dominés par *Acer saccharinum* (583 ha), par *Salix* sp. (163 ha) et par d'autres espèces (156 ha). Ils se retrouvent principalement sur le pourtour des baies de Lavallière et Saint-François, de même que sur l'île de Grâce, sur les îles de la Girodeau et sur la rive sud du lac Saint-Pierre. Il faut tenir compte encore ici d'une possible surestimation des bas marais sur la carte de 1990-1991, de même que de différences géométriques entre les deux cartes. Par ailleurs, 439 ha de bas marais, localisés sur la rive sud du lac et sur certaines îles, se sont transformés en marécages arbustifs. En ce qui concerne les hauts marais, outre les changements énumérés ci-dessus, 533 ha présents en 1990-1991 se sont transformés en marécages arborés. De ceux-ci, 326 ha sont dominés par *Acer saccharinum*, 76 ha par *Salix* sp. et 132 ha par d'autres espèces. Ils sont dispersés dans les îles, avec une concentration sur la rive est de la baie Saint-François et sur la rive sud du lac Saint-Pierre. De plus, 222 ha de hauts marais sont devenus en 2000-2002 des marécages arbustifs. Ils se concentrent sur la rive sud du lac, avec quelques traces sur les îles. Enfin, 163 ha de marécages arbustifs sont devenus des marécages arborés. Ces derniers se subdivisent en marécages arborés dominés par *Acer saccharinum* (74 ha), par *Salix* sp. (28 ha) et par d'autres espèces (61 ha). Ces changements sont dispersés dans le secteur, avec une certaine concentration en amont de la baie du Febvre.

Parmi les changements internes régressifs, 412 ha de hauts marais sont devenus des bas marais. On les trouve dans le fond des baies de Lavallière et Saint-François, aux environs des aménagements de l'île Dupas ainsi qu'à quelques autres endroits. S'ajoute à cela la transformation de 345 ha de marécages arborés en bas marais. Ils s'observent là où les marécages ne sont pas denses, comme sur l'île Dupas, dans la baie de Maskinongé et dans certains secteurs de l'île aux Ours. De plus, 248 ha de marécages arbustifs sont devenus des bas marais, en majeure partie localisés dans les baies de Lavallière et Saint-François. À cela s'ajoutent 325 ha de marécages arborés qui se sont transformés en hauts marais. Ils sont particulièrement visibles sur le pourtour des îles de la partie sud de l'archipel (par exemple, les îlots des Joncs et l'île à la Pierre). Puis, 137 ha de marécages arbustifs sont devenus des hauts marais, présents également sur la rive sud de même qu'à l'île des Barques. De ce nombre, 107 ha sont maintenant dominés par *Phalaris arundinacea*. Enfin, 299 ha de marécages arborés se sont transformés en marécages

arbustifs. En plus du secteur de la baie du Febvre, on observe ce type de changement dans les îles situées au nord de l'archipel du lac Saint-Pierre.

La cartographie de 2000-2002 nous permet d'estimer l'étendue des populations denses de *Phragmites australis* et de *Phalaris arundinacea*. Ainsi, les hauts marais à *Phragmites australis* totalisent 19 ha et sont principalement localisés dans la baie de Lavallière. Nos observations sur le terrain nous indiquent que l'espèce est présente ailleurs sur le territoire du lac Saint-Pierre. Pour sa part, *Phalaris arundinacea* domine sur 2911 ha de hauts marais, mais l'espèce est certainement plus importante si on tient compte des milieux terrestres où elle est présente.

4.8.2 Évolution partielle entre 1970-1978 et 1990-1991

Durant cette période, les milieux humides sont passés de 9764 ha à 9426 ha, soit une perte de 338 ha ou environ 3,5 p. 100 (figure 49). Les pertes s'élèvent à 1914 ha alors que les gains sont de 1576 ha. Après élimination des incohérences, les superficies des milieux humides passent de 9285 ha à la fin des années 1970 à 8964 ha en 1990, pour une perte nette de 321 ha ou 22 p. 100. Les pertes corrigées s'élèvent à 1435 ha alors que les gains corrigés sont de 1114 ha (figure 50).

L'indice d'assèchement relatif (tableau 17) s'élève à -0,40, illustrant que globalement, on observe une tendance modérée vers des conditions plus humides. En soustrayant les changements liés à l'eau libre, on observe toujours une tendance aussi importante vers des conditions plus humides.

La majorité des pertes observées entre les deux cartes sont considérées comme valides. Les principales pertes de superficies se sont faites au profit de l'eau libre (904 ha). On les observe principalement en bordure des îles de la Girodeau, dans la portion est de l'île aux Grues et de la baie des Ouines, de même qu'à l'embouchure de la rivière Yamaska. Les fluctuations du niveau d'eau pourraient être à l'origine de ces transformations. Ensuite, 398 ha de milieux humides ont été identifiés en zones agricoles en 1990-1991. On rencontre ce phénomène un peu partout dans l'archipel, en particulier sur les îles de la Girodeau, sur l'île aux Ours et sur l'île du Mitan.

Secteur : Lac Saint-Pierre

1990

	10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total
10	2212			259						104	180								129	345	69	160		43	25		3526
11																											0
12																											0
20	405			554						60	160								2	122	32	131		14	25		1506
21																											0
23																											0
22																											0
24																											0
25																											0
30	1041			351						113	255								3	71	44	43		10	41		1971
40	719			277						97	1063								7	225	27	64		20	262		2762
41																											0
42																											0
43																											0
44																											0
45																											0
46																											0
89																											0
2	324			16						5	18								994	586	11	9		8	3		1974
1	117			15						2	3								2544	6784	8	23		47	6		9549
3	7			1						0	1								0	5	0						15
50	134			88						14	57								1	49	16	2169		193	59		2780
51	86			248						11	91								4	55	27	249		30	18		819
52																											0
54	95			97						13	133								2	57	29	137		46	338		947
55																											0
Total	5141	0	0	1906	0	0	0	0	0	420	1960	0	0	0	0	0	0	0	3687	8298	264	2984	0	410	777	0	25847

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 49 Matrice de transition pour la portion du lac Saint-Pierre analysée entre 1970-1978 et 1990-1991

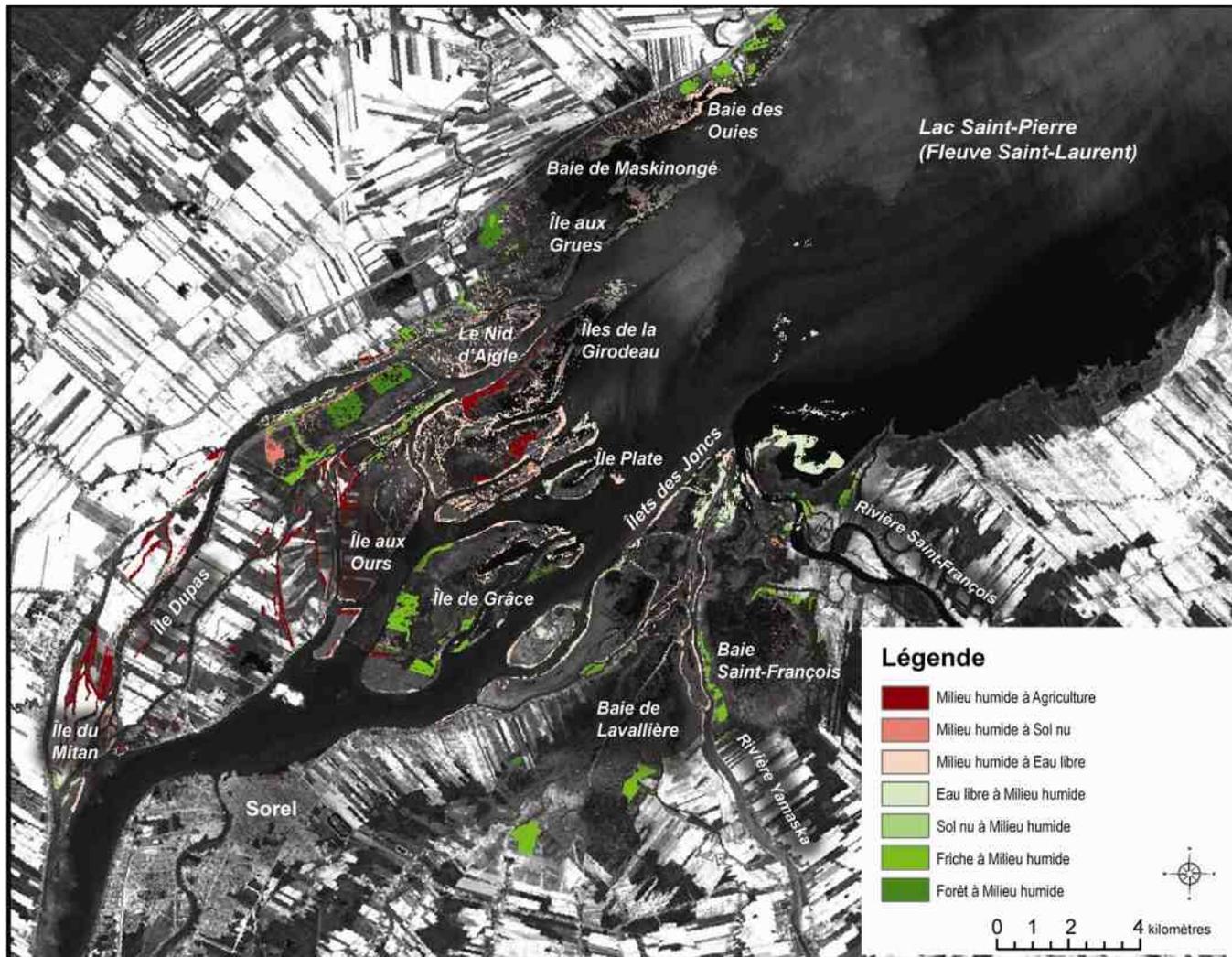


Figure 50 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages de la portion du lac Saint-Pierre analysée entre 1970-1978 et 1990-1991

Bien qu'il soit possible que ces sites soient inondés lors de la crue printanière, leur utilisation intensive pour l'agriculture (et la distinction nette entre ces deux classes que sont les milieux humides et l'agriculture) nous incite à considérer ces changements comme réels. À cela s'ajoutent 132 ha de milieux humides, sur l'île Dupas, qui sont devenus en 1990-1991 du sol nu. La récente conversion des terres agricoles pourrait expliquer cette différence.

Les principaux gains retenus (500 ha) montrent l'évolution de zones d'eau libre vers des milieux humides. De grandes superficies de ces changements sont observables à l'embouchure des rivières Yamaska et Saint-François, de même que dans les portions est des îles de la Girodeau et dans la baie de l'île aux Grues. Des différences dans les niveaux d'eau, de même que l'évolution de la végétation (en particulier une densification de zones d'eau peu profonde) peuvent hypothétiquement expliquer cette transformation. Par ailleurs, 436 ha de friches ont été classifiés en 1990-1991 comme milieux humides. On les observe sur les îles de Grâce et Dupas, de même qu'à l'intérieur des terres en bordure des baies de Lavallière et Saint-François. Ensuite, 169 ha de forêts terrestres, sur un total observé de 337 ha, se sont transformés en milieux humides en 1990-1991. Ces gains retenus, car plausibles, se concentrent sur l'île Dupas (à l'intérieur des deux aménagements seulement), dans la baie de Maskinongé, de même qu'à l'intérieur des terres. Enfin, 9 ha de sols nus ont été colonisés par des milieux humides. L'apparition sur les images brutes de la végétation est évidente dans ces secteurs, ce qui nous incite à conserver ces changements.

Les pertes et gains non retenus sont décrits à l'annexe 50.

D'importants changements au sein des milieux humides sont visibles durant cette période. Parmi les transformations internes de type progressif, on observe d'abord un assèchement relatif de 180 ha de bas marais qui se sont transformés durant cette période en marécages arborés. Il s'agit toutefois d'une surestimation des marécages arborés en 1990-1991. Dans la même veine, 104 ha de bas marais, situés dans la baie Saint-François, sont devenus des marécages arbustifs. Cette différence semble aussi être le résultat, dans ce cas-ci, d'une surestimation des marécages arbustifs en 1990-1991. Par ailleurs, nous considérons plausible la transformation de 259 ha de bas marais en hauts marais. Ensuite, 160 ha de hauts marais se sont transformés en marécages arborés. Ces changements semblent plausibles, notamment sur l'île Le Nid d'Aigle. Parallèlement, 60 ha de hauts marais se sont transformés en marécages arbustifs.

Cela semble être, dans ce cas, le résultat d'une surestimation du marécage arbustif en 1990-1991. Enfin, 255 ha de marécages arbustifs se sont transformés en marécages arborés en 1990-1991. Ces nouvelles formations arborescentes sont dispersées sur le territoire, avec des concentrations sur l'île Dupas. Une certaine confusion est cependant possible entre les deux classes.

Les transformations inverses, c'est-à-dire l'évolution vers des marais et des marécages plus humides, sont passablement plus importantes. Ainsi, 405 ha de hauts marais se sont transformés en bas marais. Cette différence résulte partiellement d'une surestimation des bas marais en 1990-1991, bien qu'elle semble plausible dans la baie de Lavallière. Les aménagements fauniques sont vraisemblablement à l'origine de la transformation en bas marais de 1041 ha de marécages arbustifs et de 719 ha de marécages arborés. Ces derniers sont principalement visibles dans la baie de Lavallière, mais aussi ailleurs (fond de la baie Saint-François, îles de la Girodeau). Par ailleurs, 351 ha de marécages arbustifs, principalement dans les baies de Lavallière et Saint-François, ont régressé, devenant des hauts marais. De plus, 277 ha de marécages arborés se sont également transformés en hauts marais, principalement sur l'île de Grâce. Une surestimation des hauts marais en 1990-1991 est peut-être en cause ici. Enfin, 97 ha de marécages arborés ont régressé vers un stade arbustif.

4.8.3 Évolution partielle entre 1990-1991 et 1996-1997

Durant cette période, les milieux humides sont passés de 9426 ha à 11 102 ha, soit une augmentation de 1676 ha ou environ 18 p. 100 (figure 51). Les pertes sont de 923 ha alors que les gains totalisent 2599 ha. Après élimination des incohérences, les superficies corrigées des milieux humides passent de 9010 ha en 1990-1991 à 10 499 ha en 1996-1997, pour un gain net de 1489 ha ou 17 p. 100. La valeur corrigée des pertes s'établit à 507 ha alors que celle des gains est de 1996 ha (figure 52).

Secteur : Lac Saint-Pierre

		1997																						Total				
		10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total
1990	10	2503			38			878		71	1230									47	176	39	99	40	4	18		5141
	11																											0
	12																											0
	20	164			43			854		24	424									3	20	98	165	51	7	52		1906
	21																											0
	23																											0
	22																											0
	24																											0
	25																											0
	30	156			2			65		12	147									1	4	3	12	12	1	6		420
	40	136			37			282		23	1416									1	6	6	19		1	34		1960
	41																											0
	42																											0
	43																											0
	44																											0
	45																											0
	46																											0
	89																											0
	2	786						6		0	7									59	2821	2	1		2	2		3687
1	651			13			116		4	235									103	7052	34	39	3	16	34		8298	
3	52			3			45		3	75									0	9	19	42		3	13		264	
50	39			5			94		1	56										19	20	2409		10	331		2984	
51																											0	
52	16			1			10		0	15										43	4	234		10	77		410	
54	24			7			37			297									0	4	3	78		1	326		777	
55																											0	
Total	4528	0	0	150	0	0	0	2386	0	136	3902	0	0	0	0	0	0	0	214	10155	228	3096	106	55	891	0	25847	

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 51 Matrice de transition pour la portion du lac Saint-Pierre analysée entre 1990-1991 et 1996-1997

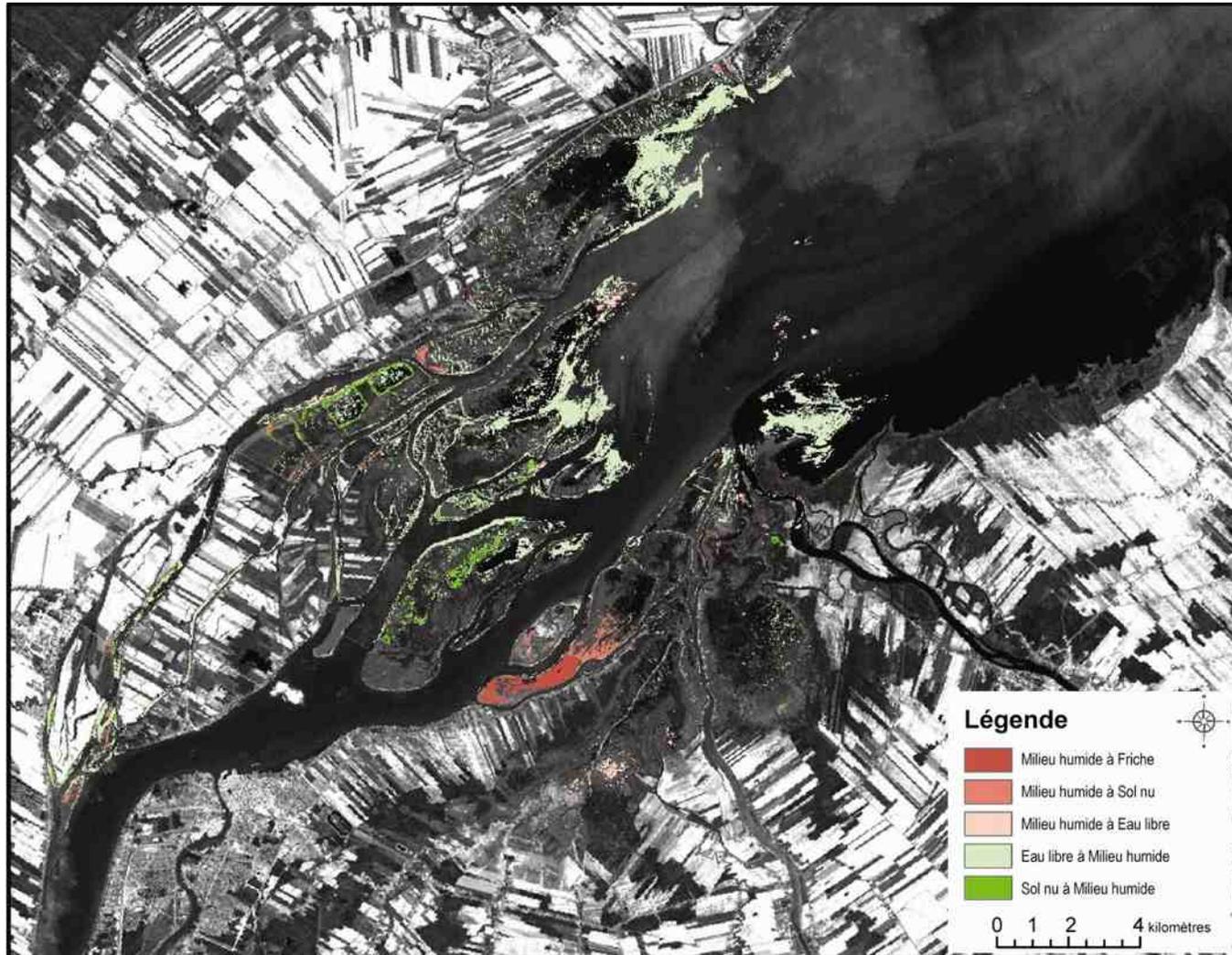


Figure 52 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages de la portion du lac Saint-Pierre analysée entre 1990-1991 et 1996-1997

L'indice d'assèchement relatif (tableau 17) s'élève à 0,61, illustrant que globalement, on observe une forte tendance vers un assèchement relatif des milieux humides. En soustrayant les changements liés à l'eau libre, on observe toujours une tendance de même ordre vers des conditions plus sèches.

Parmi les pertes retenues durant la présente période, on note que 258 ha de milieux humides ont été remplacés par de l'eau libre. Cette différence est observable dans les baies de Lavallière et Saint-François, de même que sur la rive nord de l'île Dupas. La résolution plus fine de l'image de 1997 peut avoir fait en sorte que les mares des deux baies aient été plus perceptibles sur cette image. Nous considérons toutefois qu'il pourrait s'agir de véritables transformations au sein des milieux humides. Par ailleurs, 146 ha de milieux humides sont devenus des sols nus en 1996-1997. Ces changements sont observables dans la portion ouest de l'île Le Nid d'Aigle et au centre de l'île du Moine. De plus, sur cette dernière île, 104 ha de milieux humides se sont transformés en friches. L'évolution de ce site montre, depuis une vingtaine d'années, une disparition progressive des hauts marais au profit de l'agriculture.

La majorité des gains observés retenus (1817 ha) se sont faits au détriment de l'eau libre. Ils s'observent de façon très dispersée autour des îles, avec des fortes concentrations dans la partie est de l'archipel (baie de Maskinongé, îles de la Girodeau, île Plate et embouchure de la rivière Saint-François). Les fluctuations des niveaux de l'eau ou un développement de la végétation peuvent être à l'origine de ces changements (station hydrométrique de Sorel – 02OJ022 : 4,69 m le 21 août 1990 et 4,56 m le 10 août 1997; source : HYDAT 2001). De plus, 178 ha de substrats ont été classifiés en milieux humides en 1996-1997. On les rencontre particulièrement autour des aménagements fauniques de l'île Dupas. Ceci pourrait s'expliquer par la végétalisation des zones dénudées à la suite des aménagements dans ces milieux.

Les pertes et gains non retenus sont décrits à l'annexe 50.

Au sein des milieux humides, d'importantes modifications sont observables. D'abord, sur le plan des changements progressifs, 1230 ha de bas marais se sont transformés en marécages arborés. Il s'agit cependant, à notre avis, d'une forte surestimation des bas marais au détriment des marécages arborés sur les cartes de 1990-1991. Par ailleurs, 71 ha de bas marais, situés dans le fond de la baie Saint-François, se sont transformés en marécages arbustifs et 878 ha de bas marais sont devenus des hauts marais à *Phalaris arundinacea*. On les trouve principalement

autour des baies de Lavallière et Saint-François ainsi que sur l'île Plate, l'île des Barques et les îlets des Joncs. De plus, 38 ha de bas marais (sans dominant identifié) sont devenus des hauts marais. Par ailleurs, 424 ha de hauts marais auraient évolué vers des marécages arborés et 24 ha de hauts marais ont été identifiés en 1996-1997 comme marécages arbustifs. Dans le cas des marécages, 147 ha de formations humides arbustives, situées autour de la baie de Lavallière, sur l'île de Grâce et l'île Dupas, sont devenues arborées en 1996-1997.

En ce qui concerne les changements régressifs, 164 ha de hauts marais ont régressé pour devenir des bas marais. Ils sont majoritairement localisés dans les aménagements fauniques de l'île Dupas. De plus, 156 ha de marécages arbustifs ont été convertis en bas marais, dont une partie dans ces mêmes aménagements fauniques. Également, 136 ha de marécages arborés sont devenus des bas marais, alors que 319 ha de marécages arborés se sont transformés en hauts marais et 23 ha en marécages arbustifs. Enfin, des hauts marais (67 ha) ont remplacé des marécages arbustifs.

Un total de 2386 ha de hauts marais dominés par une seule espèce végétale envahissante, en l'occurrence *Phalaris arundinacea*, a été identifié en 1996-1997.

4.8.4 Évolution partielle entre 1996-1997 et 2000-2002

Durant cette période, les milieux humides sont passés de 11 102 ha en 1997 à 10 896 ha en 2002, soit une diminution de 206 ha ou 2 p. 100 (figure 53). Les pertes sont de 1353 ha alors que les gains s'élèvent à 1146 ha. Après élimination des incohérences, les pertes sont de 1321 ha et les gains de 404 ha, pour un bilan net négatif de 916 ha ou 8 p. 100 (figure 54). Ainsi, les superficies corrigées des milieux humides passent de 11 070 ha en 1996 à 10 154 ha en 2002.

L'indice d'assèchement relatif (tableau 17) s'élève à -0,49, illustrant que globalement, on observe une forte tendance vers des milieux plus humides. En soustrayant les changements liés à l'eau libre, on observe toujours une tendance du même ordre vers des conditions plus humides.

La majeure partie des pertes observées durant cette période a été retenue. L'apparition de zones d'eau libre représente la principale perte de superficie en milieux humides (1090 ha). On les observe dans la partie est de l'archipel (baie de Maskinongé, îles de la Girodeau, île Plate et embouchure de la rivière Saint-François).

Secteur : Lac Saint-Pierre

		2002																1997										Total
		10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total
	10	3070			25			2	80		113	2			100			46		46	973	22	30		1	19	4528	
	11																										0	
	12																										0	
	20	30			23				33		15				31			13			2	2	2				150	
	21																										0	
	23																										0	
	22																										0	
	24	526			145			15	1111		84	0			264			78		3	39	25	91		0	5	2386	
	25																										0	
	30	64			9			0	15		5	0			31			7			1	1	2			0	136	
	40	955			163			1	263		425				1761			245		3	23	41	15			7	3902	
	41																										0	
	42																										0	
	43																										0	
	44																										0	
	45																										0	
	46																										0	
	89																										0	
	2	64							6		2				1			0		1	138	0	2			0	214	
	1	153			1				22		5	3			3			1		13	9911	3	15		8	17	10155	
	3	37			5				90		6				4			1		1	26	26	32		0	1	228	
	50	30			19				107		19	20			36			12		36	28	2673		15	102		3096	
	51	0							30		0										0		76				106	
	52	3			0				4		0	0			1			0		20	2	16		6	2	55		
	54	45			13				50		54	71			195			34		41	15	292		3	78	891		
	55																										0	
	Total	4974	0	0	403	0	0	18	1811	0	727	97	0	0	2428	0	0	439	0	67	11209	165	3245	0	34	231	0	25847

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 53 Matrice de transition pour la portion du lac Saint-Pierre analysée entre 1996-1997 et 2000-2002

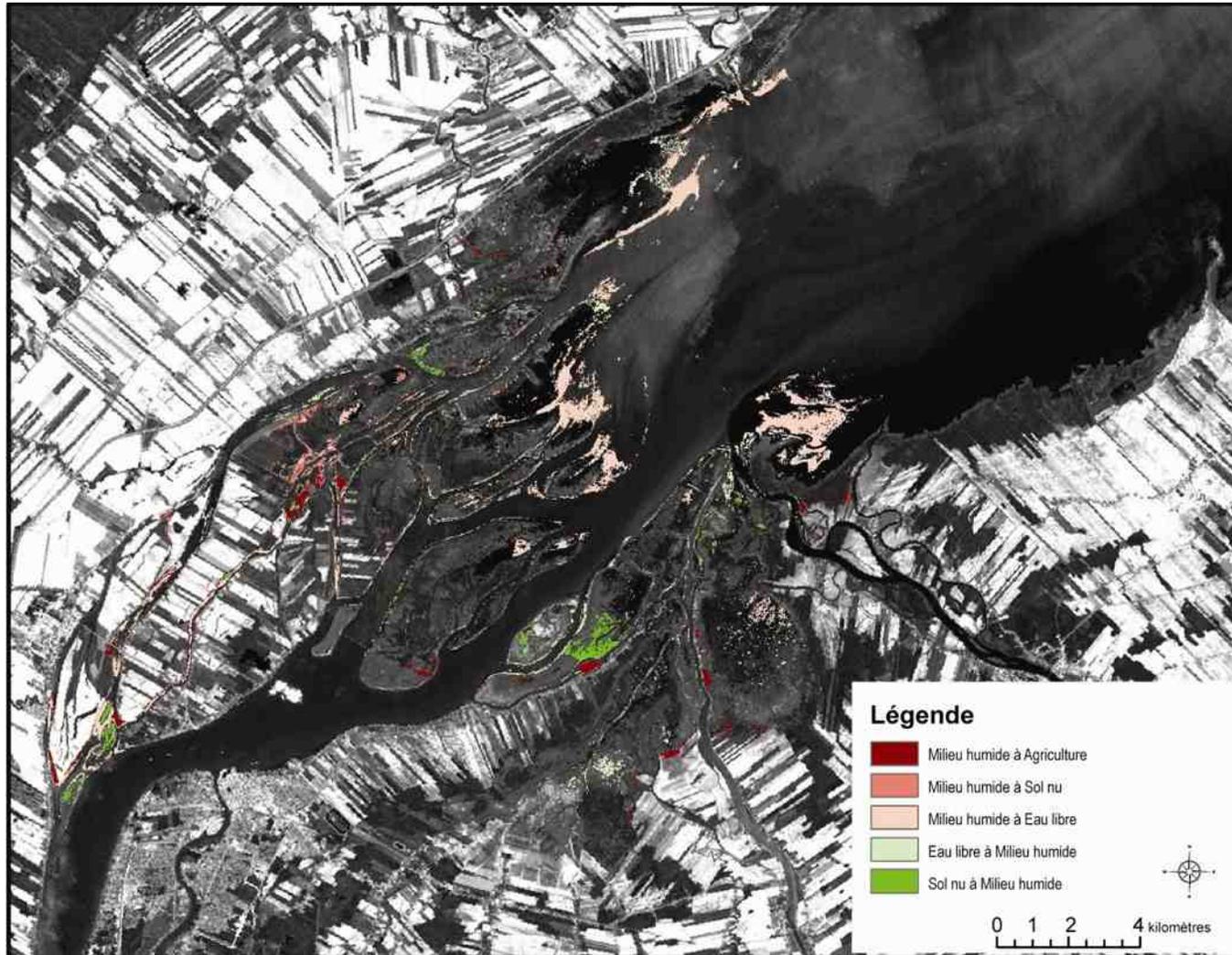


Figure 54 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages de la portion du lac Saint-Pierre analysée entre 1996-1997 et 2000-2002

Des fluctuations des niveaux d'eau ne sont probablement pas à l'origine de ces changements (station hydrométrique de Sorel – 02OJ022 : 4,56 m le 10 août 1997 et 4,52 m le 13 août 2002; source : HYDAT 2001). Par ailleurs, 140 ha de milieux humides ont été classifiés en zones agricoles. Enfin, 91 ha de milieux humides sont apparus comme substrats en 2000-2002, principalement sur l'île Dupas.

Dans le cas des gains qui ont été conservés durant la présente période, 261 ha d'eau libre sont devenus des milieux humides en 2000-2002. On les voit dans les baies de Lavallière et Saint-François, de même que le long de quelques îles. Bien que les données historiques de niveaux d'eau ne permettent pas de corroborer directement ce changement, les variations hydrométriques sont suffisamment faibles pour envisager qu'ils soient plausibles. Par ailleurs, 143 ha de sols nus sont redevenus des milieux humides (île du Moine et l'île Le Nid d'Aigle).

Les pertes et gains non retenus sont décrits à l'annexe 50.

Au sein des milieux humides, un nombre important de transformations internes progressives est observable. Ainsi, 46 ha de bas marais sont devenus des marécages arborés dominés par *Salix*. Il s'agit peut-être ici d'une surestimation des marécages. Ensuite, 100 ha de marécages arborés dominés par *Acer saccharinum* ont remplacé des bas marais. Dans ce cas, cette transformation semble plausible. On note également que 113 ha de bas marais sont devenus des marécages arbustifs, probablement le résultat d'une surestimation des marécages. Par ailleurs, 80 ha de bas marais sont maintenant des hauts marais à *Phalaris arundinacea*. De plus, 25 ha de bas marais se sont transformés en hauts marais, sans espèce envahissante dominante. Du côté des hauts marais, 91 ha de ceux-ci sont passés à des marécages arborés dominés par *Salix*. Ici encore, une surestimation possible des marécages en 2000-2002 semble être à l'origine de cette différence. Par ailleurs, 295 ha de hauts marais sont devenus des marécages arborés dominés par *Acer saccharinum* et 99 ha, des marécages arbustifs. Du côté des marécages, 31 ha de marécages arbustifs ont été classifiés comme marécages arborés dominés par *Acer saccharinum*.

Parmi les changements internes régressifs, 30 ha de hauts marais sont devenus des bas marais. Une importante superficie, soit 526 ha, de hauts marais dominés par *Phalaris arundinacea*, en plus de 64 ha de marécages arbustifs seraient devenus des bas marais. Ces derniers se retrouvent au fond de la baie Saint-François et résultent probablement d'une surestimation des marécages en 1996-1997. Une superficie imposante de 955 ha de marécages

arborés serait devenue des bas marais. Encore ici, une surestimation des marécages en 1996-1997 semble vraisemblablement être à l'origine de cette différence. Par ailleurs, 24 ha de marécages arbustifs et 427 ha de marécages arborés ont régressé pour devenir des hauts marais, phénomène en partie relié à la surestimation des marécages en 1996-1997. Enfin, 425 ha de marécages arborés ont subi une transformation vers le marécage arbustif. Cette différence est toujours liée à la surestimation de marécages arborés en 1996-1997.

Durant cette période, les espèces végétales envahissantes sont passées de 2386 ha à 1829 ha, soit une diminution de 557 ha ou 23 p. 100. Il faut noter ici que les zones agricoles et les marécages peuvent avoir été confondus avec les hauts marais dominés par *Phalaris arundinacea*, ce qui pourrait expliquer la diminution obtenue.

4.9 ESTUAIRE FLUVIAL

La superficie analysée pour le secteur de l'estuaire fluvial entre 1990-1991 et 2000-2002 totalise 66 727 ha et inclut l'eau libre et les milieux terrestres adjacents (annexes 52 et 53). La couverture durant cet intervalle est complète pour le secteur.

Par ailleurs, la superficie examinée dans l'analyse pour la période s'étendant des années 1970-1978 aux années 2000-2002 ne couvre que la portion de Gentilly (annexes 54 à 57). Elle est estimée à 7324 ha.

Les indices d'assèchement relatif pour le secteur de l'estuaire fluvial sont présentés au tableau 18. L'examen de ces statistiques semble montrer un fort ennoïement des milieux humides, particulièrement dans le secteur de Gentilly, et plus généralement sur l'ensemble du secteur entre 1990-1991 et 2000-2002.

Tableau 18 Indices d'assèchement relatif pour le secteur de l'estuaire fluvial

Période	Indice d'assèchement relatif
Entre 1970-1978 et 1990-1991	0,06
Entre 1990-1991 et 1996-1997	-0,58
Entre 1996-1997 et 2000-2002	-0,09
Entre 1990-1991 et 2000-2002	-0,71

4.9.1 Évolution générale entre 1990-1991 et 2000-2002

Les milieux humides de ce secteur de l'estuaire fluvial en amont de la ville de Québec sont passés de 6544 ha à 3344 ha, soit une diminution de 3200 ha ou de près de 49 p. 100 (figure 55). Les pertes sont estimées à 4027 ha alors que les gains s'élèvent à 827 ha. Une fois les incohérences éliminées, les gains s'établissent à 482 ha et les pertes sont de 35 ha, pour un bilan net positif de 447 ha (figure 56). Les superficies corrigées sont alors de 5589 ha en 1991 et de 6036 ha en 2000-2002, soit une augmentation de 447 ha ou 8 p. 100.

L'indice d'assèchement relatif pour cette comparaison est de -0,71, illustrant une importante tendance vers des conditions plus humides dans les marais et marécages du secteur (tableau 18). En soustrayant les changements liés à l'eau libre, on observe cependant une tendance modérée vers des conditions plus sèches.

Des 322 ha de milieux humides qui se sont transformés en agriculture, 35 ha ont été retenus comme de réelles pertes. Celles-ci sont localisées dans le secteur de Sainte-Anne-de-la-Pérade. Toutefois, l'absence de données de terrain ne nous permet pas de confirmer si ces anciens milieux forestiers (visibles sur les images brutes) sont bel et bien des marécages.

Les gains retenus (482 ha, soit plus de la moitié des gains totaux observés) se sont faits au détriment de l'eau libre. Ils s'observent sur presque toute la rive sud du fleuve avec des concentrations à Bécancour, près du pont Laviolette (en raison de la présence de végétation submergée en 2000-2002), près de l'embouchure de la rivière Bécancour (présence de nouvelles zones de végétation submergée en 2000-2002), sur les battures de Gentilly (configuration différente de la végétation), à l'est des battures, sur les battures Saint-Pierre en aval de la Pointe de la Rivière aux Orignaux (consolidation des zones de végétation submergée en 2000-2002), en aval de Deschambault jusqu'à Lotbinière (répartition de la végétation submergée et des marais entre les deux années), et de Sainte-Croix à Saint-Antoine-de-Tilly (répartition différente des marais). Le niveau des marées ne permet pas d'expliquer ces changements.

Les pertes et gains non retenus sont décrits à l'annexe 58.

Secteur : Estuaire fluvial (couverture maximale)

		2002																						Total				
		10	2	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	1	3	50	51	52	54	55	Total
1990	10	80	1		43	11						3	38								39	8	52	13	13	48	349	
	2	342	604		81	0						0	1								1625	1	12	2	4	11	2684	
	11																										0	
	12	224	279		449	6						12	19							8	1325	26	99	12	24	123	2606	
	20	7	0		7	14						4	25							0	10	2	39	5	7	34	155	
	21																										0	
	22																										0	
	23																										0	
	24																										0	
	25																										0	
	30	1			2	1						2	7									1		12	2	2	4	33
	40	6	0		33	2						40	164							1	37	9	108	40	9	269	717	
	41																										0	
	42																										0	
	43																										0	
	44																										0	
	45																										0	
	46																										0	
	89																										0	
	1	65	271		136	3						3	4							1	32237	31	88	6	60	86	32990	
3	2	2		6	1						0	3							0	46	4	21	1	12	14	113		
50	5	1		9	2						1	37							1	54	9	10296	561	609	1471	13056		
51	0			1	0						1	10							0	17	5	2142	424	182	526	3309		
52	5	0		13	5						1	9							2	121	12	1355	106	1687	771	4087		
54	4	1		29	1						8	183							1	106	5	1135	330	196	4629	6629		
55																										0		
Total	740	1160	0	808	47	0	0	0	0	0	76	500	0	0	0	0	0	0	14	0	35620	111	15359	1502	2805	7987	0	66727

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 55 Matrice de transition pour l'estuaire fluvial entre 1990-1991 et 2000-2002

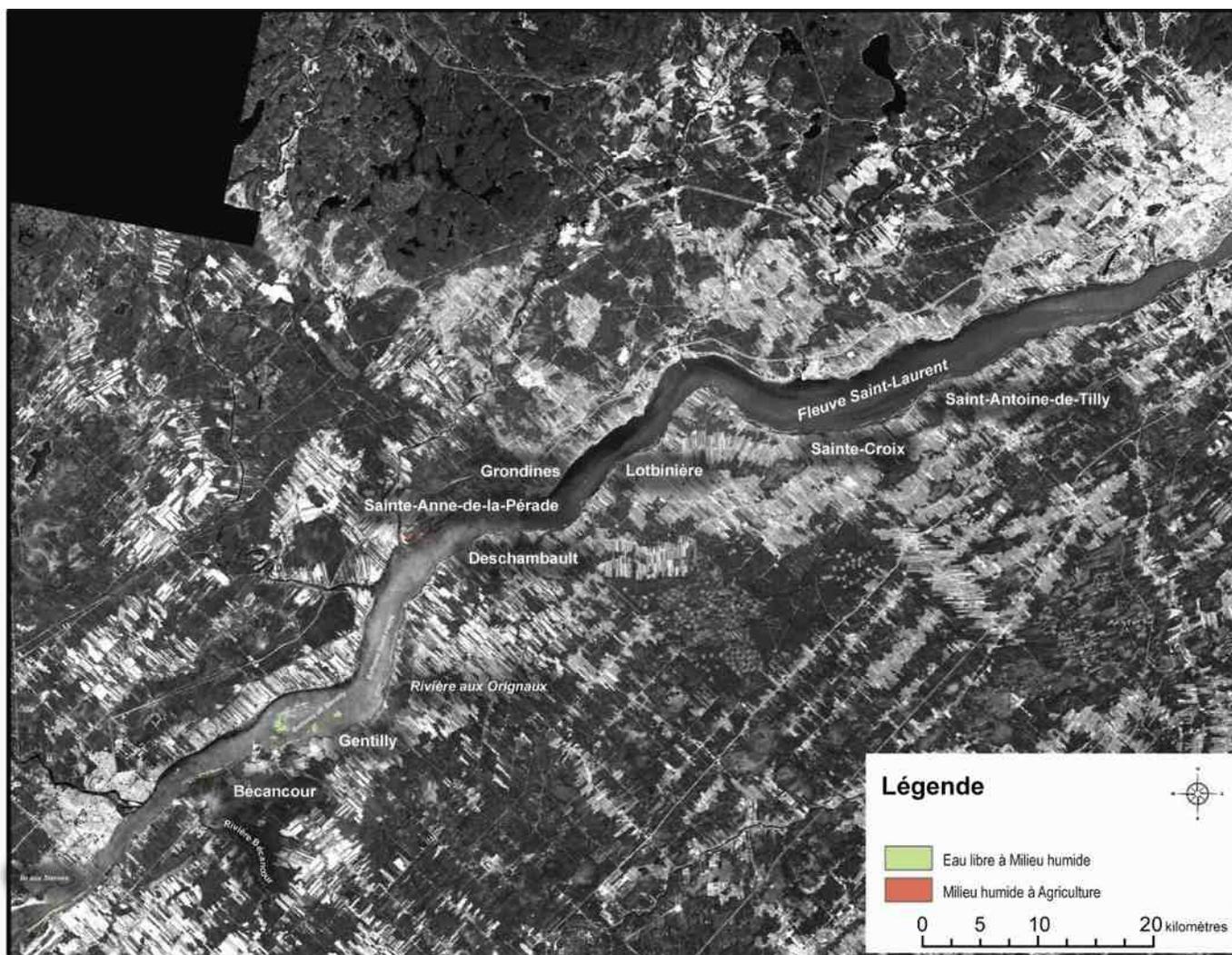


Figure 56 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages de l'estuaire fluvial entre 1990-1991 et 2000-2002

Lorsqu'on examine les changements internes progressifs au sein des milieux humides, on note que 65 ha de bas marais (dont 38 ha sans dominants identifiés et 27 ha de bas marais dominés par *Schoenoplectus pungens*) en 1990-1991 se sont transformés en marécages arborés en 2000-2002 (dont 8 ha sont dominés par *Salix* sp.). Ils sont principalement localisés à proximité du port de Gentilly. À cet endroit, l'examen des images brutes semble montrer qu'il s'agit bien d'une véritable transformation. Notons toutefois que ce type de changement est discutable à l'île aux Sternes (erreur en 1990-1991) et à Grondines (différences dues à la géométrie ou aux masques utilisés pour délimiter les zones terrestres). Par ailleurs, 17 ha et 15 ha de bas marais sont devenus respectivement des hauts marais et des marécages arbustifs. Des hauts marais se sont transformés en marécages arbustifs (4 ha) ou en marécages arborés (26 ha). Enfin, 7 ha de marécages arbustifs ont été remplacés par des marécages arborés.

Dans le cas des changements internes régressifs, 40 ha de marécages arborés en 1990-1991 ont été classifiés en marécages arbustifs en 2000-2002. Ces marécages sont majoritairement situés à Grondines. L'examen des images brutes semble toutefois indiquer qu'il s'agissait probablement de marécages arbustifs en 1990-1991. Par ailleurs, on note le passage de 39 ha de marécages arborés vers des bas marais, visibles à plusieurs endroits dont Gentilly, Grondines et Sainte-Anne-de-la-Pérade. De plus, 14 ha de hauts marais sont devenus des bas marais. Une faible superficie, soit 4 ha, de marécages arbustifs sont devenus des bas marais. Seulement 1 ha de marécages arbustifs sont devenus des hauts marais, alors que 2 ha de marécages arborés se sont transformés en hauts marais.

Aucune communauté végétale dominée par des plantes envahissantes n'a été identifiée dans ce secteur.

4.9.2 Évolution partielle entre 1970-1978 et 1990-1991

Durant cette période, les milieux humides de Gentilly sont passés de 2408 ha à 2573 ha, soit une augmentation de 163 ha ou environ 7 p. 100 (figure 57). Les pertes s'élèvent à 482 ha alors que les gains sont de 647 ha. Après élimination des incohérences, les superficies des milieux humides passent de 2916 ha à la fin des années 1970 à 2887 ha en 1990-1991. Les pertes corrigées sont de 28 ha alors que les gains sont nuls, pour une différence négative de 28 ha ou 1 p. 100 (figure 58).

Secteur : Estuaire fluvial

		1990																									Total	
	10	2	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	1	3	50	51	52	54	55		
10	8	85		34	2						0	5								6	0							140
2	35	1068		544	12						1	15								427	2	1	0	6	0			2112
11																												0
12																												0
20	3	0		5	2							4								0	0	5	2	1	3			25
21																												0
23																												0
22																												0
24																												0
25																												0
30	12	0		4	6						1	19								0	1	4	1	2	12			62
40	25			7	7						1	23								3	1	1	1	2	2			71
41																												0
42																												0
43																												0
44																												0
45																												0
46																												0
89																												0
1	3	449		72	1							1								2638	0	0	0	1	1			3166
3	0			2								0								1	0	1	1	4	1			11
50	3			0	4							5								2		455	429	85	98			1081
51	2	0		0	4						0	3								2	0	50	59	34	60			213
52																												0
54	6	0		9	13							69								1		52	16	27	251			445
55																												0
Total	97	1602	0	677	51	0	0	0	0	0	3	143	0	0	0	0	0	0	0	3080	4	568	509	162	429	0		7324

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 57 Matrice de transition pour la portion de l'estuaire fluvial analysée entre 1970-1978 et 1990-1991

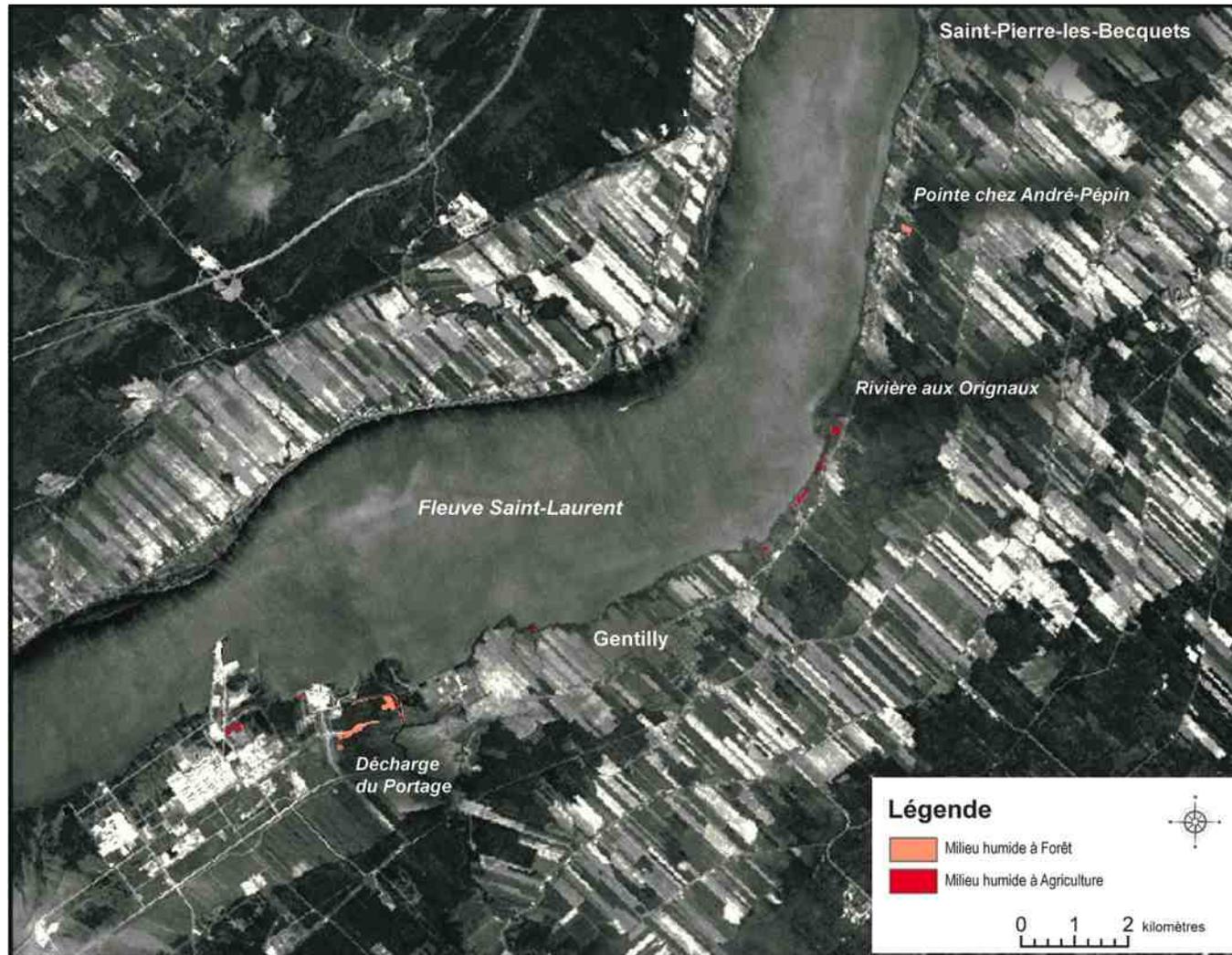


Figure 58 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages de la portion de l'estuaire fluvial analysée entre 1970-1978 et 1990-1991

L'indice d'assèchement relatif (tableau 18) est de 0,06, illustrant que globalement, les milieux humides du secteur de Gentilly ne présentent qu'une légère tendance vers des conditions plus sèches. L'effet des marées est significatif et, en le soustrayant, on observe au contraire une très légère tendance vers des milieux plus humides où l'eau est de plus en plus présente.

De l'ensemble des pertes observées durant cette période, celles que nous avons retenues touchent d'abord 17 ha de milieux humides qui ont été identifiés en forêts en 1991. On rencontre ce phénomène dans le secteur de la décharge du Portage (à l'est de la centrale nucléaire de Gentilly) et sur un petit site à Saint-Pierre-les-Becquets, à l'est de la pointe chez André-Pépin. Bien que nous ayons considéré ces secteurs comme terrestres, il ne nous est pas permis de remettre en question la classification du Groupe Dryade, faute de données de terrain. De plus, 11 ha de milieux humides sont devenus des zones agricoles. Ces superficies sont dispersées le long de la rive. Il semble que cela soit des changements plausibles.

Les pertes et gains non retenus sont décrits à l'annexe 58.

Parmi les transformations internes progressives, 20 ha de bas marais et 4 ha de hauts marais sont devenus des marécages arborés. De plus, 19 ha de marécages arbustifs ont évolué vers des stades arborés (principalement à l'embouchure de la Rivière aux Orignaux et à proximité de la centrale nucléaire de Gentilly). Par ailleurs, 14 ha de bas marais se sont relativement refermés pour devenir des hauts marais.

Pour leur part, les changements internes régressifs comprennent la transformation de 32 ha de marécages arborés en bas marais, principalement situés dans la zone boisée à l'ouest de la centrale nucléaire de Gentilly. De plus, 7 ha de marécages arborés se sont transformés en hauts marais. Par ailleurs, 16 ha de marécages arbustifs ont été remplacés par des bas marais, alors que 6 ha sont devenus des hauts marais. Enfin, 8 ha de hauts marais ont régressé pour devenir des bas marais.

Aucune espèce végétale envahissante n'a été identifiée durant cette période.

4.9.3 Évolution partielle entre 1990-1991 et 1996-1997

Durant cette période, les milieux humides de Gentilly sont passés de 2573 ha à 1537 ha, soit une diminution de 1036 ha ou environ 40 p. 100 (figure 59). Les pertes sont de 1300 ha alors que les gains totalisent 264 ha. Après élimination des incohérences, les pertes s'élèvent à 5 ha et

les gains à 254 ha, pour un bilan positif de 249 ha ou 0,4 p. 100 (figure 60). Ainsi, les superficies corrigées des milieux humides sont de 2339 ha en 1990-1991 et de 2588 ha pour 1996-1997.

L'indice d'assèchement relatif (tableau 18) est de -0,58, illustrant que globalement, les milieux humides du secteur de Gentilly montrent une tendance modérée vers des conditions plus humides durant cette période. En soustrayant les changements liés à l'eau libre, on observe toutefois une tendance vers des conditions plus sèches.

Les seules pertes de milieux humides retenues, bien que faibles, sont attribuables à l'urbanisation. Ainsi, nous retenons 5 des 23 ha des transformations de milieux humides en zones bâties. Ces superficies se concentrent dans le secteur de la centrale nucléaire de Gentilly. Le reste résulte de problèmes de classification.

La grande majorité des gains observés est retenue, montrant le passage de 254 ha d'eau libre vers des milieux humides. Ils se concentrent majoritairement sur la batture de Gentilly. Les différences entre les niveaux des marées ne permettent pas d'expliquer cette transformation.

Les pertes et gains non retenus sont décrits à l'annexe 58.

Quelques transformations au sein des milieux humides ont été observées durant cette période. D'abord, sur le plan des changements internes progressifs, 10 ha de bas marais sont devenus en 1996-1997 des hauts marais. De plus, 14 ha de bas marais, en plus de 3 ha de hauts marais, se sont transformés en marécages arbustifs. Par ailleurs, 5 ha de bas marais et 1 ha de hauts marais se sont transformés en marécages arborés. L'ensemble de ces changements se concentre dans le secteur de la centrale nucléaire de Gentilly.

Dans le cas des transformations internes régressives, 10 ha de marécages arborés ont été classifiés en marécages arbustifs (toujours dans le même secteur à l'ouest de la centrale nucléaire de Gentilly). D'autres superficies de marécages arborés semblent s'être transformées, 3 ha devenant des hauts marais et 2 ha des bas marais. Enfin, 4 ha de hauts marais sont devenus des bas marais.

Aucune communauté végétale dominée par des espèces végétales envahissantes n'a été identifiée durant cette période.

Secteur : Estuaire fluvial

		1997																					Total				
		10	2	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	1	3	50	51	52	54	55
1990	10	24	0			8						12	3								6	8	14	0	4	17	97
	2	17	843			0						0	0								738	1	0	0	2	1	1602
	11																										0
	12	73	230			2						2	2								315	5	8	0	11	28	677
	20	4				7						3	1								1	3	12	0	4	17	51
	21																										0
	23																										0
	22																										0
	24																										0
	25																										0
	30	0				0						0	0								0	0	0	0	0	1	3
	40	2				3						10	25								2	1	28	0	2	70	143
	41																										0
	42																										0
	43																										0
	44																										0
	45																										0
	46																										0
	89																										0
	1	1	253			0						0									2814	1	4	0	4	3	3080
	3	0				0						0	0								1	1	0	0	0	0	4
	50	0				1						1	1								0	3	428	10	22	102	568
	51	0				0						0									0	1	438	11	19	39	509
	52	0	0			0						1	1								3	2	75	3	52	24	162
	54					1						2	1								1	0	76	1	8	338	429
55																										0	
Total	121	1327	0	0	23	0	0	0	0	0	33	34	0	0	0	0	0	0	0	3881	26	1085	26	129	640	7324	

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 59 Matrice de transition pour la portion de l'estuaire fluvial analysée entre 1990-1991 et 1996-1997

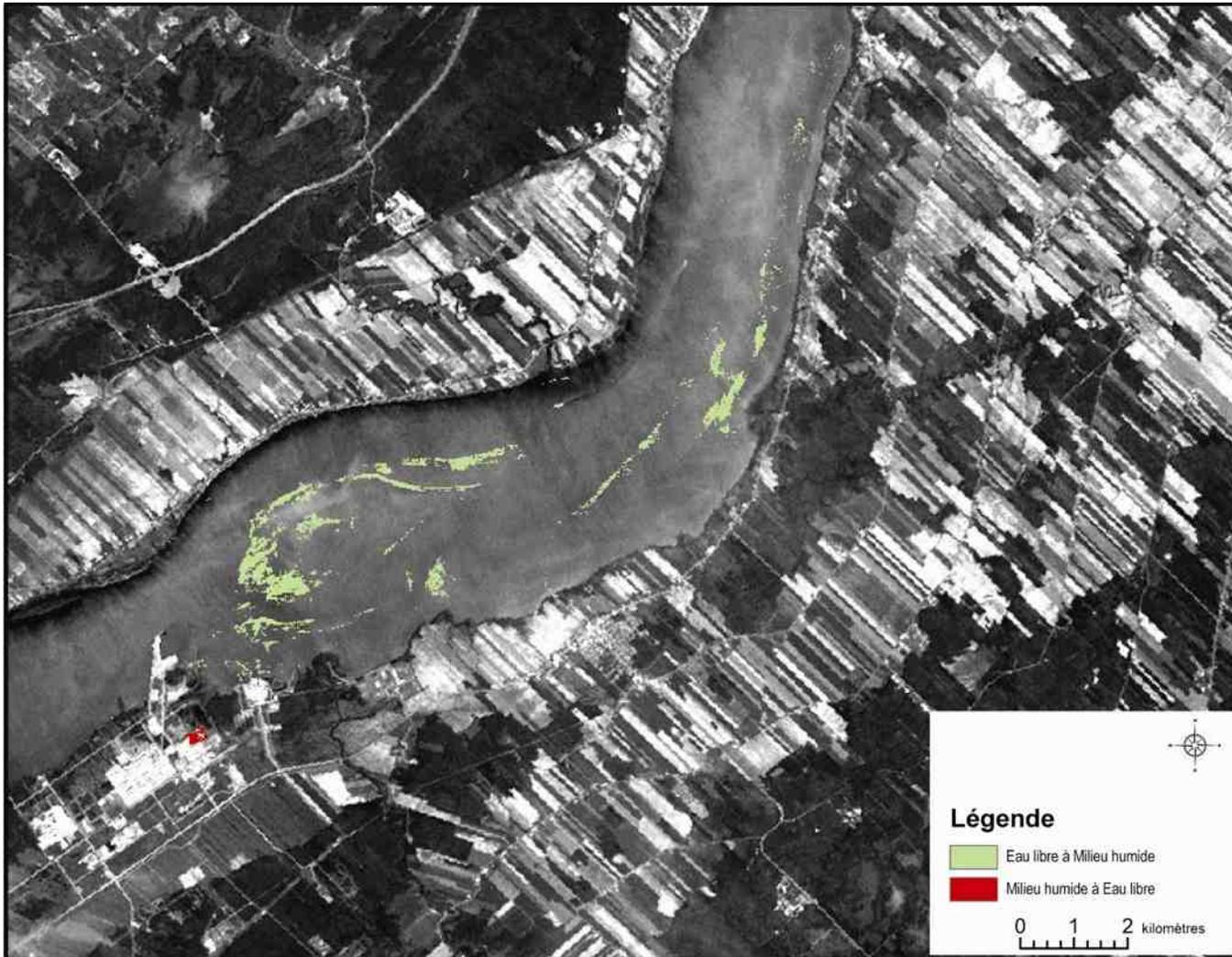


Figure 60 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages de la portion de l'estuaire fluvial analysée entre 1990-1991 et 1996-1997

4.9.4 Évolution partielle entre 1996-1997 et 2000-2002

Durant cette période, les milieux humides de Gentilly sont passés de 1537 ha à 1666 ha, soit une augmentation de 129 ha ou 8 p. 100 (figure 61). Les pertes se chiffrent à 554 ha alors que les gains sont de 683 ha. Une fois les incohérences éliminées, les pertes corrigées sont évaluées à 528 ha et les gains sont nuls (figure 62). Le bilan conservateur s'établit à 2133 ha en 1996-1997 et à 1604 ha en 2000-2002.

L'indice d'assèchement relatif (tableau 18) est de -0,09, illustrant que globalement, les milieux humides du secteur de Gentilly montrent une très légère tendance vers des conditions plus sèches durant cette période. En soustrayant les changements liés à l'eau libre, l'indice montre toujours une tendance vers des conditions plus sèches, d'importance moyenne, bien que peu dominante sur le plan des superficies touchées.

Les seules pertes retenues montrent la transformation de 527 ha de milieux humides au profit de l'eau libre. Les différences dues aux marées ne peuvent expliquer cette transformation (station hydrométrique de Champlain : 0,815 m, le 10 août 1997 à 10 h 10 HAE; 0,740 m, le 20 septembre 2000 à 11 h 40 HAE). Bien que nous ne disposions pas d'information permettant d'expliquer cette différence entre les deux cartes, son étendue est trop importante pour être uniquement expliquée par des incohérences.

Les gains non retenus sont décrits à l'annexe 58.

Au sein des milieux humides, peu de changements sont visibles. Comme changements internes progressifs, on remarque qu'un peu plus de 3 ha de bas marais se sont transformés, la majorité en marécages arborés. De même, 11 ha de hauts marais et 23 ha de marécages arbustifs sont devenus des marécages arborés, possiblement en raison d'une surestimation des marécages en 1996-1997.

Les changements internes régressifs sont plus faibles encore. Ainsi, 6 ha de marécages arbustifs, 2 ha de marécages arborés et 4 ha de hauts marais sont devenus des bas marais.

Aucune communauté végétale dominée par des espèces végétales envahissantes n'a été identifiée durant cette période.

Secteur : Estuaire fluvial

		2002																						Total				
		10	2	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	1	3	50	51	52	54	55	Total
1997	10	38	11		47	0							3								11		3	1	1	4		121
	2	319	433		48																516		6	0	0	4		1327
	11																											0
	12																											0
	20	1			3	5							11								0		1	1	0	0		23
	21																											0
	23																											0
	22																											0
	24																											0
	25																											0
	30	5			1	2								23							0		1	0	1	0		33
	40	1	0		1	0								31									0	0	0	0	1	34
	41																											0
	42																											0
	43																											0
	44																											0
	45																											0
46																											0	
89																											0	
1	173	341		107	0								1								3242		7	2	4	4	3881	
3	7	1		2	2								8								2		2		2	1	26	
50	3	1		4	2								5								2		847	66	40	115	1085	
51	0	0		0									0								0		23	1	1	1	26	
52	4	2		3	0								1								1		51	2	57	9	129	
54	3	0		7	0							0	7								3		140	20	6	454	640	
55																											0	
Total	553	789	0	223	12	0	0	0	0	0	0	0	89	0	0	0	0	0	0	0	3778	0	1081	93	112	594	7324	

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 61 Matrice de transition pour la portion de l'estuaire fluvial analysée entre 1996-1997 et 2000-2002



Figure 62 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages de la portion de l'estuaire fluvial analysée entre 1996-1997 et 2000-2002

4.10 QUÉBEC-LÉVIS

La superficie analysée pour le secteur Québec-Lévis entre 1990-1991 et 2000-2002 totalise 45 165 ha et inclut l'eau libre et les milieux terrestres adjacents. La couverture est complète pour le secteur (annexes 60 et 61).

Toutefois, la superficie examinée dans l'analyse pour la période s'étendant des années 1970-1978 aux années 2000-2002 ne couvre que la Côte-de-Beaupré (annexes 62 à 65). Elle est estimée à 3292 ha.

Les indices d'assèchement relatif pour le secteur Québec-Lévis sont présentés au tableau 19. L'examen de ces statistiques semble montrer une tendance vers des conditions plus humides de moyenne importance, particulièrement avant 1996-1997.

Tableau 19 Indices d'assèchement relatif pour le secteur Québec-Lévis

Période	Indice d'assèchement relatif
Entre 1970-1978 et 1990-1991 (Côte-de-Beaupré)	-0,20
Entre 1990-1991 et 1996-1997 (Côte-de-Beaupré)	-0,55
Entre 1996-1997 et 2000-2002 (Côte-de-Beaupré)	0,06
Entre 1990-1991 et 2000-2002	-0,45

4.10.1 Évolution générale entre 1990-1991 et 2000-2002

Les milieux humides pour l'ensemble du secteur Québec-Lévis sont passés de 2083 ha en 1990-1991 à 1317 ha en 2000-2002, soit une diminution de 766 ha ou environ 37 p. 100 (figure 63). Les pertes sont estimées à 1132 ha alors que les gains totalisent 365 ha. Après élimination des incohérences, le bilan est nul, sans perte ni gain. Les superficies corrigées sont de 951 ha pour les deux dates.

L'indice d'assèchement relatif pour cette comparaison est de -0,45, illustrant un important ennoisement des milieux humides du secteur (tableau 19). Cela concorde avec la tendance observée dans les indices relatifs à l'analyse de la maximisation temporelle, où l'indice est négatif, particulièrement entre 1990-1991 et 1996-1997. En soustrayant les changements liés aux marées, la tendance se renverse et on observe toutefois une légère tendance vers des conditions plus sèches.

Secteur : Québec-Lévis (couverture maximale)

		2002																					Total					
		10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total
1991	10																											0
	11																											0
	12	234		337	41						37	26						12		807	31	23	11	43	56		1658	
	20	12		21	6						12	8						5		12	1	22	2	4	7		111	
	21																											0
	23																											0
	22																											0
	24																											0
	25																											0
	30	1		42	3						28	17						9		28		4	10	5	21		168	
	40	0		34	1						12	51						3		12		4	4	8	17		146	
	41																											0
	42																											0
	43																											0
	44																											0
	45																											0
	46																											0
	89																											0
	2																											0
	1	67		103	4						3	2						3		24765	6	33	8	90	84		25166	
	3																											0
	50	5		12	3						6	8						3		29	9	5491	395	763	931		7655	
	51	5		13	4						15	15						12		28	1	1315	277	337	743		2765	
	52	1		7	4						2	2						1		87	0	408	139	2223	886		3759	
	54	4		13	4						14	16						17		36	0	645	125	204	2659		3737	
55																											0	
Total	329	0	581	68	0	0	0	0	0	129	145	0	0	0	0	0	64	0	0	25804	48	7945	971	3677	5404	0	45165	

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 63 Matrice de transition pour le secteur Québec-Lévis entre 1990-1991 et 2000-2002

La totalité des pertes et des gains n'a pas été retenue (annexe 66).

Au sein des milieux humides, de multiples changements internes sont présents. Les plus importantes transformations internes progressives totalisent 41 ha : des bas marais se sont transformés en hauts marais, principalement sur la rive nord de l'île d'Orléans. Par ailleurs, 37 ha de bas marais et 12 ha de hauts marais se sont transformés en marécages arbustifs. Ces derniers sont plutôt dispersés dans le secteur, avec toutefois une légère prépondérance à la hauteur de Beaupré, en amont de l'embouchure de la rivière Sainte-Anne. Ensuite, 38 ha de bas marais sont devenus des marécages arborés. De ce nombre, 12 ha sont dominés par *Salix* sp. et 26 ha n'ont pas de dominants identifiés. Cette transformation s'observe de façon dispersée sur la Côte-de-Beaupré et sur la rive nord de l'île d'Orléans. De plus, 13 ha de hauts marais ont été remplacés par des marécages arborés. Finalement, 26 ha de marécages arbustifs sont devenus des marécages arborés.

Au sein des transformations internes régressives, certains marécages arborés sont devenus des marécages arbustifs (12 ha), des hauts marais (1 ha) et des bas marais (un peu plus de 34 ha). Ces derniers s'observent sur la Côte-de-Beaupré, près de Périgny. Pour leur part, 3 ha de marécages arbustifs ont été remplacés par des hauts marais, alors que 43 ha régressent pour devenir des bas marais (en grande majorité des bas marais à *Schoenoplectus pungens*). Ce phénomène se concentre à la hauteur de Le Moyne sur la Côte-de-Beaupré de même qu'en face, sur l'île d'Orléans, dans la partie sud-ouest de Sainte-Famille. Enfin, 33 ha de hauts marais sont devenus des bas marais (en majorité dominés par *Schoenoplectus pungens*).

Aucune communauté végétale dominée par des plantes envahissantes n'a été identifiée dans ce secteur.

4.10.2 Évolution partielle entre 1970-1978 et 1990-1991

Les milieux humides de la Côte-de-Beaupré sont passés, durant cette période, de 774 ha à 693 ha, soit une diminution de 81 ha ou 10,5 p. 100 (figure 64). Les pertes sont évaluées à 197 ha alors que les gains sont estimés à 117 ha. Une fois les incohérences soustraites, les superficies de milieux humides s'établissent à 867 ha à la fin des années 1970 et à 814 ha en 1990-1991, pour une diminution de 53 ha ou 6 p. 100. Les pertes corrigées sont estimées à 73 ha et les gains sont de 20 ha (figure 65).

Secteur : Côte-de-Beaupré

1991

	10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total	
10																												0
11																												0
12			290	6						3	2										118		1	0	5			425
20			67	13						18	8										4		3	5	7	2		125
21																												0
23																												0
22																												0
24																												0
25																												0
30			39	12						33	87										3		12	13	21	6		224
40																												0
41																												0
42																												0
43																												0
44																												0
45																												0
46																												0
89																												0
2																												0
1			27	1						1	0																	0
3			63	0						1	0																	0
50			3	3						5	8																	0
51																												0
52																												0
54			0	0						1	3																	0
55																												0
Total	0	0	488	35	0	0	0	0	0	62	108	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2430	0	51	34	65	19	0	3292

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 64 Matrice de transition pour le sous-secteur de la Côte-de-Beaupré analysé entre 1970-1978 et 1990-1991

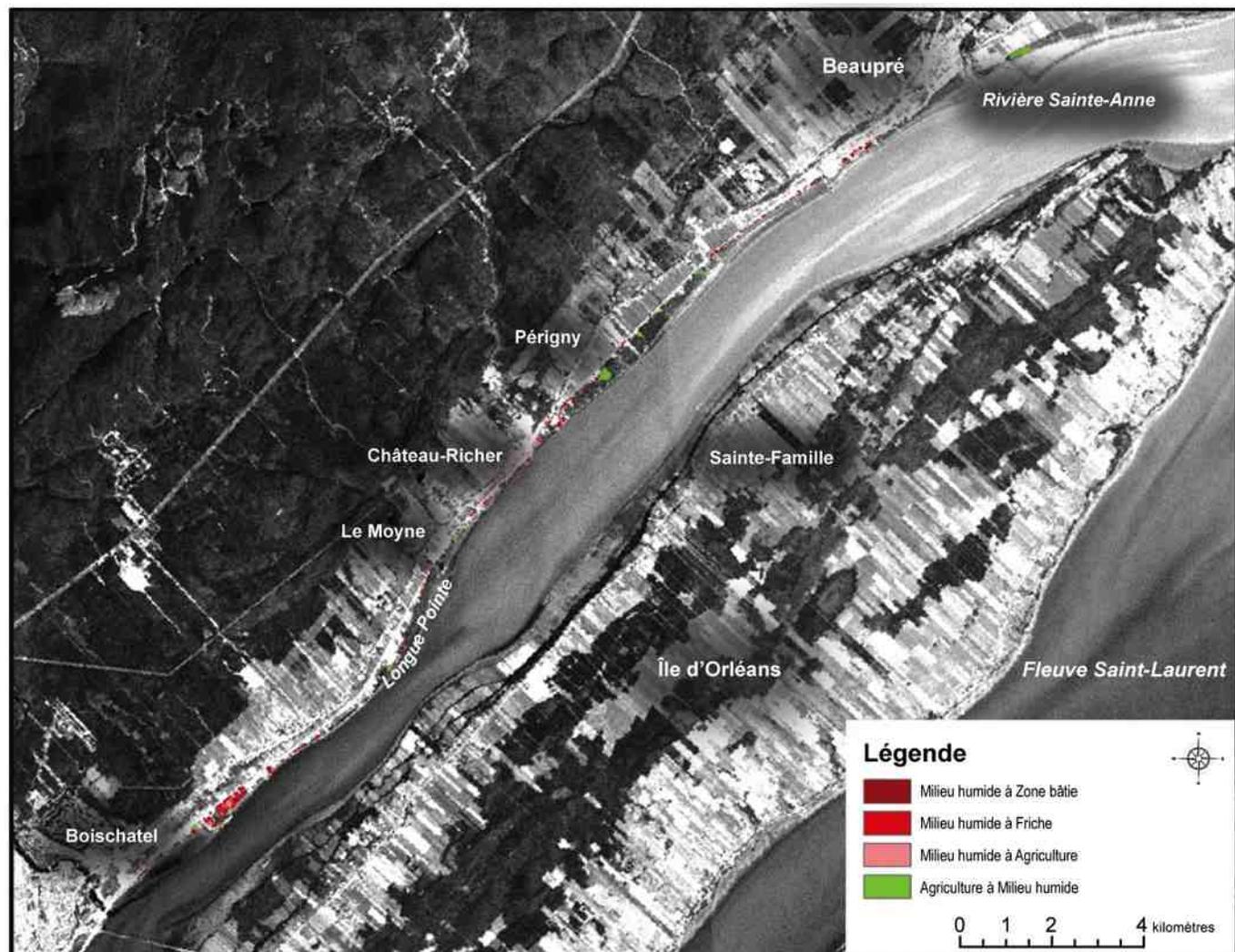


Figure 65 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du sous-secteur de la Côte-de-Beaupré analysé entre 1970-1978 et 1990-1991

L'indice d'assèchement relatif (tableau 19) est de -0,20, illustrant que globalement, les milieux humides de la Côte-de-Beaupré présentent une légère tendance vers des conditions plus humides. En soustrayant les changements liés aux marées, on n'observe toutefois plus de tendance dans les changements internes des milieux humides.

Plusieurs pertes de milieux humides ont été retenues durant cette période. Parmi celles-ci, 32 ha de milieux humides sont devenus des zones bâties. On les rencontre un peu partout le long de la route 138 avec des concentrations dans les secteurs de Boischatel, de Château-Richer et de Sainte-Anne-de-Beaupré. Généralement, il s'agit de véritables pertes de milieux humides. Par ailleurs, 18 ha de milieux humides sont devenus des friches qui se concentrent près de la ligne de transport d'électricité située à Boischatel. De plus, 15 ha de milieux humides sont devenus des zones agricoles. Ces dernières sont dispersées sur le territoire, avec une certaine concentration à proximité de la ligne de transport d'électricité.

À défaut d'avoir en notre possession des données démontrant une surestimation des milieux humides sur la cartographie du Groupe Dryade, nous qualifions ces changements de plausibles. Enfin, toujours dans le secteur de Boischatel, 8 ha de milieux humides sont devenus des forêts.

Un seul type de gain est retenu pour cette période. Il s'agit de 20 ha de zones agricoles qui se sont transformées sur la carte de 1990-1991 en milieux humides. On les observe en aval du quai de la compagnie Donohue à Beaupré et dans le secteur de Périgny.

Les pertes et gains non retenus sont décrits à l'annexe 66.

Au sein des milieux humides, plusieurs changements internes progressifs sont visibles. Les principales transformations montrent que 87 ha de marécages arbustifs sont devenus arborés. Il semble qu'il y ait eu une surestimation des marécages arborés sur la cartographie de 1990-1991. À cela s'ajoutent 26 ha de hauts marais qui sont devenus des marécages arbustifs (18 ha) et arborés (8 ha). Enfin, 11 ha de bas marais à *Schoenoplectus pungens* sont devenus des hauts marais (6 ha), des marécages arbustifs (3 ha) et des marécages arborés (2 ha).

Les plus importantes modifications internes régressives montrent la transformation de 67 ha de haut marais et de 39 ha de marécages arbustifs en bas marais. De plus, 12 ha de marécages arbustifs sont devenus des hauts marais.

Aucune espèce végétale envahissante n'a été identifiée durant cette période.

4.10.3 Évolution partielle entre 1990-1991 et 1996-1997

Les milieux humides sont passés, durant cet intervalle, de 693 ha à 451 ha, soit une diminution de 242 ha ou 35 p. 100 (figure 66). Les pertes sont évaluées à 297 ha alors que les gains sont de 55 ha. Après avoir éliminé les incohérences, les milieux humides totalisent 679 ha en 1991 et 702 ha en 1997, pour une augmentation de 23 ha ou 3 p. 100. Les pertes corrigées sont nulles alors que les gains sont de 23 ha (figure 67).

L'indice d'assèchement relatif (tableau 19) est de -0,55, illustrant que globalement, les milieux humides du secteur de la Côte-de-Beaupré présentent une tendance modérée vers des conditions plus humides durant cet intervalle, largement attribuable à l'effet des marées. En retranchant les changements liés aux marées, on observe ainsi une légère tendance vers des conditions plus sèches.

Dans le cas des gains retenus, 14 ha d'eau libre ont été remplacés par des milieux humides. On en observe des concentrations sur la rive du Saint-Laurent à la hauteur de Périgny et de Le Moyne. La grande majorité de ces différences nous semble valide. À cela s'ajoute un gain de 9 ha au profit de l'agriculture. Ces changements sont très dispersés sur le secteur couvert. L'examen des images brutes semble confirmer que nous ayons affaire à de véritables transformations du paysage.

Les pertes et gains non retenus sont décrits à l'annexe 66.

Il est difficile de statuer sur l'ensemble des changements internes observés au sein des milieux humides durant cette période. Un décalage géométrique entre les cartes est présent et semble engendrer toute une série de fausses transformations. Parmi les transformations internes progressives, 51 ha de bas marais, dominés par *Schoenoplectus pungens*, semblent avoir évolué vers des hauts marais (11 ha), des marécages arbustifs (21 ha) et des marécages arborés (19 ha). Par ailleurs, 16 ha de hauts marais ont été classifiés sur la cartographie de 1996-1997 en marécages arbustifs (9 ha) et arborés (7 ha). Enfin, 16 ha de marécages arbustifs sont devenus des marécages arborés.

Parmi les transformations internes régressives notées, la plus importante en superficie montre la métamorphose de 27 ha de marécages arborés en marécages arbustifs. Par ailleurs, 5 ha de marécages arbustifs et 7 ha de marécages arborés ont régressé pour devenir des hauts marais.

Enfin, 8 ha de hauts marais, 10 ha de marécages arbustifs et 4 ha de marécages arborés sont devenus des bas marais.

Aucune espèce végétale envahissante n'a été identifiée durant cette période.

Secteur : Côte-de-Beaupré

		1996																					Total						
		10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total	
1991	10																											0	
	11																												0
	12			156	11						21	19										272	0	4	1	2	1	488	
	20			8	6						9	7										4	1	0	0	0	35		
	21																											0	
	23																											0	
	22																											0	
	24																											0	
	25																											0	
	30			10	5						26	16										3	1	0	1	0	62		
	40			4	7						27	64										4	0	1	0	1	1	108	
	41																											0	
	42																											0	
	43																											0	
	44																											0	
	45																											0	
46																											0		
89																											0		
2																											0		
1			8	1						1	4											2416	0	0	0	0	2430		
3																											0		
50			2	4						1	2											2	26	4	7	4	51		
51			3	2						1	2											1	9	5	3	7	34		
52			5	5						2	3											7	18	2	20	3	65		
54			1	1						2	4											1	2	2	1	6	19		
55																											0		
Total		0	0	199	41	0	0	0	0	91	121	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2709	0	62	14	34	22	0	3292	

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 66 Matrice de transition pour le sous-secteur de la Côte-de-Beaupré analysé entre 1990-1991 et 1996-1997



Figure 67 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du sous-secteur de la Côte-de-Beaupré analysé entre 1990-1991 et 1996-1997

4.10.4 Évolution partielle entre 1996-1997 et 2000-2002

Durant cette période, les milieux humides sont passés de 451 ha à 467 ha, soit une augmentation de 16 ha ou 3 p. 100 (figure 68). Les pertes sont évaluées à 139 ha alors que les gains sont de 154 ha. Une fois les incohérences éliminées, les superficies de milieux humides s'établissent à 405 ha en 1996-1997 et à 374 ha en 2000-2002, pour une diminution nette de 31 ha ou 8 p. 100. Les pertes corrigées sont de 31 ha alors que les gains sont nuls (figure 69).

L'indice d'assèchement relatif (tableau 19) est de 0,06, illustrant que globalement, les milieux humides du secteur de la Côte-de-Beaupré présentent une très légère tendance vers des conditions plus sèches durant cette période. En soustrayant les changements liés aux marées, on observe toutefois une légère tendance vers des conditions plus humides.

L'interprétation de cette période est complexe, la carte de 2000-2002 étant constituée d'une mosaïque de quatre images prises à des dates différentes (tableaux 6 et 7). Les seules pertes retenues sont de l'ordre de 31 ha sur les 92 ha qui sont observées au profit de l'eau libre. Les images brutes montrent que ces pertes sont réelles dans le secteur à l'est de l'embouchure de la rivière Saint-Anne.

Les pertes et gains non retenus sont décrits à l'annexe 66.

Au sein des milieux humides, quelques changements internes sont apparents. Plusieurs des transformations internes progressives observées ici semblent être le résultat d'une identification erronée du type de milieux humides dans l'une ou l'autre des cartes. Parmi celles-ci, les bas marais se sont transformés en hauts marais (5 ha), en marécages arbustifs (18 ha en amont de l'embouchure de la rivière Saint-Anne) et en marécages arborés (5 ha). De plus, 3 ha de bas marais se sont transformés en marécages arbustifs et 8 ha en marécages arborés. Enfin, 24 ha de marécages arbustifs sont devenus des marécages arborés (en aval de l'usine Donohue de Beaupré ainsi que sur la rive boisée de Périgny).

Secteur : Côte-de-Beaupré

		2002																					Total					
		10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total
1996	10																											0
	11																											0
	12	50		45	5						18	4						1			63		1	2	5	5		199
	20	1		3	2						4	8						0			5		4	2	6	4		41
	21																											0
	23																											0
	22																											0
	24																											0
	25																											0
	30	1		30	1						19	21						3			11		1	1	2	2		91
	40	1		42	1						9	43						1			13		1	1	4	5		121
	41																											0
	42																											0
	43																											0
	44																											0
	45																											0
	46																											0
	89																											0
	2																											0
	1	91		50	1						2	3						0			2554		2	0	5	2		2709
	3			0																	0							0
	50	1		0							1	1									3		11	7	30	9		62
	51			1							0	0									1		2	3	3	5		14
	52	0		0	0						0	1									2		2	1	25	2		34
	54	0		2								0						0			1		2	4	2	12		22
	55																											0
Total	146	0	173	10	0	0	0	0	0	53	80	0	0	0	0	0	5	0	0	2653	0	25	22	81	45	0	3292	

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 68 Matrice de transition pour le sous-secteur de la Côte-de-Beaupré analysé entre 1996-1997 et 2000-2002



Figure 69 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du sous-secteur de la Côte-de-Beaupré analysé entre 1996-1997 et 2000-2002

Au sein des changements internes régressifs, les plus importants montrent la transformation de 31 ha de marécages arbustifs et de 43 ha de marécages arborés en bas marais. Ces changements sont observés à la Longue Pointe (Giguère) et sur la rive boisée de Périgny. Enfin, 9 ha de marécages arborés, répartis un peu partout sur le territoire, deviennent des marécages arbustifs.

Aucune espèce végétale envahissante n'a été identifiée durant cette période.

4.11 MOYEN ESTUAIRE

La superficie analysée pour le secteur du moyen estuaire entre 1990-1991 et 2000-2002 totalise 66 727 ha et comprend l'eau libre et les milieux terrestres adjacents. La couverture est complète pour le secteur (annexes 68 et 69).

Par ailleurs, les superficies examinées dans l'analyse pour la période s'étendant des années 1970-1978 aux années 2000-2002 couvrent les sous-secteurs du cap Tourmente et de Kamouraska. Le premier est estimé à 1250 ha (annexes 70 à 73) alors que le second est évalué à 3366 ha (annexes 74 à 77).

Les indices d'assèchement relatif pour le secteur du moyen estuaire sont présentés au tableau 20. L'examen de ces statistiques semble montrer une tendance vers des conditions plus humides, particulièrement dans la région de Kamouraska, et plus généralement sur l'ensemble du secteur entre 1990-1991 et 2000-2002. Par contre, cette tendance est moins claire pour la région du cap Tourmente.

Tableau 20 Indices d'assèchement relatif pour le secteur du moyen estuaire

Période	Indice d'assèchement relatif
Entre 1970-1978 et 1990-1991 (Cap Tourmente)	0,02
Entre 1990-1991 et 1996-1997 (Cap Tourmente)	-0,57
Entre 1996-1997 et 2000-2002 (Cap Tourmente)	0,33
Entre 1970-1978 et 1990-1991 (Kamouraska)	-0,56
Entre 1990-1991 et 1996-1997 (Kamouraska)	0,23
Entre 1996-1997 et 2000-2002 (Kamouraska)	-0,39
Entre 1990-1991 et 2000-2002	-0,56

4.11.1 Évolution générale entre 1990-1991 et 2000-2002

Les milieux humides de la portion analysée du moyen estuaire passent de 5481 ha en 1991 à 4368 ha en 2000-2002, soit une diminution de 1113 ha ou environ 20 p. 100 (figure 70). Les pertes sont estimées à 2387 ha alors que les gains sont évalués à 1274 ha. Après l'élimination des incohérences, les superficies corrigées sont de 5189 ha en 1991 et de 5223 ha en 2000-2002, pour une augmentation de 34 ha ou 0,7 p. 100. Les valeurs corrigées des pertes s'élèvent à 29 ha et les gains à 63 ha (figure 71).

L'indice d'assèchement relatif pour cette comparaison est de -0,56, illustrant une importante tendance vers des conditions plus humides dans les marais et marécages entre les deux périodes (tableau 20). En soustrayant les changements liés aux marées, on observe toujours une tendance vers des conditions plus humides, bien que légèrement moins forte.

Les pertes retenues totalisent 29 ha, dont 27 ha ont été identifiés comme du substrat en 2000-2002. Cette différence s'observe très localement, en particulier dans la région de Kamouraska. Les milieux humides touchés sont des herbaçaias salées de même que des bas marais à *Spartina alterniflora* qui pourraient avoir été les victimes de l'érosion des berges dans ce secteur. S'ajoute à cela une perte de 2 ha de hauts marais au profit de friches.

En ce qui concerne les gains notés, 185 ha identifiés comme zones bâties en 1990-1991 ont été classifiés comme milieux humides en 2000-2002. De ce nombre, la concentration la plus importante (63 ha) se trouve au site ornithologique du marais de Gros-Cacouna et elle est considérée parmi les gains véritables. Une confusion est toutefois présente en 1990-1991, le site étant vraisemblablement couvert de sols nus. L'aménagement de ce territoire au cœur des années 1990 a conduit à la formation de milieux humides en cet endroit. Le reste des gains semble être le résultat d'une confusion entre les classes et ne se caractérise par aucune concentration particulière sur l'ensemble du territoire.

Les pertes et gains non retenus sont décrits à l'annexe 78.

Plusieurs changements internes au sein des milieux humides sont observés durant cette période. Ainsi, 72 ha de bas marais (surtout dominés par *Spartina alterniflora* ou par *Schoenoplectus pungens*) sont devenus des hauts marais (répartis en herbaçaias salées, sans dominants observés, et dans une moindre mesure, dominés par *Spartina patens* ou par *Phragmites australis*). Ils sont observables dans la Réserve nationale de faune du cap Tourmente et à La Pocatière.

Secteur : Moyen estuaire (couverture maximale)

		2002																				Total						
		10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total
1990	10																			40	511	8	15		6	9	0	
	11	13	279	98	1	37	3					1								4	977	0	67	0	12	71	2367	
	12	514	3	676	29	1	0	1			4	8						1			28	2	385	2	13	25	1141	
	20	66	3	71	437	37	2	26			11	23						12			7	53	16	56	9	11	717	
	21	36	80	42	3	391	9	1				2																
	23	29	36		6	17	10														33		1		1	1	133	
	22																										0	
	24																											0
	25																											0
	30	7		0	8						11	11							7		2	0	9			2	57	
	40	6		0	2						2	3							11		1	0	2			2	28	
	41																											0
	42																											0
	43																											0
	44																											0
	45																											0
	46																											0
	89																		11		0	0	3		3	2	19	
	2																											0
	1	120	161	117	1	11	0				1	1									78	50947	11	28		19	83	51575
3																											0	
50	39	5	41	178	110	1	10			2	35						8	1	4	72	7	8238	82	355	639	9826		
51	7	5	9	4	57	0	1			1	8						1	0	2	21	4	1525	33	76	459	2212		
52	60	25	12	24	46	8	1			0	8							0	13	123	28	1122	5	477	335	2287		
54	18	17	27	29	18	0	6			2	32						7	2	10	129	92	1293	29	147	4287	6144		
55																											0	
Total	914	613	1092	721	724	33	45	0	0	33	132	0	0	0	0	0	47	14	157	52894	169	12744	151	1117	5925	0	77525	

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 70 Matrice de transition pour la portion du moyen estuaire analysée entre 1990-1991 et 2000-2002



Figure 71 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages de la portion du moyen estuaire analysée entre 1990-1991 et 2000-2002

De plus, au cours de la présente période, des bas marais sont devenus des marécages arbustifs (4 ha) et des marécages arborés (10 ha). Par ailleurs, un peu plus de hauts marais se sont transformés en marécages, soient arbustifs (11 ha) ou encore arborés (37 ha). On observe ce phénomène dans la Réserve nationale de faune du cap Tourmente et à Montmagny. Enfin, 18 ha de marécages arbustifs se sont transformés en marécages arborés (dont 7 ha sont dominés par *Salix* sp., le reste n'ayant pas de dominants identifiés). Ces changements se concentrent encore ici dans la Réserve nationale de faune du cap Tourmente.

Les plus importantes transformations internes régressives montrent le passage de 363 ha de hauts marais (répartis en herbaçaias salées, en hauts marais dominés par *Spartina patens* et en hauts marais sans dominants identifiés) vers des bas marais (dominés par *Schoenoplectus pungens*, *Spartina alterniflora* et sans dominants identifiés). Ces changements, qui pourraient être la résultante de l'érosion, se concentrent aux environs de la Réserve nationale de faune du cap Tourmente et à l'île du Gros-Cacouna, mais sont aussi observés de façon éparse sur la rive sud à la hauteur de l'archipel de Montmagny, de La Pocatière et de Notre-Dame-du-Portage. Ailleurs, on observe de faibles superficies de marécages arbustifs qui se sont transformés en bas marais (7 ha) ou en hauts marais (8 ha). Enfin, certains marécages arborés sont devenus des bas marais (6 ha), des hauts marais (2 ha) ou des marécages arbustifs (2 ha).

En ce qui concerne les espèces envahissantes, 46 ha de haut marais dominés par *Phragmites australis* ont été comptabilisés en 2000-2002. Les populations identifiées se trouvent sur l'île aux Grues de même que dans le secteur entre Saint-Roch-des-Aulnaies et La Pocatière. L'espèce était présente dans ce secteur avant 1925 et ne cesse de prendre de l'expansion depuis (Delisle, 2002).

De plus, bien que cette classe ait été complètement éliminée à la suite de la modification de la carte de 2000-2002 (à une résolution de 25 m), 18 ha de bas marais dominés par *Lythrum salicaria* ont été identifiés et localisés dans le secteur de La Pocatière (Létourneau et Jean, 2006b, 2006c).

Comme les plantes envahissantes n'ont pas été détectées sur la carte de 1991, il est impossible de statuer sur la possible progression de ces espèces.

4.11.2 Évolution partielle au cap Tourmente

4.11.2.1 Entre 1970-1978 et 1990-1991

Les milieux humides de la région du cap Tourmente sont passés, durant cette période, de 452 ha à 472 ha, soit une augmentation de 20 ha ou 4 p. 100 (figure 72). Les pertes sont évaluées à 62 ha alors que les gains sont estimés à 82 ha. Une fois les incohérences soustraites, les superficies de milieux humides s'établissent à 507 ha à la fin des années 1970 et à 459 ha en 1990-1991, pour une diminution de 48 ha ou 10 p. 100. Les pertes corrigées sont estimées à 48 ha et les gains sont nuls (figure 73).

L'indice d'assèchement relatif (tableau 20) est de 0,02, illustrant que les transformations internes des milieux humides ne présentent pas de tendance générale. En soustrayant les changements liés aux marées, on observe toutefois une légère tendance vers des conditions plus sèches.

Plusieurs pertes de milieux humides ont été retenues durant cette période. Parmi celles-ci, les seules d'importance totalisent 36 ha et se sont faites au profit de zones agricoles. De petits secteurs sont identifiables, dont dans la Réserve nationale de faune du cap Tourmente (à l'est du sentier Bois-sent-bon) et à Saint-Joachim, entre le village et la rive du Saint-Laurent. À défaut d'avoir en notre possession des données démontrant une surestimation des milieux humides sur la cartographie du Groupe Dryade, nous considérons ces changements comme plausibles. De plus, on peut ajouter une perte de 7 ha de milieux humides qui sont devenus des forêts. On les observe au sud du village de Saint-Joachim. Enfin, deux pertes mineures correspondant à une superficie de 2 ha chacune sont conservées et celles-ci se sont faites au profit de la friche et des zones bâties.

Les pertes et gains non retenus sont décrits à l'annexe 78.

Au sein des milieux humides, plusieurs changements internes progressifs sont visibles. Ainsi, 6 ha de bas marais à *Schoenoplectus pungens* se sont transformés, durant cette période, en hauts marais. De plus, 46 ha de hauts marais sont devenus des marécages arbustifs (30 ha) et des marécages arborés (16 ha). Enfin, 2 ha de marécages arbustifs sont devenus arborés. Il semble qu'une surestimation des marécages arborés soit présente sur la cartographie de 1990-1991.

Les plus importantes modifications internes régressives montrent la transformation de 31 ha de haut marais et de 3 ha de marécages arbustifs en bas marais dominés par *Schoenoplectus pungens*. De plus, 2 ha de marécages arbustifs se sont transformés en hauts marais.

Aucune espèce végétale envahissante n'a été identifiée durant cette période.

Secteur : Cap Tourmente

1990

	10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total	
10																											0	
11																											0	
12			233	6						0	0									15		1		1			256	
20			31	61						30	16											34	2	1	5		179	
21																											0	
23																											0	
22																											0	
24																											0	
25																											0	
30			3	2						7	2												1			0	15	
40				0																		1	0	0	2		3	
41																											0	
42																											0	
43																											0	
44																											0	
45																											0	
46																											0	
89																											0	
2																											0	
1																											0	
3										0													0	0	0	0	520	
50			55																		168						223	
51				2						2	1											6	0		1		12	
52			0	10						4	2											12	3		2		34	
54			0	2						2	2																0	
55																								1	0	1	9	
Total	0	0	323	83	0	0	0	0	0	44	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	703	0	55	5	2	12	0	1250

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 72 Matrice de transition pour le sous-secteur du cap Tourmente analysé entre 1970-1978 et 1990-1991



Figure 73 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du sous-secteur du cap Tourmente analysé entre 1970-1978 et 1990-1991

4.11.2.2 Entre 1990-1991 et 1996-1997

Les milieux humides sont passés, durant cette période, de 472 ha à 388 ha, soit une diminution de 84 ha ou 18 p. 100 (figure 74). Les pertes sont évaluées à 126 ha alors que les gains sont de 41 ha. Après avoir éliminé les incohérences, les milieux humides totalisent 456 ha en 1990-1991 et 486 ha en 1996-1997, pour une augmentation de 30 ha ou 5 p. 100. Les pertes corrigées sont nulles alors que les gains sont de 30 ha (figure 75).

L'indice d'assèchement relatif (tableau 20) est de -0,57, illustrant que globalement, les milieux humides du sous-secteur du cap Tourmente présentent une tendance modérée vers des conditions plus humides durant cet intervalle. En soustrayant les changements liés aux marées, la tendance vers des conditions plus humides dans les marais et marécages est toujours présente, bien que nettement diminuée.

Au niveau des gains retenus, 25 ha de zones agricoles sont devenus des milieux humides. Ces changements se concentrent principalement à deux endroits, respectivement de part et d'autre du Petit-Cap. L'examen des images brutes semble confirmer que nous ayons affaire à de véritables transformations dans le paysage. En plus, la conversion de 6 ha d'eau libre en milieux humides est conservée. Elle s'observe sur la rive du Saint-Laurent, en bordure des bas marais de la Réserve nationale de faune du cap Tourmente.

Les pertes et gains non retenus sont décrits à l'annexe 78.

Il est difficile de statuer sur l'ensemble des changements internes observés au sein des milieux humides. Il est possible qu'un décalage géométrique entre les cartes engendre toute une série de fausses transformations internes. Parmi celles ayant un sens progressif, 15 ha de bas marais, dominés par *Schoenoplectus pungens*, semblent avoir évolué vers des hauts marais. Par ailleurs, 2 ha de bas marais et 9 ha de hauts marais ont été classifiés sur la cartographie de 1996-1997 en marécages arbustifs. Enfin, 2 ha de bas marais, 5 ha de hauts marais et 3 ha de marécages arbustifs se sont transformés en marécages arborés.

Parmi les transformations internes régressives, la plus importante en superficie montre le remplacement de 18 ha de marécages arbustifs et de 11 ha de marécages arborés par des hauts marais.

De plus, 10 ha de bas marais dominés par *Schoenoplectus pungens* sont apparus au détriment de hauts marais (6 ha), de marécages arbustifs (3 ha) et de marécages arborés (1 ha). Enfin, 6 ha de marécages arborés ont été classifiés en 1996-1997 comme arbustifs.

Aucune espèce végétale envahissante n'a été identifiée durant cette période.

Secteur : Cap Tourmente

		1997																						Total				
		10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total
1990	10																											0
	11																											0
	12			206	15						2	2									97	2	0					323
	20			6	41						9	5									10	1	13	0	0	0		83
	21																											0
	23																											0
	22																											0
	24																											0
	25																											0
	30			3	18						19	3									2	0	0		0			44
	40			1	11						6	4									0	0	1		0			22
	41																											0
	42																											0
	43																											0
	44																											0
	45																											0
	46																											0
	89																											0
	2																											0
	1			6							0											697						703
	3																											0
	50			1	18						3	4									1		28	1		0		55
	51			0	0						0	0									0		3	1	0			5
	52			0	0						0	0									1				0			2
	54			0	4						2	3									0		3	0		0		12
55																											0	
Total		0	0	223	106	0	0	0	0	0	39	20	0	0	0	0	0	0	0	0	807	3	48	3	1	0	0	1250

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 74 Matrice de transition pour le sous-secteur du cap Tourmente analysé entre 1990-1991 et 1996-1997



Figure 75 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du sous-secteur du cap Tourmente analysé entre 1990-1991 et 1996-1997

4.11.2.3 Entre 1996-1997 et 2000-2002

Durant cette période, les milieux humides sont passés de 388 ha à 480 ha, soit une augmentation de 92 ha ou 24 p. 100 (figure 76). Les pertes sont évaluées à 29 ha alors que les gains sont de 120 ha. Une fois les incohérences éliminées, les superficies de milieux humides s'établissent à 468 ha en 1996-1997 et à 496 ha en 2000-2002, pour une augmentation de 28 ha ou 6 p. 100. Les pertes corrigées sont nulles alors que les gains totalisent 27 ha (figure 77).

L'indice d'assèchement relatif (tableau 20) est de 0,33, illustrant que globalement, les milieux humides du sous-secteur du cap Tourmente présentent une tendance modérée vers des conditions plus sèches durant cet intervalle. En soustrayant les changements liés aux marées, cette tendance disparaît presque complètement.

L'interprétation de cette période est complexe, car la carte de 2000-2002 est une mosaïque de quatre images prises à des dates différentes (tableaux 6 et 7).

Les seuls gains d'importance qui sont conservés montrent la conversion en milieux humides de 24 ha de zones agricoles, situés au sud de Petit-Cap. Bien que ce type de changement soit plutôt inusité, il a bien eu lieu dans le secteur (Serge Labonté, communication personnelle). De plus, 3 ha de sols nus, le long du rivage près de Petit-Cap, étaient couverts de végétation en 2000-2002.

Les pertes et gains non retenus sont décrits à l'annexe 78.

Au sein des milieux humides, quelques changements internes sont apparents. Plusieurs des transformations internes observées ici semblent être le résultat d'une identification erronée du type de milieux humides dans l'une ou l'autre des cartes. Les plus imposantes transformations progressives montrent la disparition de 37 ha de hauts marais qui sont devenus des marécages arbustifs (11 ha) et des marécages arborés (26 ha). De plus, 5 ha de bas marais ont évolué vers des hauts marais (2 ha) et des marécages arbustifs (2 ha) et arborés (1 ha).

Enfin, 14 ha de marécages arbustifs sont devenus arborés. Il semble toutefois qu'une surestimation des marécages arborés soit présente sur la cartographie de 1990-1991.

Les plus importantes modifications internes régressives montrent l'apparition de 38 ha de bas marais au détriment de hauts marais (25 ha), ainsi que de marécages arbustifs (7 ha) et arborés (6 ha). À cela s'ajoute l'apparition de 10 ha de hauts marais en remplacement de marécages arbustifs (7 ha) et arborés (3 ha). Enfin, 2 ha de marécages arborés sont devenus arbustifs.

Aucune espèce végétale envahissante n'a été identifiée durant cette période.

Secteur : Cap Tourmente

		2002																					Total						
		10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total	
1997	10																											0	
	11																												0
	12	200		0	2						2	1						0			17	0					0	223	
	20	25			38						11	9						17			1	0	4				1	106	
	21																											0	
	23																											0	
	22																											0	
	24																											0	
	25																											0	
	30	7			7						9	9						5			0		1				0	39	
	40	6			3						2	0						6			0		1				1	20	
	41																											0	
	42																											0	
	43																											0	
	44																											0	
	45																											0	
46																											0		
89																											0		
2																											0		
1	84		0	2						2	1						0				717		0				807		
3	3			0																							3		
50	10			10						2	0						2			0	0	15				8	48		
51	1			2						0							0										3		
52				0																0	0	0					1		
54				0																		0					0		
55																											0		
Total	337	0	1	63	0	0	0	0	0	29	20	0	0	0	0	0	31	0	0	736	1	22	0	0	11	0	1250		

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 76 Matrice de transition pour le sous-secteur du cap Tourmente analysé entre 1996-1997 et 2000-2002



Figure 77 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du sous-secteur du cap Tourmente analysé entre 1996-1997 et 2000-2002

4.11.3 Évolution partielle à Kamouraska

4.11.3.1 Entre 1970-1978 et 1990-1991

Durant cette période, les milieux humides de la région de Kamouraska sont passés de 632 ha à 297 ha, soit une diminution de 335 ha ou environ 53 p. 100 (figure 78). Les pertes s'élèvent à 372 ha alors que les gains sont de 38 ha. Après élimination des incohérences, les superficies des milieux humides passent de 596 ha à la fin des années 1970 à 289 ha en 1990-1991. Les pertes corrigées sont de 337 ha alors que les gains sont de 30 ha, pour une différence négative de 307 ha ou 52 p. 100 (figure 79).

L'indice d'assèchement relatif (tableau 20) est de -0,56, illustrant que globalement, les milieux humides de Kamouraska présentent une importante tendance vers des conditions plus humides. En soustrayant les changements liés aux marées, on observe toutefois une légère tendance vers des conditions plus sèches.

La majorité des pertes observées durant cette période est retenue. Ainsi, les principales pertes de superficies sont faites au profit de zones agricoles (169 ha). On les observe dans la baie de Kamouraska. La construction d'aboteaux est à l'origine de ces transformations. De plus, 75 ha de milieux humides ont été classifiés en eau libre. En absence de données précises sur le niveau des marées, il nous apparaît prudent de retenir ce changement. Par ailleurs, 62 ha de milieux humides ont été classifiés en zones bâties. Bien que nous nous montrions critiques quant à l'identification en 1990-1991 des zones bâties, l'examen des images brutes nous porte à croire qu'il s'agit bien de véritables pertes de milieux humides. Enfin, 31 ha de milieux humides sont devenus des friches en 1990-1991. On les observe autour des champs agricoles, un peu partout sur le territoire.

Secteur : Kamouraska

1990

	10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total
10																											0
11		72			22															61		4	1	4	1		166
12																											0
20		0																		5		0		1	1		7
21		3			113															1		129	24	37	1		307
23		12			36															6		35	5	13	0		106
22																											0
24																											0
25																											0
30																											0
40		1			1															2		1	1	7	33		45
41																											0
42																											0
43																											0
44																											0
45																											0
46																											0
89																											0
2																											0
1		2			1																8		1	0	4	0	16
3		25			5																2311		0	5	1		2348
50		0			5																		285	30	28	4	352
51																							1	2	1	5	9
52																											0
54		0																							6		10
55																											0
Total	0	115	0	0	182	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2395	0	459	61	102	53	0	3366

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 78 Matrice de transition pour le sous-secteur de Kamouraska analysé entre 1970-1978 et 1990-1991



Figure 79 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages du sous-secteur de Kamouraska analysé entre 1970-1978 et 1990-1991

Les seuls gains retenus s'élèvent à 30 ha et montrent le passage de sols nus vers des milieux humides.

Les pertes et gains non retenus sont décrits à l'annexe 78.

Peu de changements internes sont observés durant cette période pour la région de Kamouraska. La transformation de 22 ha de bas marais à *Spartina alterniflora* vers des hauts marais salés constitue le seul changement interne progressif. Dans le cas des changements internes régressifs, 15 ha de hauts marais (dont 12 ha dominés par *Spartina patens*), en plus de 1 ha de marécages arborés sont devenus des bas marais. S'ajoutent 36 ha de hauts marais dominés par *Spartina patens* et 1 ha de marécages arborés qui sont devenus des herbaçaias salées.

Aucune espèce végétale envahissante n'a été identifiée durant cette période.

4.11.3.2 Entre 1990-1991 et 1996-1997

Les milieux humides sont passés, durant cette période, de 297 ha à 383 ha, soit une augmentation de 86 ha ou 29 p. 100 (figure 80). Les pertes sont évaluées à 69 ha alors que les gains sont de 155 ha. Après avoir éliminé les incohérences, les superficies corrigées sont de 320 ha pour 1991 et 1997, pour un bilan net nul, sans pertes ni gains retenus.

L'indice d'assèchement relatif (tableau 20) est de 0,23, illustrant que globalement, les milieux humides de la région de Kamouraska présentent une tendance modérée vers des conditions plus sèches. En soustrayant les changements liés aux marées, on observe toutefois une tendance modérée vers des conditions plus humides.

La totalité des pertes et des gains non retenue sont décrits à l'annexe 78.

Les milieux humides ont peu changé durant cette période. Les seuls changements internes progressifs observés montrent le passage de 11 ha de bas marais vers des hauts marais. À l'inverse, 21 ha de hauts marais ont régressé pour devenir des bas marais.

4.11.3.3 Entre 1996-1997 et 2001-2002

Durant cette période, les milieux humides de la région de Kamouraska sont passés de 383 ha à 291 ha, soit une perte de 92 ha ou 24 p. 100 (figure 81). Les pertes sont évaluées à 140 ha alors que les gains sont de 48 ha. Une fois les incohérences éliminées, le bilan net est nul avec une superficie constante évaluée à 337 ha.

Secteur : Kamouraska

		1997																							Total			
		10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total
1990	10																											0
	11		63			11															28	12	1			1	0	115
	12																											0
	20																											0
	21		21			134															13	7	7	0	0	1		182
	23																											0
	22																											0
	24																											0
	25																											0
	30																											0
	40																											0
	41																											0
	42																											0
	43																											0
	44																											0
	45																											0
	46																											0
89																											0	
2																											0	
1		88			4																2272	28	2	0	2	0	2395	
3																											0	
50		2			26																1	1	424	1	2	3	459	
51		0			7																0	52		0	2	61		
52		4			19																7	3	62	1	3	4	102	
54		4			2																2	1	9	0	1	33	53	
55																											0	
Total		0	181	0	0	202	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2322	51	557	2	8	43	0	3366

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 80 Matrice de transition pour le sous-secteur de Kamouraska analysé entre 1990-1991 et 1996-1997

Secteur : Kamouraska

		2002																					Total					
		10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	
1997	10																											0
	11		56			19															91	11	2			0	1	181
	12																											0
	20																											0
	21		5			162															3	7	22			0	2	202
	23																											0
	22																											0
	24																											0
	25																											0
	30																											0
	40																											0
	41																											0
	42																											0
	43																											0
	44																											0
	45																											0
	46																											0
89																											0	
2																											0	
1		18			4																2286	11	2			1	1	2322
3		5			5																33	4	1			1	2	51
50		0			14																1	3	519			8	11	557
51					0																0		2				0	2
52		0			1																1	2	2			1	1	8
54		0			1																0	1	11			0	29	43
55																												0
Total		0	85	0	0	206	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2416	40	560	0	12	48	0	3366

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 81 Matrice de transition pour le sous-secteur de Kamouraska analysé entre 1996-1997 et 2000-2002

L'indice d'assèchement relatif (tableau 20) est de -0,39, illustrant que globalement, les milieux humides du secteur de Kamouraska présentent une tendance modérée vers des conditions plus humides. En soustrayant les changements liés aux marées, on observe toutefois une tendance vers des conditions plus sèches, bien que de faible portée en termes de superficie.

La totalité des pertes et des gains non retenus sont décrits à l'annexe 78.

Au sein des milieux humides, on note seulement la transformation de 19 ha de bas marais à *Spartina alterniflora* en hauts marais et la régression de 5 ha d'herbaçaiies salées vers des bas marais.

Aucune espèce végétale envahissante n'a été identifiée durant cette période.

4.12 ESTUAIRE MARITIME

La superficie analysée pour la petite portion du secteur de l'estuaire maritime couverte par la présente étude entre 1990-1991 et 2000-2002 totalise 77 525 ha et comprend l'eau libre et les milieux terrestres adjacents (annexes 80 et 81). Aucune analyse n'a été réalisée pour comparer les périodes 1970-1978 et 2000-2002.

Les indices d'assèchement relatif calculés pour le secteur de l'estuaire maritime sont présentés au tableau 21. L'examen des statistiques pour 1990-2002 montre un important ennoisement des milieux humides.

Tableau 21 Indices d'assèchement relatif pour le secteur de l'estuaire maritime

Période	Indice d'assèchement relatif
Entre 1970-1978 et 1990-1991	—
Entre 1990-1991 et 1996-1997	—
Entre 1996-1997 et 2000-2002	—
Entre 1990-1991 et 2000-2002	-0,63

4.12.1 Évolution générale entre 1990-1991 et 2000-2002

Dans cette toute petite portion de l'estuaire maritime, les milieux humides sont passés de 1617 ha à 1319 ha, soit une diminution de 298 ha ou environ 18 p. 100 (figure 82). Les pertes sont estimées à 624 ha et les gains à 326 ha. Une fois les incohérences soustraites, les superficies

corrigées sont de 1458 ha en 1990-1991 et de 1632 ha en 2000-2002, pour une augmentation de 174 ha ou 12 p. 100. Les pertes corrigées sont nulles et les gains s'élèvent maintenant à 174 ha (figure 83).

L'indice d'assèchement relatif pour cette comparaison est de -0,63, illustrant un important ennoisement des milieux humides du secteur (tableau 21). En soustrayant les changements vraisemblablement causés par les marées, on observe une importante accentuation de la tendance vers des conditions plus humides.

Les seuls gains retenus montrent une apparition de 174 ha de milieux humides au détriment de l'eau libre. Ces différences se concentrent en amont et en aval de l'embouchure de la rivière des Trois Pistoles, de même que dans la baie adjacente au quai de Trois-Pistoles. Puisque ces changements ne peuvent être attribuables à l'effet des marées, il semblerait que ce soit de véritables augmentations des marais dominés par *Spartina alterniflora*.

Les pertes et gains non retenus sont décrits à l'annexe 82.

Au sein des milieux humides, le seul changement interne progressif montre la transformation de 6 ha de bas marais en hauts marais. L'inverse est beaucoup plus important, car 298 ha de hauts marais se sont transformés en bas marais. Parmi ces derniers, les bas marais pour lesquels aucune espèce dominante n'a été identifiée occupent 168 ha alors que ceux dominés par *Spartina alterniflora* totalisent 130 ha. Ces changements se concentrent largement à l'intérieur et autour de la Réserve nationale de faune de la baie de L'Isle-Verte et pourraient être le résultat de l'érosion des berges.

Aucune communauté végétale dominée par des plantes envahissantes n'a été identifiée dans ce secteur.

Secteur : Estuaire maritime (couverture partielle)

		2002																						Total				
		10	11	12	20	21	23	22	24	25	30	40	41	42	43	44	45	46	89	2	1	3	50	51	52	54	55	Total
1990	10																											0
	11	63	337		0	1	5														385	7	29		9	18	853	
	12																											0
	20	51	17		45	60	50														4	1	9		0	4	241	
	21	10	1		4	9	10														1	1	15		0	2	53	
	23	107	112		14	15	68														75	4	25		3	13	436	
	22																											0
	24																											0
	25																											0
	30																											0
	40																											0
	41																											0
	42																											0
	43																											0
	44																											0
	45																											0
	46																											0
	89																			14			0	8			12	34
	2																											0
	1	5	158		0	1	10															14419	32	11		14	65	14715
3																											0	
50	2	1		13	64	5													1		7	8	1124	2	28	171	1425	
51	1	2		1	12	1													1		4	5	355	6	28	369	785	
52	6	8		2	8	2													1		71	52	614	2	177	400	1342	
54	0	8		1	12	1													1		7	15	278	3	29	1986	2339	
55																											0	
Total	245	644	0	81	182	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	14973	123	2468	13	287	3040	0	22222	

Remarque - Les titres des lignes et des colonnes correspondent aux classes de la légende unifiée (voir tableau 10) et les valeurs du tableau sont en ha.

Figure 82 Matrice de transition pour la portion de l'estuaire maritime analysée entre 1990-1991 et 2000-2002



Figure 83 Pertes et gains survenus dans les marais et marécages de la portion de l'estuaire maritime analysée entre 1990-1991 et 2000-2002

5 Discussion : une esquisse historique récente

De la présente analyse découle un grand nombre de résultats, comprenant de multiples détails qui peuvent obscurcir le portrait d'ensemble de la situation des milieux humides du fleuve Saint-Laurent. La présente section tente de mettre en lumière les faits saillants de l'étude en complémentarité avec les résultats publiés par Robitaille *et al.* (1988) et repris par d'autres auteurs (Marquis *et al.*, 1991; Gosselin, 2003). Il en résulte une synthèse des changements survenus dans les milieux humides au cours des 60 dernières années.

Chacune des cartographies montre des lacunes ce qui illustre qu'aucun exercice de ce genre n'est parfait. Les différentes cartographies sont toutefois les meilleures à notre disposition pour statuer sur l'état de cette importante composante du fleuve Saint-Laurent.

5.1 DE 1945 À 1990 : D'IMPORTANTES BOULEVERSEMENTS DANS LES MILIEUX HUMIDES

Dans l'ensemble, les auteurs s'accordent pour affirmer que, pendant la période entre 1945 et 1984, les milieux humides du fleuve Saint-Laurent ont été marqués par de profonds changements. Plus précisément, la majorité des changements sont survenus dans la première moitié de cette période (Groupe Dryade, 1981) ou, selon Gosselin (2003), jusqu'en 1976. Les superficies touchées par ces changements étaient situées majoritairement à proximité des grands centres urbains, des axes routiers et en bordure des zones agricoles.

Les superficies touchées sont impressionnantes : plus de 6000 ha de milieux riverains auraient été modifiés (Gosselin, 2003), dont plus de 3600 ha de milieux humides (Groupe Dryade, 1981), le reste étant des zones d'eau libre. La superficie de milieux riverains perdus le long du Saint-Laurent équivaut à près de 8450 terrains de soccer, dont 5000 uniquement pour les milieux humides.

Si l'on examine sommairement les changements survenus durant cette période s'échelonnant sur près de 40 ans, on se rend vite compte des multiples pressions qui ont été exercées sur les milieux humides.

5.1.1 Le lac Saint-François : un secteur unique

La construction de divers ouvrages hydroélectriques, de barrages et de la Voie maritime du Saint-Laurent (entre 1954 et 1958) ont profondément modifié le visage du lac Saint-François (Gosselin, 2003). La gestion du niveau de l'eau du lac a entraîné la disparition de marais et l'expansion d'eaux peu profondes (herbiers submergés). Auclair (1994) estime que la superficie des milieux humides n'a pas significativement changé depuis 1970, se maintenant aux alentours de 10 100 ha, majoritairement des herbiers submergés (7616 ha).

Nos résultats montrent que les marais et marécages de la portion sud-ouest du lac totalisaient 1392 ha en 1990-1991. Cela représente 56 p. 100 des marais et marécages et 14 p. 100 des milieux humides du lac. Entre 1978 et 1990-1991, la portion sud-ouest du lac Saint-François a subi une perte nette de 510 ha. Ces pertes cachent cependant une dynamique plus fine qui pourrait ne pas être aussi négative. Des conversions de marais en zones d'eau libre (comprenant peut-être des herbiers aquatiques) à la suite de la réalisation d'aménagements fauniques sont visibles dans la réserve indienne de Saint-Régis-Akwesasne. Ces transformations ont grandement influencé l'indice d'assèchement relatif qui montre une humidification des milieux humides entre 1970-1978 et 1990-1991. Par ailleurs, autant des pertes que des gains de marais, faisant intervenir l'eau libre, sont observés. Il est toutefois difficile de lier cela à des fluctuations des niveaux du lac, car ceux-ci varient très peu. Il se peut que ces changements ne soient dus qu'à des différences entre les saisons d'acquisition des données. Le printemps correspond au moment de l'année où le niveau du lac est à son plus bas et à la période où la plupart des photographies aériennes utilisées par le Groupe Dryade (1981) ont été acquises.

5.1.2 Valleyfield-Beauharnois : un secteur totalement artificialisé

La construction du barrage et du canal de Beauharnois (1921-1931) a causé un rehaussement du niveau de l'eau en amont, favorisant l'expansion des marais (Gosselin, 2003). Par la suite, les rives du canal ont été remblayées pour l'implantation d'industries et la construction de bassins de décantation. De ces travaux résulte une disparition quasi complète de la végétation naturelle du secteur; seuls persistent 78 ha de milieux humides, dont 22 ha d'eaux peu profondes (Robitaille, 1998a). En outre, les bassins de décantation sont colonisés depuis quelques décennies par *Phragmites australis*, une espèce envahissante.

Nous n'avons pas couvert cette section du Saint-Laurent pour la période entre 1978 et 1990-1991.

5.1.3 Le lac Saint-Louis : une plaine d'inondation empiétée

On estime à plus de 4700 ha les milieux riverains de choix qui ont été fortement altérés par le développement urbain et des perturbations naturelles (Auclair, 1995a). L'artificialisation des rives est présente depuis les années 1970.

Nos résultats montrent qu'en 1990-1991, les marais et marécages totalisaient 344 ha, soit 40 p. 100 de l'ensemble des marais et marécages et 7 p. 100 des milieux humides du lac. Les pressions identifiées plus haut sont toujours visibles entre 1978 et 1990-1991, particulièrement à la presque île Asselin et dans la réserve indienne de Kahnawake. De plus, les hauts niveaux d'eau enregistrés entre 1972 et 1976 ont modifié les milieux humides, notamment aux îles de la Paix, où les marécages se sont transformés en prairie à *Phalaris arundinacea*, une espèce considérée comme envahissante. La disparition des marécages a également touché la dépression située au centre de l'île Saint-Bernard. Outre cet événement hydrologique naturel, des variations des niveaux d'eau ont fait fluctuer les superficies de marais et marécages du lac. Reste que ce dernier présente, entre les années 1970-1978 et 1990-1991, une importante tendance vers des conditions plus humides.

5.1.4 Les bassins de La Prairie : un secteur encore mal inventorié

Le secteur des bassins de La Prairie compte environ 1700 ha de milieux humides, dont 96 p. 100 sont constitués d'eaux peu profondes (Robitaille, 1997). Entre 1945 et 1988, la construction de la route 132 et de l'autoroute Bonaventure, l'aménagement du site de l'ancien Adacport, la construction de l'égout collecteur de Brossard et le remblayage de l'île des Sœurs ont éliminé près de 800 ha de milieux riverains, la majorité étant des eaux peu profondes (Gosselin, 2003).

Notre mauvaise couverture du secteur ne nous permet pas de vérifier si la tendance se maintient. Nous avons toutefois observé des colonies de *Phragmites australis* le long des berges de l'île de Montréal.

5.1.5 Montréal-Longueuil : un secteur appauvri

Le secteur Montréal-Longueuil constitue la portion du fleuve Saint-Laurent la plus artificialisée entre le lac Ontario et la mer (Auclair, 1995b). Les activités portuaires, le remblayage, le dragage et l'érosion sont les principales pressions exercées sur les milieux riverains dans le secteur Montréal-Longueuil. Entre 1945 et 1984, au moins 1590 ha de milieux naturels, dont 503 ha de milieux humides, sont disparus à cause de ces pressions. Le remblayage et l'assèchement sont les principales causes de modification des milieux humides. En plus des rives, des zones de plusieurs îles (Verte, Charron, Sainte-Marguerite, Sainte-Hélène, Notre-Dame) ont été modifiées.

Aujourd'hui, on trouve encore 945 ha de milieux humides, principalement autour des îles de Boucherville (Auclair, 1995b). De ce nombre, 537 ha sont recouverts par des eaux peu profondes, ce qui laisse 408 ha de marais et marécages.

Dans la présente étude, nous avons comptabilisé un minimum de 325 ha de marais et marécages, soit 80 p. 100 de l'estimation d'Auclair (1995b) ou 34 p. 100 des milieux humides du secteur. Nous observons une perte nette de 54 ha de milieux humides sur l'île Charron. De plus, une légère tendance vers des conditions plus sèches est observée durant cette période.

5.1.6 Varennes-Contrecoeur : un secteur en mouvement

Le secteur Varennes-Contrecoeur représente une portion du Saint-Laurent dynamique à plusieurs égards. L'érosion des rives et des îles constitue un problème important dans ce secteur (Gosselin, 2003). L'érosion est causée par le batillage provoqué par les bateaux et les vagues de tempêtes, par les crues, l'érosion glacielle et les cycles gel-dégel (Louis-Filip Richard, communication personnelle).

En plus de subir l'érosion, le secteur a également fait l'objet de dragage et d'assèchement qui ont modifié directement les milieux humides. Ainsi, on estime qu'entre 1946 et 1984, 326 ha d'herbiers aquatiques ont été ensevelis par des dépôts de dragage à Contrecoeur (Robitaille, 1998b). De plus, 178 ha de marais ont été détruits par assèchement à Varennes ou par le dragage de la Voie maritime. Les milieux humides sont estimés à 2000 ha, répartis en 881 ha d'eaux peu profondes, 1500 ha de marais et 65 ha de marécages (Robitaille, 1998b).

Pour la région de Contrecoeur, nos résultats montrent qu'entre les années 1970 et 1990-1991, on constate un gain net de 157 ha pour atteindre 368 ha. Cette superficie représente 33 p. 100 des marais et marécages ou 18 p. 100 des milieux humides du secteur. Des pertes de 31 ha sont observées et pourraient être causées par l'érosion dans la portion nord-ouest de l'archipel de Contrecoeur. À l'opposé, d'importants gains totalisant 199 ha sont observés dans la portion sud-ouest de l'archipel. Le bilan net montre un assèchement relatif des milieux humides du secteur.

5.1.7 Le lac Saint-Pierre : le cœur des milieux humides du Saint-Laurent

C'est au lac Saint-Pierre que l'on retrouve la plus grande étendue de milieux humides. On l'évalue à 39 900 ha, dont 19 000 ha sont des eaux peu profondes (herbiers aquatiques) (Burton, 1991). Ces vastes herbiers s'accompagnent de 5900 ha de marais et 8000 ha de marécages. Ces derniers constituent de loin la plus grande concentration et l'un des derniers refuges d'importance de ces milieux humides boisés.

À l'exception de la plaine de débordement du lac qui a été largement transformée en champs agricoles, les milieux humides du lac Saint-Pierre ont subi relativement peu de modifications (Burton, 1991; Gosselin, 2003). Entre 1945 et 1984, les activités de dragage et le dépôt de déblais, liés à la construction et à l'entretien du chenal de navigation, ont été importants et ont touché près de 2900 ha, surtout des zones d'eaux profondes (Burton, 1991). Le dragage a également touché une faible superficie d'eaux peu profondes (38 ha). Ailleurs, des marais (324 ha) et des marécages (123 ha) ont été perdus à la suite de remblayages ou d'assèchements.

La superficie en marais et en marécages de la portion du lac Saint-Pierre analysée entre les années 1970 et 1990-1991 est évaluée à au moins 8964 ha, soit 67 p. 100 des marais et des marécages répertoriés et 22 p. 100 de l'ensemble des milieux humides du secteur. Nos résultats entre les années 1970 et 1990-1991 pour le sud du lac montrent un bilan net négatif, avec des pertes totalisant 1435 ha et des gains de 1114 ha. Des modifications du niveau de l'eau du lac semblent expliquer une bonne partie des pertes (904 ha) et des gains (500 ha) observés. Les activités agricoles semblent être liées aux autres pertes enregistrées (530 ha). Les autres gains, quant à eux, sont attribuables à la réalisation d'aménagements fauniques qui ont transformé des friches et des forêts en milieux humides. De plus, certains travaux d'aménagement ont eu pour

objectif d'ouvrir les milieux humides pour ainsi faire pencher l'indice d'assèchement relatif vers une tendance de conditions plus humides dans les milieux riverains.

5.1.8 L'estuaire fluvial : l'influence grandissante des marées

Cette section du Saint-Laurent se caractérise par la présence de milieux humides sans marée sur 3345 ha et avec marées sur 2032 ha (Gosselin, 2003; Robitaille, 1998c, 1998d).

Plus de 360 ha de milieux humides ont été modifiés entre 1945 et 1984 (Robitaille, 1998c, 1998d). Le remblayage pour l'implantation d'infrastructures industrielles a constitué la plus importante cause de modifications (Gosselin, 2003). Parmi celles-ci, on peut citer la construction du parc industriel de Bécancour et de la centrale nucléaire de Gentilly. Par ailleurs, le résultat de l'assèchement des milieux à des fins agricoles ou résidentielles est visible dans les municipalités de Cap-de-la-Madeleine et de Champlain. À cela s'ajoutent la construction de ponts, de quais et de digues, de même que le rejet d'eau chaude de la centrale nucléaire de Gentilly (Gosselin, 2003). Enfin, il est possible que la Voie maritime du Saint-Laurent ait eu un impact sur les herbiers aquatiques du secteur (Gosselin, 2003).

La superficie des marais et marécages que nous avons analysée autour de Gentilly entre les années 1970 et 1990-1991 s'élève à 2887 ha, soit 54 p. 100 de l'ensemble des milieux humides du secteur. Curieusement, notre estimation des marais et marécages est plus élevée que celle qui est publiée pour l'ensemble du secteur de l'estuaire fluvial. Cette différence pourrait être attribuable à l'effet des marées et à l'absence de marécages dans les estimations antérieures (Gosselin, 2003). Entre les années 1970 et 1990, nous avons enregistré une perte nette de 28 ha de marais et marécages.

5.1.9 Québec-Lévis : un secteur très dynamique

On évalue à 2033 ha la superficie des milieux humides du secteur Québec-Lévis, dont 1576 ha de marais à *Schoenoplectus pungens* (Mousseau et Armellin, 1995). Par ailleurs, la superficie des marécages est estimée à 315 ha.

Près de 270 ha de milieux humides, en plus de 207 ha de littoraux vaseux ont été modifiés entre 1945 et 1988 (Gosselin, 2003). Le remblayage a été important dans ce secteur avant les années 1980, particulièrement sur la rive nord du fleuve. On peut citer l'agrandissement de la zone portuaire de Québec, la construction du boulevard Champlain à la fin des années 1960,

celle de l'autoroute Dufferin-Montmorency au début des années 1970 et l'élargissement du boulevard Sainte-Anne en 1964-1965 (Gosselin, 2003). De plus, l'érosion est un phénomène important dans le secteur (Mousseau et Armellin, 1995).

La superficie des marais et des marécages de la Côte-de-Beaupré estimée par la présente analyse s'élève à 1286 ha en 1990-1991, soit 63 p. 100 des milieux humides répertoriés dans le secteur. Nos résultats révèlent pour cette portion du secteur un bilan net négatif. Des pertes de 94 ha, attribuables à l'agriculture, à l'urbanisation et à la conversion vers des friches, sont observées. Par ailleurs, des gains sont aussi enregistrés (24 ha) à Beaupré et à Périgny. Enfin, les changements au sein des milieux humides sont relativement mineurs et illustrent une légère tendance vers des conditions plus sèches.

5.1.10 Le moyen estuaire : de l'eau douce à l'eau salée

Le moyen estuaire, dans son ensemble, abrite 4854 ha (Mousseau *et al.*, 1998) de milieux humides. Près de la moitié de ceux-ci (2388 ha) sont des bas marais dominés par *Schoenoplectus pungens*, localisés dans la Réserve nationale de faune du cap Tourmente, à Montmagny, au cap Saint-Ignace, dans l'archipel de Montmagny et à L'Islet-sur-Mer. À cela s'ajoute la présence importante de marais salés, dominés par *Spartina alterniflora* (953 ha) ou *Spartina patens* (232 ha), et d'herbaciaies salées (777 ha), liées à la transition vers des milieux maritimes.

Plus de 500 ha de milieux humides ont été modifiés entre 1945 et 1988 (Gosselin, 2003). Ces changements sont attribués principalement aux activités maritimes, portuaires et agricoles et se concentrent sur l'île aux Oies et l'île aux Grues, de même que dans la région de Kamouraska. De plus, l'érosion touche les hauts marais au cap Tourmente et à Rivière-du-Loup (Gosselin, 2003).

La superficie des marais et marécages de la région du cap Tourmente, estimée en 1990-1991, s'élève à 459 ha, soit 10 p. 100 des milieux humides répertoriés dans le secteur du moyen estuaire. Des pertes de 48 ha, principalement attribuables à la progression de l'agriculture, sont observées entre les années 1970 et 1990-1991.

De son côté, la superficie des marais et marécages de la région de Kamouraska est estimée en 1990-1991 à 289 ha, soit 6 p. 100 des milieux humides répertoriés dans ce secteur.

Des pertes de 337 ha et des gains de 30 ha sont observées entre la fin des années 1970 et 1990-1991. Les plus importantes pertes totalisent 169 ha de marais et sont causées par la construction d'aboteaux. De plus, l'urbanisation et l'assèchement pour la création de terres agricoles ont fait disparaître 93 ha de milieux humides. À l'opposé, certaines zones (30 ha) qui étaient dénudées dans les années 1970 sont colonisées par la végétation en 1990-1991.

5.1.11 L'estuaire maritime : une couverture très partielle

On évalue à 4386 ha la superficie des milieux humides dans l'estuaire maritime (Létourneau, 1996). Ces milieux se répartissent en herbaçaias salées (1072 ha), en marais dominés par *Spartina patens* (285 ha) ou par *Spartina alterniflora* (1487 ha) et en environ 2300 ha d'herbiers dominés par *Zostera maritima* (Gagnon, 1996).

Entre 1945 et 1988, les modifications physiques ont touché près de 400 ha de milieux humides, principalement des estrans, des marais et des estuaires de rivières (Gosselin, 2003). Le remblayage et les modifications de l'écoulement ont été les plus importantes pressions sur les milieux riverains.

Notre faible couverture du secteur ne nous permet pas de dégager un constat représentatif.

5.2 DE 1990 À 2002 : UNE CERTAINE STABILISATION

En utilisant les résultats de la présente étude, il est possible de mettre à jour le portrait de l'évolution des milieux humides du fleuve Saint-Laurent. En utilisant en particulier les deux importantes couvertures de 1990-1991 et de 2000-2002, il nous est possible de documenter la dynamique récente observée dans les milieux humides.

5.2.1 Lac Saint-François

La présente analyse montre que la superficie des milieux humides du lac Saint-François est demeurée la même par rapport à 1990-1991 et est estimée à au moins 2043 ha. On observe une légère tendance vers des conditions plus sèches, surtout expliquée par la progression toujours visible des marécages arbustifs au détriment des marais dans la Réserve nationale de faune du lac Saint-François. On observe toutefois la régression de hauts marais vers des bas marais à la pointe Leblanc.

Dans le cas des plantes envahissantes, des superficies dominées par *Lythrum salicaria* sont identifiées. De plus, *Phragmites australis*, *Myriophyllum spicatum* et *Hydrocharis morsus-ranae* sont présentes, mais leur étendue n'a pas été estimée en raison des limites de détection des capteurs.

5.2.2 Valleyfield-Beauharnois

Les milieux humides du secteur Valleyfield-Beauharnois sont estimés en 2000-2002 à 102 ha, ce qui représente un léger accroissement par rapport à 1990-1991 (96 ha). L'estimation de la superficie des milieux humides est toutefois difficile dans ce secteur; moins de 70 p. cent des marais et des marécages identifiés sur les cartes de 1990-1991 et de 2000-2002 sont retenus, le reste présentant des incohérences, particulièrement en milieu agricole.

Des pertes au profit de l'eau libre sont visibles à la pointe du Buisson et à Pointe-des-Cascades; des gains sont observés autour des bassins de décantation situés sur la rive nord du canal. Dans ces mêmes bassins, l'abondance de *Phragmites australis* constitue toujours un problème important.

5.2.3 Lac Saint-Louis

Les milieux humides du lac Saint-Louis sont estimés en 2000-2002 à au moins 685 ha, soit seulement 41 ha de plus qu'en 1990-1991. Toutefois, seulement 67 p. cent des milieux humides identifiés ont été retenus pour fins de comparaison. Les zones difficiles à identifier sont concentrées sur l'île Dowker de même que dans la réserve indienne de Kahnawake.

Les gains se concentrent sur la rive sud des îles de la Paix et se font au détriment de l'eau libre. De plus, les espèces envahissantes sont bien présentes et dynamiques dans ce secteur. En effet, *Phalaris arundinacea* et *Phragmites australis* accroissent leur invasion, respectivement à la Réserve nationale de faune des îles de la Paix et à l'île Saint-Bernard, et à l'extrémité ouest de la réserve indienne de Kahnawake.

5.2.4 Bassins de La Prairie

Alors que le Groupe Dryade (1980) a estimé à 82 ha la superficie des milieux humides du secteur des bassins de La Prairie, nous n'avons détecté que 2 ha, dominés par *Phragmites*

australis, localisés près du terrain de golf de La Prairie. Cependant, les dernières cartographies ont sous-estimé la superficie des milieux humides de ce secteur.

5.2.5 Montréal-Longueuil

Le secteur de Montréal-Longueuil compte, en 2000-2002, au moins 309 ha de milieux humides. Cela représente une perte nette de 13 ha par rapport à 1990-1991. Des fluctuations des niveaux d'eau sont à l'origine de la majorité des changements observés (des gains comme des pertes) et se concentrent dans l'archipel des îles de Boucherville. Une légère tendance vers des conditions plus sèches est observée durant cette période, avec un assèchement relatif de bas marais qui sont de plus en plus colonisés par *Phalaris arundinacea*. En plus, *Phragmites australis* progresse toujours dans les Grandes battures Tailhandier.

5.2.6 Varennes-Contrecoeur

Dans le secteur Varennes-Contrecoeur, la superficie des milieux humides est estimée à 934 ha en 2000-2002, un gain net de 74 ha par rapport à 1990-1991. Des pertes, de même que des gains, sont enregistrés au profit ou au détriment de l'eau libre, sans toutefois que tous ceux-ci puissent être reliés à des fluctuations du niveau de l'eau. Les gains se concentrent notamment dans la Réserve nationale de faune des îles de Contrecoeur, de même qu'en bordure de l'île Bouchard.

Parmi les espèces végétales envahissantes, la plus abondante dans ce secteur est *Phalaris arundinacea* (490 ha). Des bas marais et des marécages se transforment ainsi en hauts marais, complètement dominés par cette espèce. De plus, *Phragmites australis* est aussi présent dans le secteur.

5.2.7 Lac Saint-Pierre

La superficie occupée par les marais et les marécages au lac Saint-Pierre est estimée en 2000-2002 à 16 098 ha. Ce secteur a subi, entre 1990-1991 et 2000-2002, des pertes nettes de l'ordre de 82 ha. Ce nombre cache une grande dynamique des milieux, où des pertes totalisant 1949 ha sont enregistrées, au profit de l'eau libre, de l'agriculture et de sols nus. À l'opposé, des gains de 1873 ha de milieux humides sont observés et sont attribuables à la baisse des niveaux d'eau du lac.

Par ailleurs, les milieux humides de ce secteur montrent une tendance vers des conditions plus sèches. Ainsi, bien que des transformations internes régressives soient observées, les changements vers des milieux humides plus secs prédominent, dont l'apparition de marécages et de hauts marais dominés par *Phalaris arundinacea*. Cela a pour effet d'établir la superficie occupée par cette espèce envahissante à au moins 2911 ha. De plus, *Phragmites australis* est présent à quelques endroits, notamment à la baie de Lavallière.

5.2.8 Estuaire fluvial

C'est dans l'estuaire fluvial que l'on observe la plus importante augmentation de la superficie des marais et marécages en 1990-1991 et 2000-2002. En effet, 447 ha de nouveaux marais apparaissent près de Bécancour, des battures de Gentilly et de Saint-Pierre, de Deschambault et de Sainte-Croix. Ce phénomène est spectaculaire, en dépit de la perte de 35 ha de milieux humides, due à l'agriculture, dans la région de Sainte-Anne-de-la-Pérade. Ces apparitions de milieux humides se font au détriment de l'eau libre et ne semblent pas être explicables par les fluctuations des niveaux de l'eau et l'effet des marées.

Une légère tendance vers des conditions plus sèches est visible, mais n'implique que de faibles superficies. Enfin, aucun marais dominé par des plantes envahissantes n'a été détecté durant cette période.

5.2.9 Québec-Lévis

Du côté du secteur de Québec-Lévis, la superficie des milieux humides est demeurée la même, soit 951 ha. Plusieurs incohérences sont présentes, en raison des multiples dates d'acquisition des images, de sorte que cette estimation représente une sous-évaluation. La présence de marées et diverses sources de confusions compliquent l'interprétation des données dans ce secteur.

En dépit de cela, des changements internes sont visibles au sein des milieux humides du secteur. Deux grandes tendances se dessinent. D'abord, 126 ha additionnels de marécages apparaissent, remplaçant principalement des marais, ce qui contribue à la légère tendance vers des conditions plus sèches mesurée durant cette période. En contrepartie, 110 ha de hauts marais et de marécages se convertissent en bas marais. L'érosion, importante dans le secteur, pourrait être une des causes probables de cette dernière transformation.

5.2.10 Moyen estuaire

Les milieux humides du moyen estuaire sont évalués en 2000-2002 à 5223 ha, ce qui représente une augmentation nette de 34 ha par rapport à 1990-1991. Les gains observés, attribuables en bonne partie à la création du site ornithologique du marais de Gros-Cacouna, dépassent les pertes observées qui sont dispersées le long de la rive sud.

Au sein des milieux humides du secteur, les plus frappantes transformations montrent le passage de 363 ha de hauts marais vers des bas marais. Ce phénomène s'observe, entre autres, au cap Tourmente, dans l'archipel de Montmagny et à Gros-Cacouna, des lieux où un problème d'érosion est identifié (Dionne, 1999).

Outre les problèmes d'érosion, le secteur comprend quelques sites où la présence d'espèces végétales envahissantes est importante. Ainsi, 46 ha de marais dominés par *Phragmites australis* sont présents dans l'archipel de Montmagny de même que le long de la rive sud, entre Saint-Roch-des-Aulnaies et La Pocatière. De plus, *Lythrum salicaria* est une espèce présente dans la région de La Pocatière.

5.2.11 Estuaire maritime

La très faible couverture, dans la présente étude, des milieux humides de l'estuaire maritime ne permet pas de généraliser sur l'état de la situation dans ce secteur. Les milieux humides situés sur la rive sud entre L'Isle-Verte et Trois-Pistoles sont estimés en 2000-2002 à 1632 ha, une augmentation de 174 ha par rapport à 1990-1991. Les gains se concentrent autour du quai de Trois-Pistoles, ainsi qu'à l'embouchure de la rivière des Trois Pistoles. Cette différence entre les deux périodes ne peut être expliquée ni par les fluctuations du niveau de l'eau, ni par l'effet des marées.

Comme cela a été déterminé pour le moyen estuaire, l'érosion semble être un facteur potentiel pour expliquer la conversion de 298 ha de hauts marais vers des bas marais. Ceux-ci se concentrent dans la Réserve nationale de faune de la baie de L'Isle-Verte.

6 Conclusion

Le présent exercice visait principalement à contribuer au Programme Suivi de l'état du Saint-Laurent par la mise en place d'un suivi récurrent des milieux humides du fleuve Saint-Laurent. Notre objectif est de rendre compte de la dynamique de ces milieux et de mettre en lumière le résultat des pressions récentes qui s'exercent sur ces écosystèmes d'importance.

Ce projet s'inspire d'importants travaux publiés qui visaient à comptabiliser les pertes en milieux humides survenues le long du fleuve Saint-Laurent. À cet égard, on peut citer les travaux réalisés par le Groupe Dryade (1981), Environnement Canada (1985), Robitaille *et al.* (1988) et Marquis *et al.* (1991).

Plus récemment, une étude a tenté de mettre à jour le portrait des milieux humides du Saint-Laurent (Gosselin, 2003). Or, ce travail n'a pu permettre, pour des raisons techniques, à l'auteur d'arriver à ses fins et il a dû se contenter de réexaminer la période entre 1945 et 1988.

Nous avons surmonté de nombreuses contraintes techniques pour comparer les résultats antérieurs aux données les plus récentes. Nous avons harmonisé les légendes des cartographies publiées par le Groupe Dryade (1980), et Létourneau et Jean (2005; 2006a; 2006b; 2006c), et nous avons documenté la dynamique des marais et des marécages entre les années 1970 et 2000-2002. Nos résultats montrent que l'évolution des superficies de milieux humides durant la période entre les années 1970 et 2000-2002 est très différente de celles observées entre 1945 et les années 1970. Plus précisément, la superficie des marais et des marécages (excluant les eaux peu profondes) a légèrement augmenté entre 1990-1991 et 2000-2002. Ainsi, ces milieux occupaient 28 228 ha en 1990-1991 et 28 992 ha en 2000-2002, soit une augmentation de 764 ha ou 2,7 p. 100. Les résultats sectoriels montrent cependant des dynamiques différentes. Des pertes nettes de milieux humides sont observées dans le secteur Montréal-Longueuil de même qu'au lac Saint-Pierre. À l'opposé, d'importants gains sont enregistrés dans l'estuaire fluvial, le moyen estuaire et une partie de l'estuaire maritime.

Par comparaison aux analyses antérieures, la particularité de la présente étude réside dans la prise en compte des gains en plus des pertes en superficies de milieux humides. Ainsi, nous n'avons pas mis l'accent, comme les études comparatives antérieures, sur la seule

identification des pertes des milieux humides. Notre perspective met plutôt en lumière la grande dynamique des faciès des milieux humides du Saint-Laurent, où plusieurs facteurs, dont les niveaux de l'eau et les marées, exercent des effets importants sur l'estimation des superficies. Par ailleurs, de nombreux changements survenus au sein même des milieux humides renforcent l'image dynamique de ces écosystèmes. On dénote dans plusieurs secteurs du fleuve une tendance vers un assèchement relatif des milieux humides. Bien que cette tendance puisse être naturelle, il nous est permis d'émettre l'hypothèse que la baisse des niveaux d'eau enregistrée durant les dix dernières années et l'eutrophisation aient pu accélérer ce phénomène.

Le constat des dix dernières années nous semble encourageant. À nos yeux, les efforts de conservation et de restauration réalisés le long du Saint-Laurent par de multiples organisations ont porté fruits. Parmi ceux-ci, la création, le long du Saint-Laurent, des réserves nationales de faune et des refuges d'oiseaux migrateurs a marqué une étape déterminante dans la préservation des superficies de milieux humides résiduelles. Cela ne diminue en rien, toutefois, la nécessité de réaliser que les milieux humides subissent encore d'importantes pressions. Bien que la tendance à la disparition des milieux humides du Saint-Laurent semble pour le moment écartée, ce n'est pas le cas dans la vallée du Saint-Laurent où, particulièrement dans les conditions actuelles d'étalement urbain, les milieux humides subissent d'énormes pressions et des pertes continues en superficie. La vigilance est donc de rigueur; seul un engagement à long terme de protéger les milieux riverains du fleuve et de continuer ce suivi permettra de sauvegarder les habitats et de fournir l'information nécessaire pour statuer sur leur état et orienter les actions.

Afin d'améliorer notre diagnostic des milieux humides, et pour mieux estimer et suivre la contribution des milieux humides à la durabilité du fleuve Saint-Laurent, une réflexion est à faire. Celle-ci pourrait déboucher vers l'ajout d'autres dimensions que la simple mesure de la superficie. Une des avenues possibles consiste à joindre au suivi de la superficie, l'analyse récurrente des pressions ainsi que des fonctions et services écologiques des milieux humides du Saint-Laurent.

Références

- Anonyme. 1995. *NOAA Coastal Change Analysis Program (C-CAP): Guidance for Regional Implementation*, NOAA Coastal Services Center, Charleston, NOAA Technical Report NMFS 123, 140 p.
- Astrade, L., et Y. Bégin. 2003. « La dendrochronologie: un outil de diagnostic et d'évaluation du fonctionnement des hydrosystèmes », dans *Les forêts riveraines des cours d'eau : écologie, fonctions et gestion*, H. Piégay, G. Pautou et C. Ruffinoni (éd.), Institut pour le développement forestier, Paris, p. 204-216.
- Auclair, M.-J. 1994. *Bilan régional – Lac Saint-François*, Centre Saint-Laurent, Environnement Canada, région du Québec, Montréal, Saint-Laurent Vision 2000, 52 p.
- Auclair, M.-J. 1995a. *Bilan régional – Lac Saint-Louis*, Centre Saint-Laurent, Environnement Canada, région du Québec, Montréal, Saint-Laurent Vision 2000, 121 p.
- Auclair, M.-J. 1995b. *Bilan régional – Secteur d'étude Montréal-Longueuil*, Centre Saint-Laurent, Environnement Canada, région du Québec, Montréal, Saint-Laurent Vision 2000, 65 p.
- Biorex Inc. 1998. *Numérisation de cartes des milieux humides du fleuve Saint-Laurent*. Biorex, Québec, rapport méthodologique, 13 p.
- Burton, J. 1991. *Le lac Saint-Pierre – Zone d'intervention prioritaire n° 11, Documents d'intégration*, Centre Saint-Laurent, Environnement Canada, région du Québec, Montréal, Saint-Laurent Vision 2000, 98 p.
- Carstensen, L.W. 1987. « A measure of similarity for cellular maps », *The American Cartographer*, 14 : 345-358.
- Centre Saint-Laurent. 1996. *Rapport-synthèse sur l'état du Saint-Laurent, Volume 2, L'état du Saint-Laurent*. Environnement Canada – région du Québec, Conservation de l'environnement – et Éditions MultiMondes, Montréal, Collection « BILAN Saint-Laurent ».
- Cohen, J. 1960. « A coefficient of agreement for nominal scales », *Educational and Psychological Measurement*, 20 : 37-46.
- Delisle, F. 2002. *L'utilisation des spécimens d'herbier dans la reconstitution historique des invasions biologiques des milieux humides du fleuve Saint-Laurent*, mémoire de maîtrise, Département d'aménagement, Faculté d'aménagement, d'architecture et des arts visuels, Université Laval, Québec, 37 p.

- Dionne, J.-C. 1999. *L'érosion des rives du Saint-Laurent: vue d'ensemble et état de la question*, Colloque régional sur l'érosion des berges : vers une gestion intégrée des interventions en milieu marin, Municipalité régionale de comté (MRC) de Manicouagan et Comité de la Zone d'intervention prioritaire (ZIP) de la rive nord de l'estuaire, Baie-Comeau, p. 2-19.
- Eastman, J.R., J.E. McKendry et M.A. Fulk. 1995. *Change and time series analysis, second edition*, United Nations Institute for Training and Research, Genève, 121 p.
- Environnement Canada. 1985. *Milieux humides le long du fleuve Saint-Laurent 1950-1978*, Direction générale des terres, région du Québec, Environnement Canada, Sainte-Foy, Document de travail n° 45, 29 p.
- Gagnon, M. 1996. *Bilan régional – Estuaire maritime du Saint-Laurent. Zone d'intervention prioritaire 18*, Centre Saint-Laurent, Environnement Canada, Direction de la conservation, région du Québec, Montréal, Rapport technique sur les zones prioritaires 15, 16 et 17, 100 p.
- Gosselin, C. 2003. *Modifications des milieux humides le long du Saint-Laurent entre 1945 et 1988*, rapport présenté à la Société de la faune et des parcs du Québec par la firme Robert Hamelin et associés, Saint-Laurent Vision 2000, 73 p. + annexes.
- Groupe Dryade. 1980. *Habitats propices aux oiseaux migrateurs le long des rives de la rivière Richelieu, de la rivière Outaouais, du fleuve Saint-Laurent, de l'estuaire du Saint-Laurent, de la côte nord du golfe du Saint-Laurent, de la péninsule gaspésienne et des Îles-de-la-Madeleine*, Service canadien de la faune, Environnement Canada, région de Québec, 65 p. et atlas de cartes à 1/20 000.
- Groupe Dryade. 1981. *Analyse des pertes de végétation riveraine le long du Saint-Laurent de Cornwall à Matane (1945 - 1976)*, Service canadien de la faune, Environnement Canada, région de Québec, Québec, Rapport n° 3683, 28 p.
- Groupe de travail national sur les terres humides. 1988. *Terres humides du Canada*, Direction du développement durable, Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa, et Polyscience Publications Inc., Montréal, 452 p.
- Hagen, A. 2003. « Fuzzy set approach to assessing similarity of categorical maps », *International Journal of Geographical Information Science*, 17 : 235-249.
- Hagen-Zanker, A., B. Straatman et I. Uljee. 2005. « Further developments of a fuzzy set map comparison approach », *International Journal of Geographical Information Science*, 17 : 769-785.
- Hudon, C., P. Gagnon et M. Jean. 2005. « Hydrological factors controlling the spread of common reed (*Phragmites australis*) in the St. Lawrence River (Québec, Canada) », *Écoscience*, 12 : 347-357.

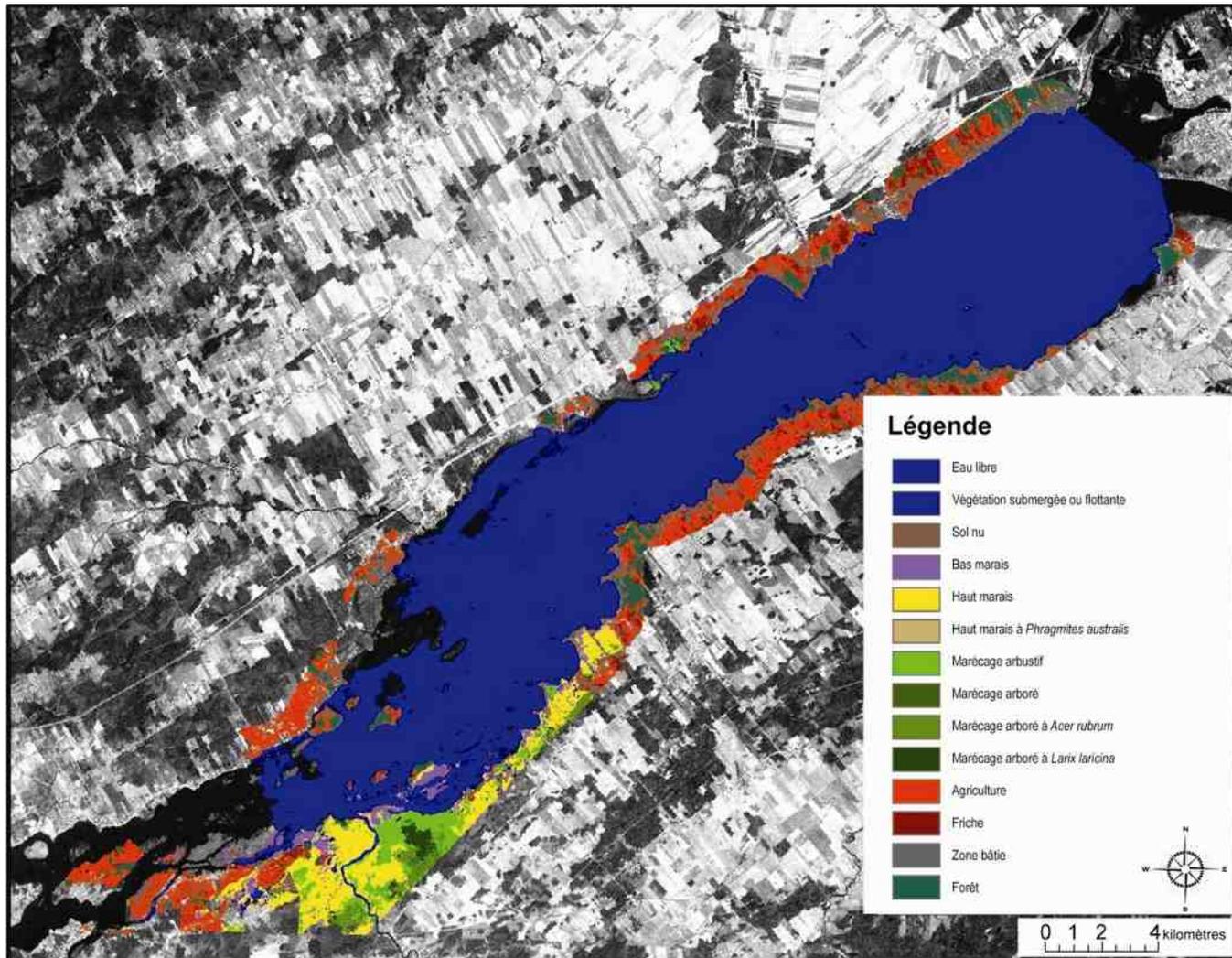
- Jacques, D., et C. Hamel. 1982. *Système de classification des terres humides du Québec*, Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Québec, 131 p.
- Jean, M., et A. Bouchard. 1991. « Temporal changes in wetland landscapes of a section of the St. Lawrence River, Canada », *Environmental Management*, 15 : 241-250.
- Jean, M., M. D'Aoust, L. Gratton et A. Bouchard. 1992. *Impacts of water level fluctuations on wetlands: Lake Saint-Louis case study*, Institut de recherche en biologie végétale, presented to The International Joint Commission, Water levels Reference Study, 79 p.
- Jensen, J.R. 2005. *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective*, Pearson Education, Upper Saddle River, NJ, 526 p.
- Jensen, J.R. 1993. « An evaluation of the coastwatch change detection protocol in South Carolina », *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 59 : 1039-1046.
- Létourneau, G. 1996. *Répertoire des activités de télédétection au Centre Saint-Laurent : Milieux humides du Saguenay, de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent et de la baie des Chaleurs*, Environnement Canada – Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent, Rapport scientifique et technique ST-82, 40 p.
- Létourneau, G., et M. Jean. 1996. *Cartographie des marais, marécages et herbiers aquatiques le long du Saint-Laurent par télédétection aéroportée*, Environnement Canada – Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent, Rapport scientifique et technique ST-61, 101 p.
- Létourneau, G., et M. Jean. 2005. *Cartographie par télédétection des milieux humides du Saint-Laurent (1990-1991)*, Environnement Canada – Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent, Rapport scientifique et technique ST-232, 99 p.
- Létourneau, G., et M. Jean. 2006a. *Cartographie par télédétection des milieux humides du Saint-Laurent (1996-1997)*, Environnement Canada, Direction générale des sciences et de la technologie, Monitoring et surveillance de la qualité de l'eau au Québec, Montréal, Rapport scientifique et technique ST-237, 126 p.
- Létourneau, G., et M. Jean. 2006b. *Cartographie par télédétection des milieux humides du Saint-Laurent (2000)*, Environnement Canada, Direction générale des sciences et de la technologie, Monitoring et surveillance de la qualité de l'eau au Québec, Montréal, Rapport scientifique et technique ST-238, 212 p.
- Létourneau, G., et M. Jean. 2006c. *Cartographie par télédétection des milieux humides du Saint-Laurent (2002)*, Environnement Canada, Direction générale des sciences et de la technologie, Monitoring et surveillance de la qualité de l'eau au Québec, Montréal, Rapport scientifique et technique ST-239, 130 p.

- Manel, S., H. Ceri Williams et S.J. Ormerod. 2001. « Evaluating presence-absence models in ecology: The need to account for prevalence », *Journal of Applied Ecology*, 38 : 921-931.
- Marie-Victorin, F.E.C. 1997. *Flore laurentienne – 3^e édition mise à jour et annotée*. Les presses de l'Université de Montréal, Première réimpression revue et corrigée, Montréal.
- Marquis, H., J. Therrien, P. Bérubé et G. Shooner. 1991. *Modifications physiques de l'habitat du poisson en amont de Montréal et en aval de Trois-Pistoles, de 1945 à 1988, et effets sur les pêches commerciales*, Pêches et Océans Canada, Québec, Rapport technique canadien des sciences halieutiques 1830F, 112 p.
- Melançon, M., et J.-L. Lethiecq. 1981. *Inventaire des sols et de la végétation des marais de la Réserve nationale de faune du lac Saint-François, Dundee (Québec)*, Direction générale des terres, région de Québec, Environnement Canada, 47 p.
- Mousseau, P., et A. Armellin. 1995. *Synthèse des connaissances sur les communautés biologiques du secteur d'étude Québec-Lévis*, Environnement Canada – Région du Québec, Direction de la conservation, Centre Saint-Laurent, Montréal, Rapport technique sur la zone prioritaire 14, 194 p.
- Mousseau, P., M. Gagnon, P. Bergeron, J. Leblanc et R. Siron. 1998. *Synthèse des connaissances sur les communautés biologiques de l'estuaire moyen du Saint-Laurent*. Environnement Canada – Région du Québec, Direction de la conservation, Centre Saint-Laurent, Montréal. Rapport technique sur les zones prioritaires 15, 16 et 17, 309 p.
- Painchaud, J., et S. Villeneuve. 2003. *Portrait global de l'état du Saint-Laurent : l'eau, les sédiments, les ressources biologiques et les usages*. Ministère de l'Environnement du Canada et Ministère d'État aux affaires municipales et à la Métropole, à l'Environnement et à l'Eau du Québec, Sainte-Foy, En4-25/2003F, 16 p.
- Plan Saint-Laurent. 2010. « Programme Suivi de l'état du Saint-Laurent ». [En ligne]. http://www.planstlaurent.qc.ca/sl_obs/ssl/accueil_f.html (consulté le 3 décembre 2010).
- Quilliam, L., et P. Millet. 1998. *Rapport sur l'état du Saint-Laurent – Mise à jour des indicateurs environnementaux du Rapport-synthèse sur l'état du Saint-Laurent. Supplément au Volume 2 – L'état du Saint-Laurent*, Équipe conjointe bilan, composée de représentants d'Environnement Canada, de Pêches et Océans Canada et du ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Montréal.
- Robitaille, J. 1997. *Bilan régional – Bassins de La Prairie (rapides de Lachine, grand et petit bassins de La Prairie). Zones d'intervention prioritaire 7 et 8*, Centre Saint-Laurent, Environnement Canada, région du Québec, Montréal, Saint-Laurent Vision 2000, 83 p.

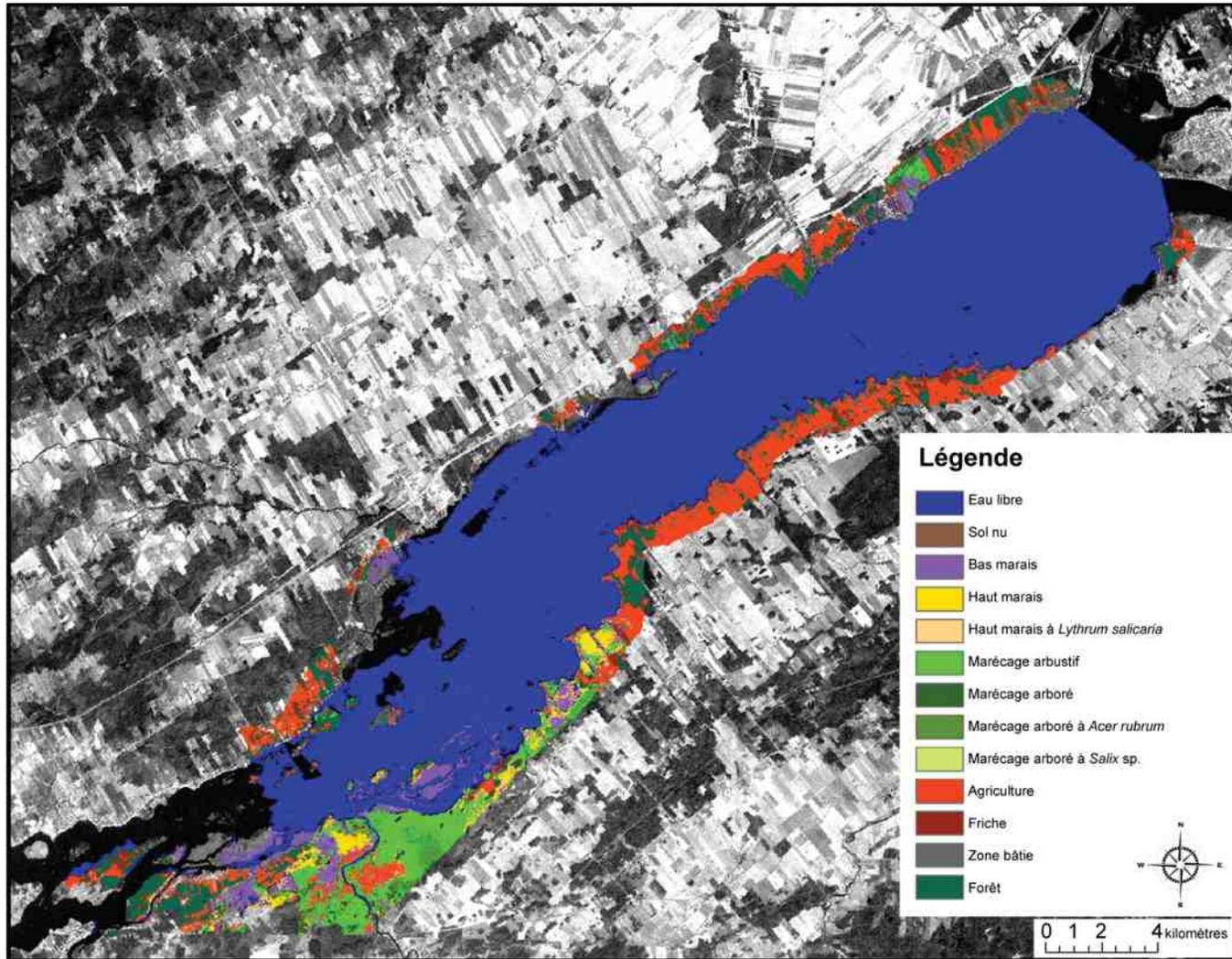
- Robitaille, J. 1998a. *Bilan régional – Valleyfield-Beauharnois. Zones d'intervention prioritaire 3 et 4*, Centre Saint-Laurent, Environnement Canada, région du Québec, Montréal, Saint-Laurent Vision 2000, 85 p.
- Robitaille, J. 1998b. *Bilan régional – Varennes-Contrecoeur. Zone d'intervention prioritaire 10*, Centre Saint-Laurent, Environnement Canada, région du Québec, Montréal, Saint-Laurent Vision 2000, 64 p.
- Robitaille, J. 1998c. *Bilan régional – Pointe-du-Lac-Deschambault. Zone d'intervention prioritaire 12*, Centre Saint-Laurent, Environnement Canada, région du Québec, Montréal, Saint-Laurent Vision 2000, 91 p.
- Robitaille, J. 1998d. *Bilan régional – Portneuf-Saint-Nicolas. Zone d'intervention prioritaire 13*, Centre Saint-Laurent, Environnement Canada, région du Québec, Montréal, Saint-Laurent Vision 2000, 78 p.
- Robitaille, J.A., Y. Vigneault, G. Shooner, C. Pomerleau et Y. Mailhot. 1988. *Modifications physiques de l'habitat du poisson dans le Saint-Laurent, de 1945 à 1984 et effets sur les pêches commerciales*, Ministère des Pêches et des Océans, Québec, Rapport technique canadien des sciences halieutiques 1608, 45 p. et atlas cartographique.
- Rosenfield, G.H., et K. Fitzpatrick-Lins. 1986. « A coefficient of agreement as a measure of thematic classification accuracy », *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 52 : 223-227.
- Visser, H., et T. De Nijs. 2006. « The Map Comparison Kit », *Environmental Modelling & Software*, 21 : 346-358.
- Zadeh, L. 1965. « Fuzzy sets », *Information and Control*, 8 : 338-353.

Annexes

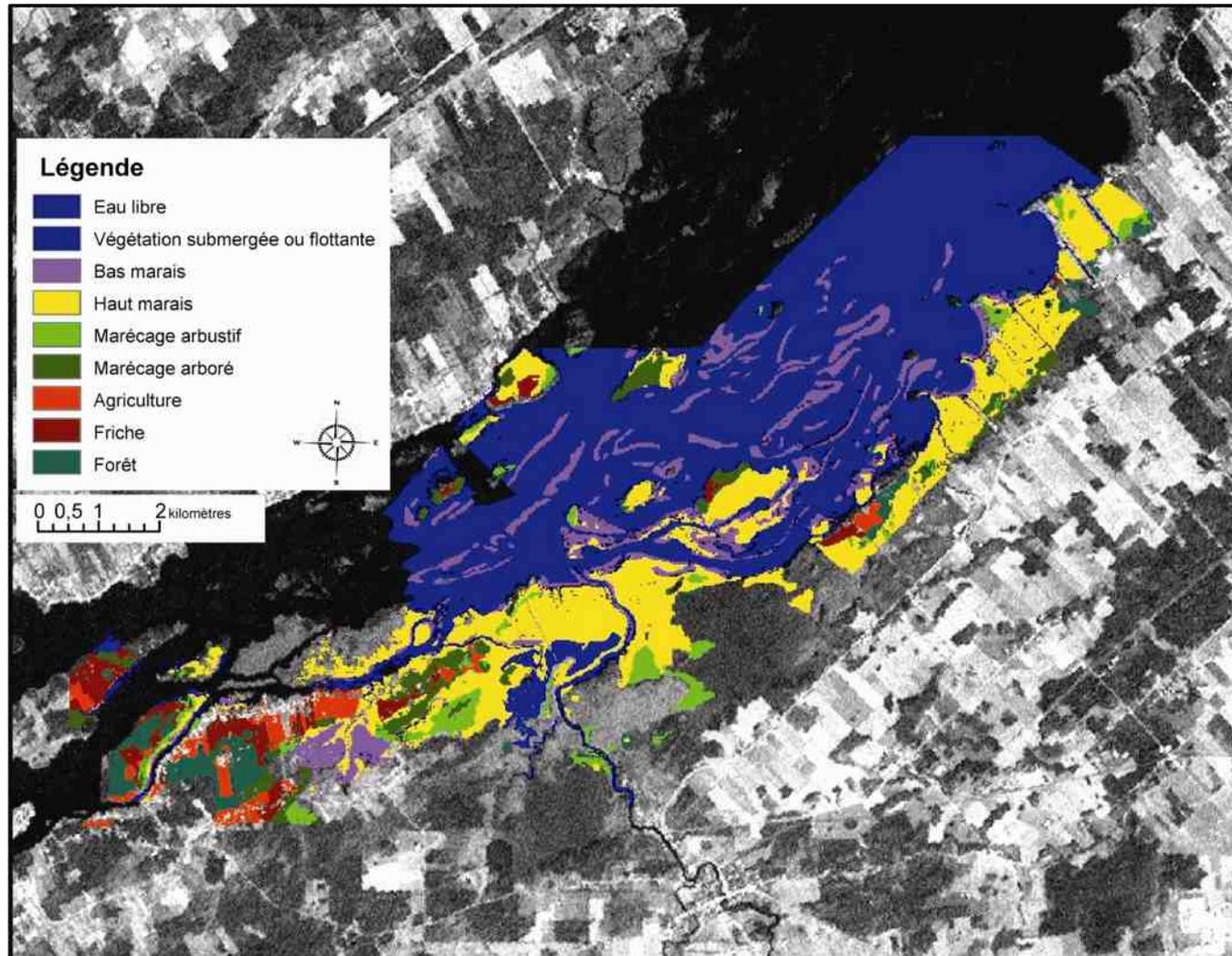
1 Milieux humides du lac Saint-François en 1990-1991



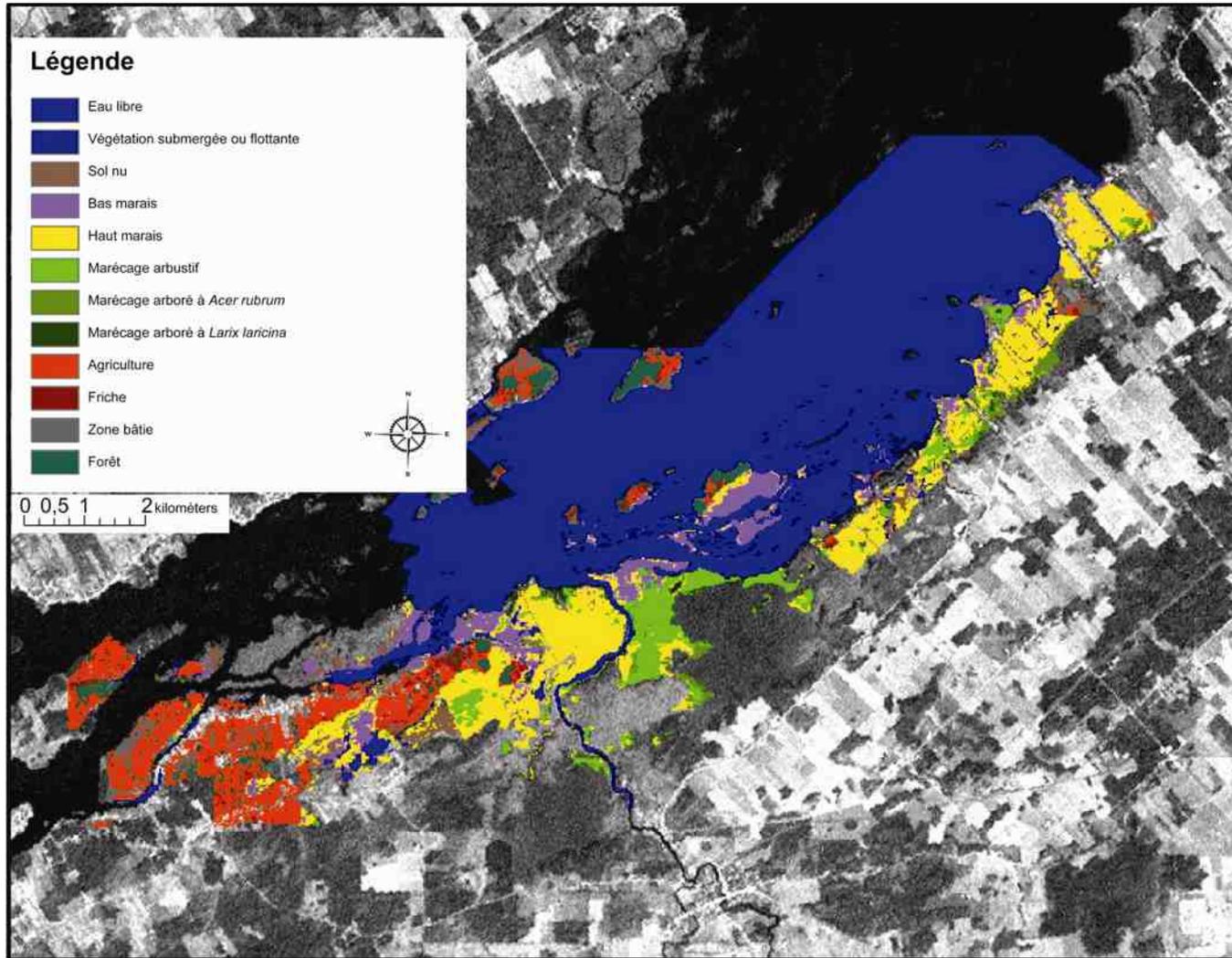
2 Milieux humides du lac Saint-François en 2000-2002



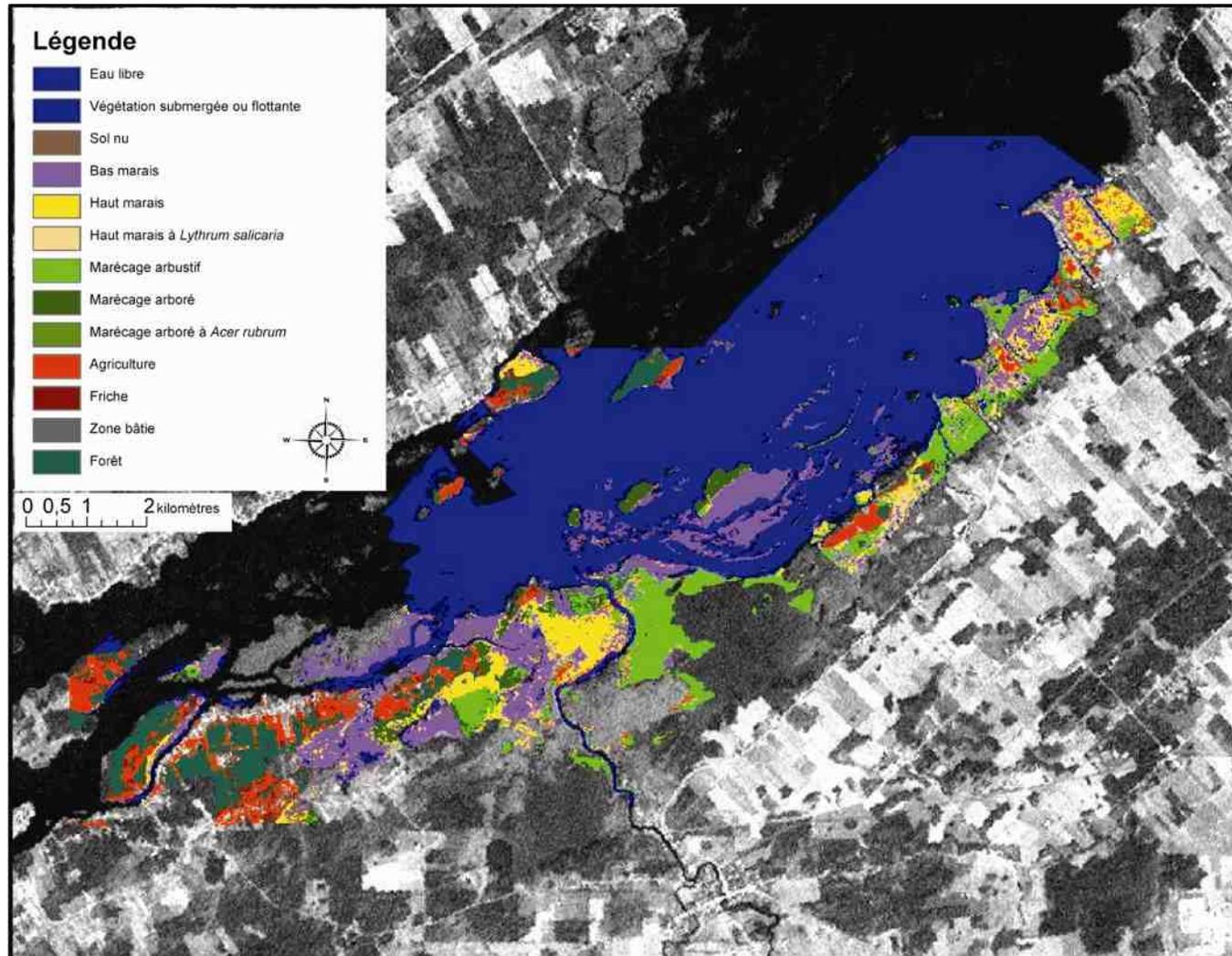
3 Milieux humides de la portion du lac Saint-François analysée en 1970-1978



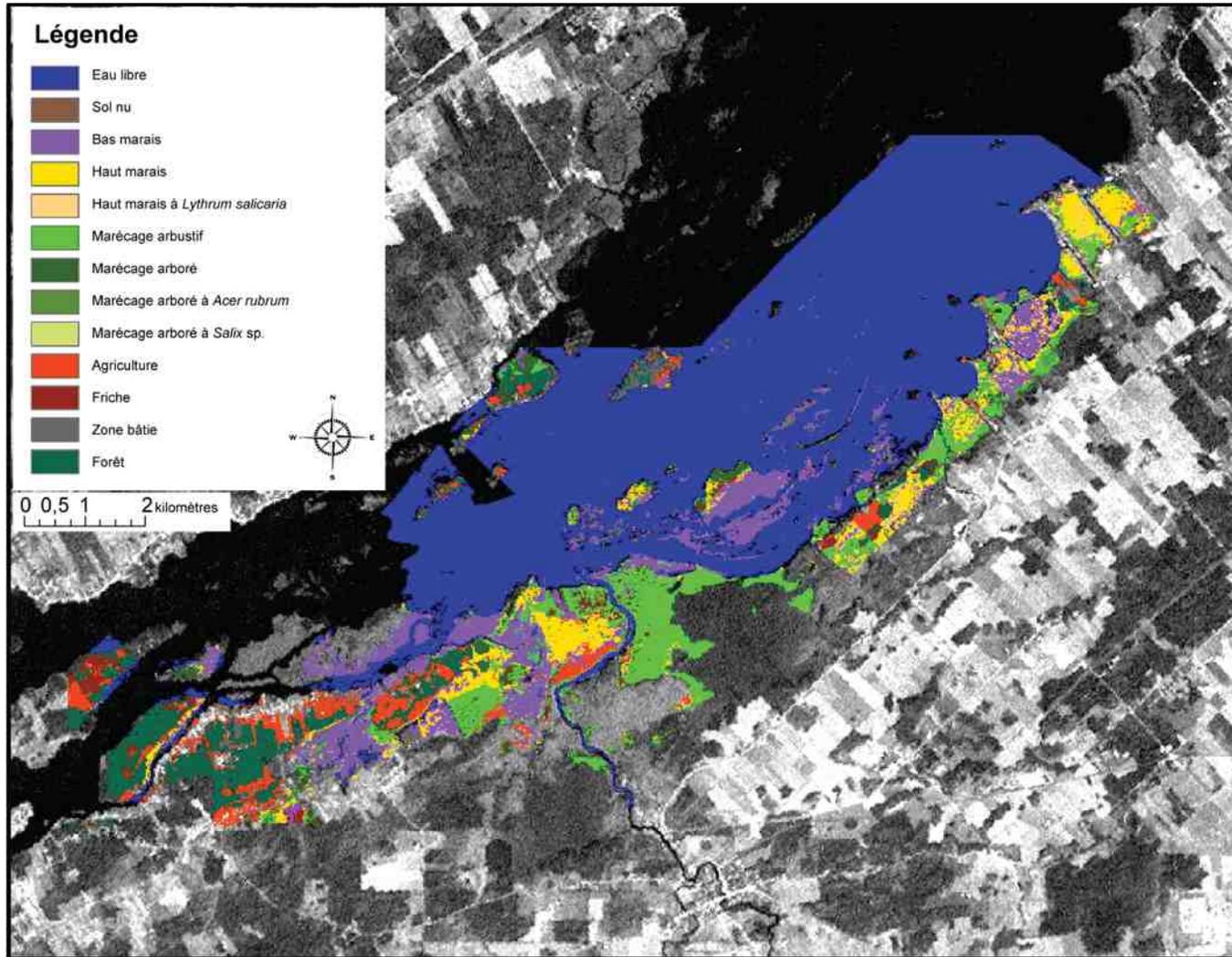
4 Milieux humides de la portion du lac Saint-François analysée en 1990-1991



5 Milieux humides de la portion du secteur du lac Saint-François analysée en 1996-1997



6 Milieux humides de la portion du lac Saint-François analysée en 1996-1997



7 Pertes et gains non retenus pour le lac Saint-François

Entre 1990-1991 et 2000-2002

Les principales pertes non retenues (267 ha) sont attribuables à une transformation de hauts marais vers la culture et le pâturage. Cette transformation s'observe dans la portion ouverte de la Réserve nationale de faune du lac Saint-François, de la réserve indienne de Saint-Régis–Akwasasne et du secteur de la pointe Fraser. Ces changements s'expliquent probablement par une confusion entre des pâturages et les hauts marais relativement secs et denses. Par ailleurs, 114 ha de milieux humides en 1990-1991, majoritairement des marais, ont été identifiés comme friche en 2000-2002. Les mêmes raisons peuvent vraisemblablement expliquer cette confusion.

De plus, 78 ha de milieux humides en 1990-1991 sont apparus comme de l'eau libre en 2000-2002. Ces changements sont observés le long de la rive sud du lac et le long de certains ruisseaux. Le niveau du lac varie peu (station hydrométrique de Summerstown, Ontario – 02MC023 : 46,71 m le 26 juillet 1990, 46,76 m le 18 septembre 2000, 46,81 m le 19 septembre 2000 et 46,79 m le 8 août 2002; sources : HYDAT 2001 et Service de données sur le milieu marin, Pêches et Océans Canada), il est donc peu probable que ces changements aient été induits par des fluctuations du niveau de l'eau. En revanche, les différences pourraient être le résultat de problèmes de géométrie entre les deux images.

Un total de 55 ha de milieux humides sont identifiés comme des forêts terrestres en 2000-2002. Ces changements sont répartis le long de la rive sud, principalement de part et d'autre de la rivière aux Saumons, de la réserve indienne de Saint-Régis–Akwasasne et de la pointe Fraser. La majorité de ces changements est due à une surestimation des milieux humides en 1990-1991 (principalement des marécages), alors que le reste correspond plutôt à une surestimation des forêts en 2000-2002. Enfin, 44 ha de milieux humides sont identifiés comme zones bâties en 2000-2002. Ces changements ne sont pas concentrés dans des secteurs bien précis, mais répartis le long de certaines routes. Une confusion semble être présente, produite vraisemblablement par des problèmes de géométrie entre les deux cartes.

La totalité des gains observés n'est pas considérée dans notre analyse. Ces gains se répartissent en six types de changements. D'abord, 192 ha d'eau libre en 1990-1991 sont identifiés comme milieux humides en 2000-2002. Ces gains se concentrent surtout dans le secteur des îles faisant face à la pointe Fraser. Le phénomène est également observé dans la réserve

indienne de Saint-Régis–Akwasasne. Dans ces zones, l'eau libre aurait fait place à des marécages arborés, une évolution peu probable en une décennie. Il s'agirait plus vraisemblablement d'une surestimation des marécages dans la cartographie de 2000-2002.

Par ailleurs, 160 ha de terres agricoles sont identifiés comme milieux humides en 2000-2002. Ces derniers se concentrent sur la rive nord à la hauteur de Lancaster, de Notre-Dame-des-Rivières (près de Saint-Zotique), ainsi que dans la réserve indienne de Saint-Régis–Akwasasne. Les milieux humides nouvellement apparus vont des bas marais jusqu'aux marécages arborés. Ces changements semblent être la résultante d'une sous-estimation des milieux humides sur la cartographie de 1990-1991.

De plus, 102 ha de zones bâties, principalement sur la rive nord du lac Saint-François, sont identifiés comme milieux humides. Ces zones se retrouvent dans les secteurs de la pointe Beaudette, de la pointe Mouillée et de Lancaster sur la rive nord de même que près de la pointe Latreille et, dans une moindre importance, près de la pointe Fraser. Ces nouveaux milieux humides vont du bas marais jusqu'aux marécages arbustifs. Il nous semble plausible d'expliquer ces différences par une surestimation des zones bâties en 1990-1991. Un total de 92 ha de substrats a été identifié comme milieux humides en 2000-2002. Ils sont répartis dans les secteurs de la réserve indienne de Saint-Régis–Akwasasne, de la pointe Fraser et du marais Charlottenburgh. Il semble que ces changements soient le résultat d'une surestimation des sols nus en 1990-1991. Par ailleurs, 63 ha de friches en 1990-1991 se sont transformées en milieux humides en 2000-2002, principalement des marécages arbustifs. Ils se concentrent en bonne partie dans le secteur de Notre-Dame-des-Rivières. Il s'agirait vraisemblablement, comme dans le cas de la culture et des pâturages, d'une sous-estimation des milieux humides sur la cartographie de 1990-1991. Enfin, 47 ha de forêts terrestres en 1990-1991 se retrouvent comme milieux humides en 2000-2002. Ce type de changement s'observe dans le secteur de Notre-Dame-des-Rivières, de la réserve indienne de Saint-Régis–Akwasasne et de l'île Christatie. Il s'agirait encore une fois de confusion avec des forêts terrestres (comme sur l'île Christatie) ou d'une sous-estimation des milieux humides en 1990-1991 (comme c'est le cas à Notre-Dame-des-Rivières).

Entre 1970-1978 et 1990-1991

Un total de 172 ha de milieux humides identifiés par le Groupe Dryade (1981) ont été classés en 1990-1991 comme zones agricoles. Il semble que nous ayons affaire à une surestimation des milieux humides par Dryade, notamment autour des îles. L'absence d'information sur le territoire de la réserve indienne de Saint-Régis–Akwasasne ne nous permet pas de statuer sur les changements survenus sur ce territoire et donc de les conserver dans le présent exercice.

Par ailleurs, 85 ha de milieux humides ont été représentés comme sols nus en 1990-1991. Ces changements sont observés dans les secteurs de la pointe Fraser et de la réserve indienne de Saint-Régis–Akwasasne. Encore une fois, l'absence de connaissance sur le terrain du secteur de la réserve indienne ne nous permet pas de statuer sur ces changements, bien que la proximité de nuages nous porte à croire qu'il s'agit de confusion entre les classes.

Ensuite, 68 ha de milieux humides se sont transformés en forêts en 1990-1991. On les rencontre sur certaines îles (par exemple les îles Christatie, Thompson et Hamilton) de même que dans la réserve indienne. Tous les secteurs étant surélevés par rapport au niveau du lac (tel qu'indiqué par les courbes de niveau sur les cartes topographiques), il semble s'agir ici d'une surestimation des milieux humides sur la couverture la plus ancienne.

Par ailleurs, 50 ha de milieux humides sont incorrectement classifiés en zones bâties en 1990-1991. Ces changements n'ont pas été retenus, car il semble que la couverture de 1990-1991 présente des confusions entre classes, notamment entre les zones bâties et l'eau libre.

Enfin, 35 ha de milieux humides sont identifiés comme friche en 1990-1991. On observe ce phénomène principalement dans la réserve indienne de Saint-Régis–Akwasasne. Il semble qu'une surestimation des marécages par le Groupe Dryade (principaux milieux humides touchés par cette comparaison) et une surestimation des friches sur la couverture de 1990-1991 soient présentes, bien que cette dernière cartographie ait correctement identifié les friches comme milieux secs.

Parmi les gains observés qui ne sont pas retenus, 35 ha de forêts terrestres se sont retrouvés en milieux humides sur la couverture de 1990-1991. Ils se retrouvent sur des buttes morainiques situées dans la Réserve nationale de faune du lac Saint-François. Il s'agit ici principalement d'une confusion entre des marécages arborés et des forêts mésiques. Une

inondation des forêts terrestres s'est également produite à la suite de la mise en place de structures de contrôle du niveau de l'eau dans le secteur de la pointe Fraser; ce secteur était vraisemblablement couvert par des forêts terrestres auparavant (Melançon et Lethiecq, 1981).

De plus, 16 ha de zones agricoles se sont retrouvés en milieux humides en 1990-1991. Ce phénomène s'observe à la pointe Fraser et dans la réserve indienne de Saint-Régis–Akwasasne. Il semble que les milieux humides aient été surestimés lors de l'analyse de la couverture de 1990-1991.

Entre 1990-1991 et 1996-1997

Les plus grandes pertes non retenues de milieux humides se caractérisent par l'apparition en 1996-1997 de 102 ha de cultures et de pâturages. Ceux-ci s'observent dans les secteurs de la pointe Fraser, de la pointe Hopkins, de la pointe Leblanc et de Plage-Somerville. Il semble que des terres à vocation agricole aient été confondues avec des milieux humides dans l'analyse de la couverture photographique de 1990-1991. Viennent au second rang, les pertes dues à l'apparition de l'eau libre (72 ha). Une surestimation de l'eau libre en 1996-1997, en plus d'anomalies géométriques, expliquent les différences entre les cartes que nous n'avons pas considérées.

De plus, 19 ha de milieux humides ont été classés en forêts terrestres. Ces superficies se retrouvent un peu partout, dans la réserve indienne de Saint-Régis–Akwasasne, dans la Réserve nationale de faune du lac Saint-François et à la pointe Fraser. Une confusion avec les forêts serait à l'origine de cette différence. Enfin, 11 ha de milieux humides sont devenus des sols nus en 1996-1997. Ces changements n'apparaissent pas de manière concentrée et semblent être attribuables à des confusions diverses.

La majeure partie des gains observés, soit 200 ha, est liée à la transformation d'une zone d'eau libre en milieux humides. On observe ce phénomène dans la réserve indienne de Saint-Régis–Akwasasne, le long de la rivière aux Saumons et autour des îles en face de la Réserve nationale de faune du lac Saint-François. Le niveau d'eau ne variant presque pas au lac Saint-François, l'hypothèse des fluctuations des niveaux d'eau ne peut être retenue. On a probablement affaire à une confusion entre, d'une part, des herbiers submergés ou flottants et, d'autre part, des bas marais.

Par ailleurs, 76 ha de sols nus ont été classifiés en milieux humides en 1996-1997. Un problème de classification en 1990-1991 survenu probablement à cause du miroitement du soleil sur l'eau est à l'origine de la confusion. Ensuite, 72 ha de zones agricoles ont été classifiés comme milieux humides en 1996-1997. On les observe dans la réserve indienne de Saint-Régis-Akwesasne ainsi que sur certaines îles (par exemple, île Christatie). Comme nous savons que la couverture de 1990-1991 a des lacunes dans la réserve indienne de Saint-Régis-Akwesasne, nous sommes d'avis que nous avons affaire à de faux changements. De plus, une surestimation des milieux humides dans les îles de la portion sud-ouest du lac est vraisemblablement présente sur la cartographie de 1996-1997.

Un total de 31 ha de zones bâties ont été classifiées en 1996-1997 comme milieux humides. Le phénomène est visible principalement sur l'île Hamilton. Ici, il est probable qu'une surestimation des zones bâties sur les îles se soit produite en 1990-1991. Dans le cas des forêts, 28 ha ont été classifiés en milieux humides (particulièrement des marécages). La difficile identification des buttes morainiques enclavées dans les milieux humides est la cause de ce problème. De même, 18 ha de friches ont été classifiés en milieux humides alors qu'elles se situent sur les mêmes buttes morainiques.

Entre 1996-1997 et 2000-2002

Les principales pertes non retenues s'observent par l'apparition d'eau libre (95 ha). Ces pertes sont réparties le long des rives. Des problèmes de géométrie sont vraisemblablement à l'origine de faux changements. Par ailleurs, 60 ha de milieux humides sont représentés en 2000-2002 par des zones agricoles. Le phénomène s'observe principalement dans la réserve indienne de Saint-Régis-Akwesasne. Une meilleure validation sur le terrain des cartographies précédentes et certaines incohérences expliquent ces différences non attribuables à de véritables changements.

Un total de 56 ha de milieux humides sont classés comme friches en 2000-2002. Ces changements sont localisés dans la réserve indienne de Saint-Régis-Akwesasne, la Réserve nationale de faune du lac Saint-François, ainsi que dans le secteur de la pointe Fraser. Des confusions touchant les friches (surestimation de milieux humides en 1996-1997 et de friches en 2000-2002) peuvent expliquer cette incohérence.

De plus, 41 ha de milieux humides ont été classifiés en zones bâties. La couverture de 2000-2002 montre vraisemblablement une surestimation des zones bâties. Disséminés sur le territoire, 16 ha de milieux humides sont identifiés en forêts terrestres en 2000-2001. Il s'agit probablement de confusions et de la difficulté à discriminer les marécages des forêts terrestres. Enfin, les 2,5 ha de milieux humides transformés en substrat sont vraisemblablement le résultat de confusions diverses.

Les principaux gains observés (tous ont été rejetés) ont été faits au détriment de l'eau libre (83 ha) et se répartissent un peu partout sur le territoire à l'étude. Bien qu'il puisse s'agir d'une transformation du couvert végétal (par exemple, le passage d'herbiers flottants vers des bas marais), il semble plus vraisemblable qu'un effet de bordure ou un décalage géométrique en soit la cause.

Par ailleurs, 76 ha de cultures et pâturages en 1996-1997 ont été identifiés comme milieux humides en 2000-2002. Le phénomène s'observe dans les secteurs de la réserve indienne de Saint-Régis-Akwesasne, autour de certaines buttes morainiques dans la Réserve nationale de faune du lac Saint-François, à la pointe Fraser, à Plage-Somerville, et aux pointes Leblanc et Latreille. Il semble être le résultat d'une surestimation des zones agricoles en 1996-1997.

De plus, 14 ha de sols nus en 1996-1997 ont été classifiés en milieux humides en 2000-2002. Ils s'observent de façon dispersée dans la réserve indienne de Saint-Régis-Akwesasne de même qu'en bordure de certaines îles (par exemple à l'île Christatie). Cette différence entre les deux cartes semble être en partie le résultat du miroitement de l'eau, qui occasionnerait une surestimation des sols nus en 1996-1997.

Par ailleurs, 12 ha de friches, disséminés un peu partout sur l'image (avec une faible concentration dans la réserve indienne de Saint-Régis-Akwesasne), se sont retrouvés en milieux humides en 2000-2002. Il semble s'agir d'une confusion entre la friche arbustive et le marécage arbustif.

Enfin, 11 ha de forêts terrestres ont été classifiés en milieux humides en 2000-2002. On les observe principalement dans la réserve indienne de Saint-Régis-Akwesasne de même qu'autour de certaines buttes morainiques de la Réserve nationale de faune du lac Saint-François. Encore ici, la difficulté à distinguer les marécages arborés des forêts terrestres est vraisemblablement en jeu.

8 Résultats des analyses de concordance Kappa pour le lac Saint-François

Entre 1990-1991 et 2000-2002

Indice	Valeur
Kappa	0,78
<i>KHisto</i>	0,89
<i>KLoc</i>	0,88
Fraction identique	0,90
Kappa flou	0,64
Fraction floue identique	0,91

Entre 1970-1978 et 1990-1991

Indice	Valeur
Kappa	0,52
<i>KHisto</i>	0,75
<i>KLoc</i>	0,70
Fraction identique	0,71
Kappa flou	0,14
Fraction floue identique	0,73

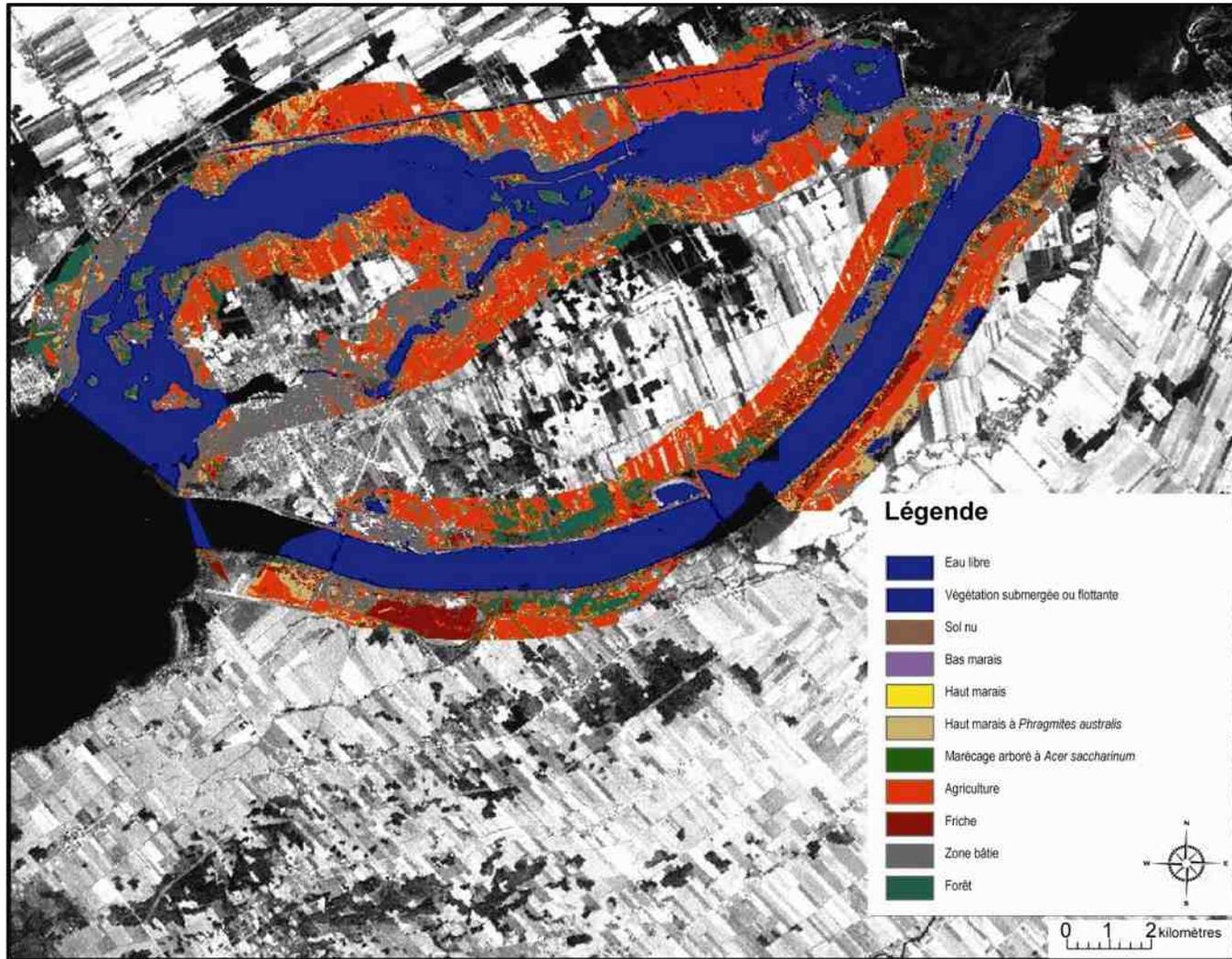
Entre 1990-1991 et 1996-1997

Indice	Valeur
Kappa	0,78
<i>KHisto</i>	0,89
<i>KLoc</i>	0,88
Fraction identique	0,90
Kappa flou	0,64
Fraction floue identique	0,91

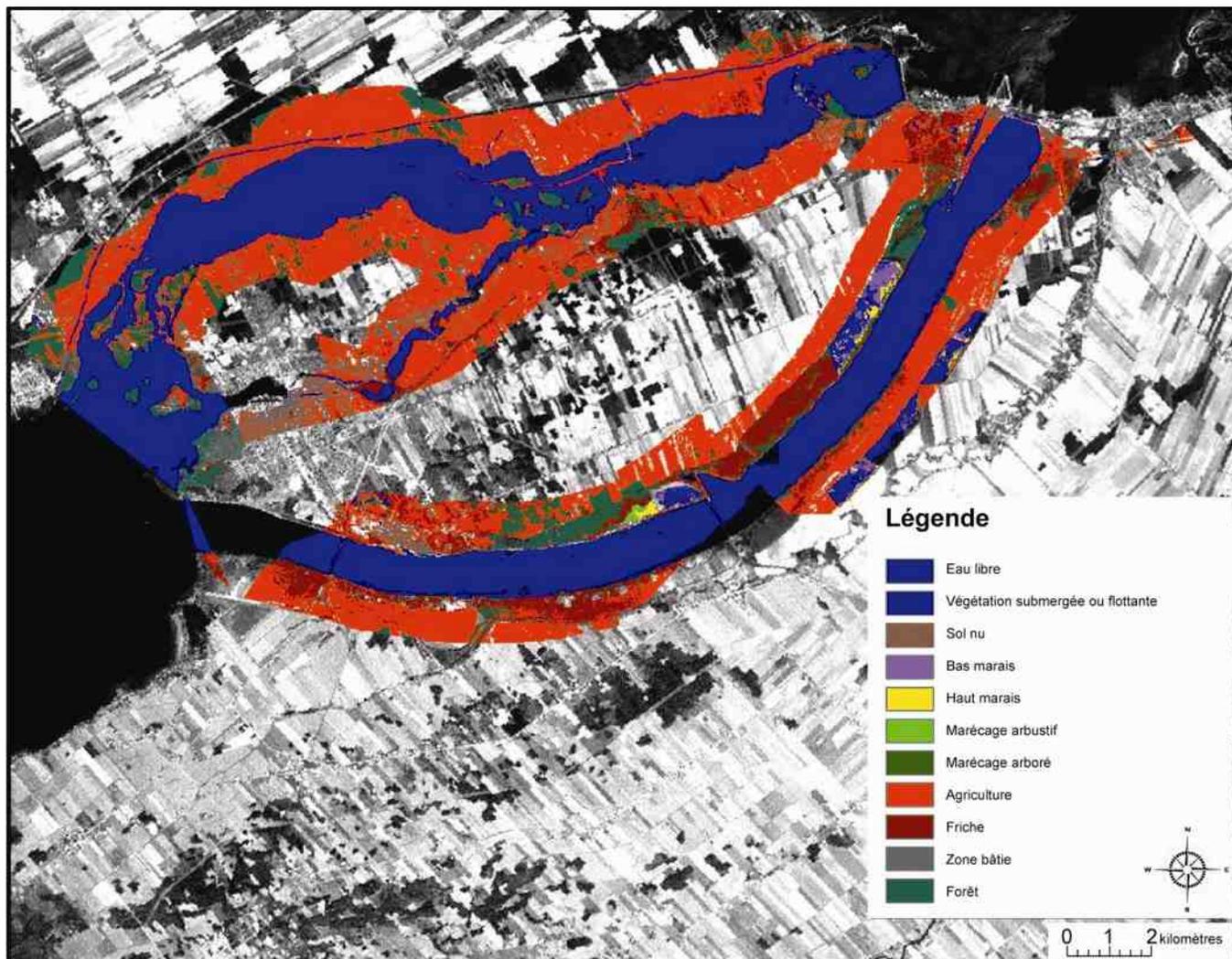
Entre 1996-1997 et 2000-2002

Indice	Valeur
Kappa	0,78
<i>KHisto</i>	0,89
<i>KLoc</i>	0,88
Fraction identique	0,90
Kappa flou	0,64
Fraction floue identique	0,91

9 Milieux humides du secteur Valleyfield-Beauharnois en 1990-1991



10 Milieux humides du secteur Valleyfield-Beauharnois en 2000-2002



11 Pertes et gains non retenus pour Valleyfield-Beauharnois

Entre 1990-1991 et 2000-2002

Parmi les pertes non retenues, la grande majorité (467 ha sur les 737 ha, soit 63 p. 100) est attribuable à une conversion des milieux humides (dont 455 ha dominés par *Phragmites australis*) en terres agricoles. Une importante surestimation de la superficie de *Phragmites australis* sur la cartographie produite en 1990-1991 est plus que probable, bien que la présence de cette espèce soit connue le long du canal de Beauharnois. Il est également possible que les populations de *Phragmites australis* aient été sous-estimées en 2000-2002, étant donné le manque de données de terrain dans ce secteur. Quoiqu'il en soit, ces transformations n'ont pas été retenues.

De même, 113 ha de milieux humides identifiés en 1990-1991 (principalement des hauts marais à *Phragmites australis*) ont été classifiés comme friches en 2000-2002. Ces sites sont majoritairement situés à l'intérieur des terres le long du canal de Beauharnois. Ces changements n'ont pas été retenus, car ils semblent correspondre à une surestimation des milieux humides sur la carte de 1990-1991. Par ailleurs, 60 ha de milieux humides (principalement des hauts marais à *Phragmites australis*) ont été identifiés comme des forêts en 2000-2002. Il s'agit encore ici d'une surestimation des hauts marais à *Phragmites australis* en 1990-1991.

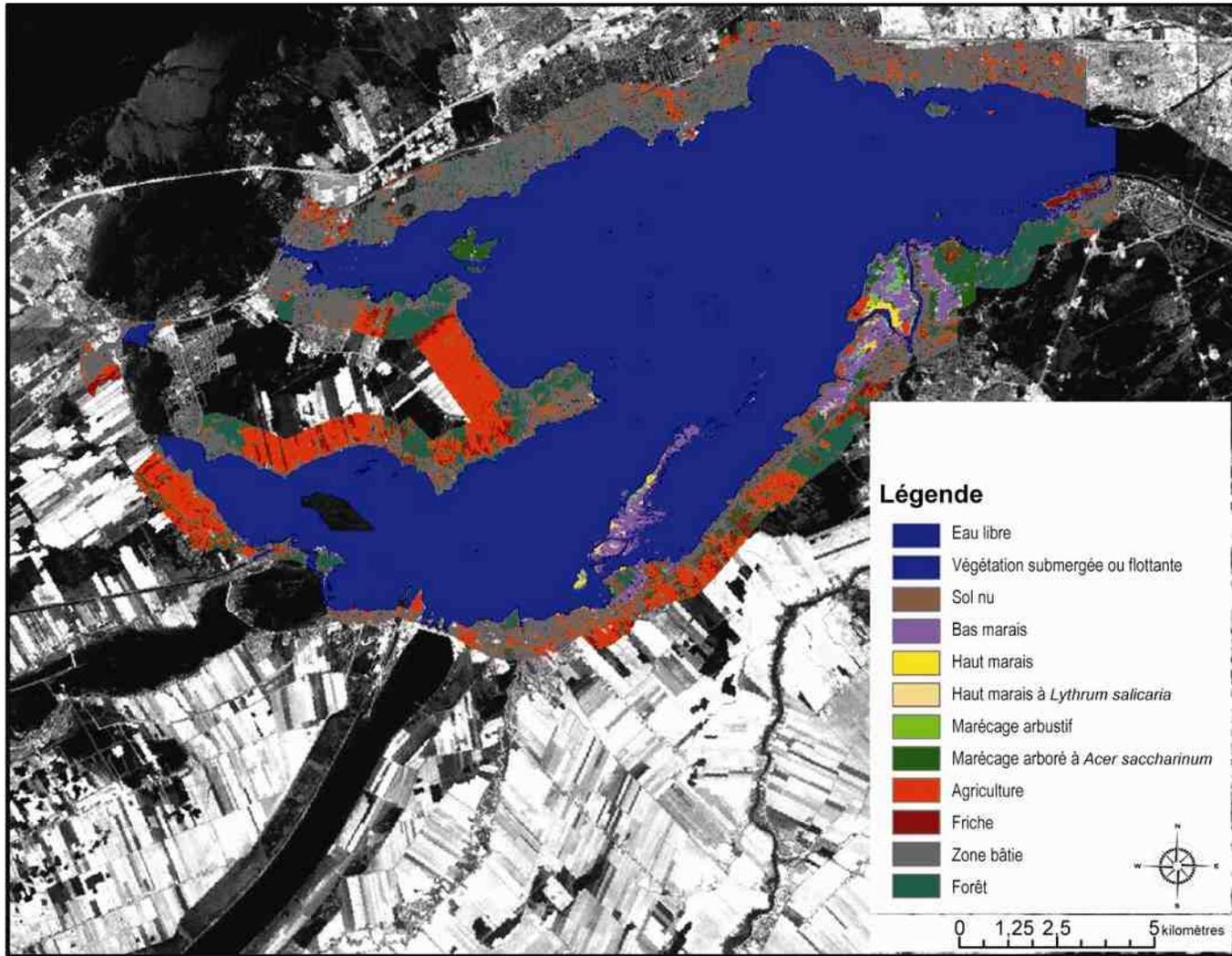
Les gains observés non retenus comprennent d'abord 28 ha de zones agricoles le long du canal de Beauharnois en 1990-1991 qui ont été identifiés comme milieux humides en 2000-2002, ce qui s'explique par une meilleure identification du secteur dans la carte la plus récente. Ensuite, 15 ha de friches se sont transformés en milieux humides, toujours autour des bassins de la rive nord du canal de Beauharnois. Ces transformations sont vraisemblablement le résultat de confusions lors de l'identification de la classe « friche » en 1990-1991.

12 Résultats des analyses de concordance Kappa pour le secteur Valleyfield-Beauharnois

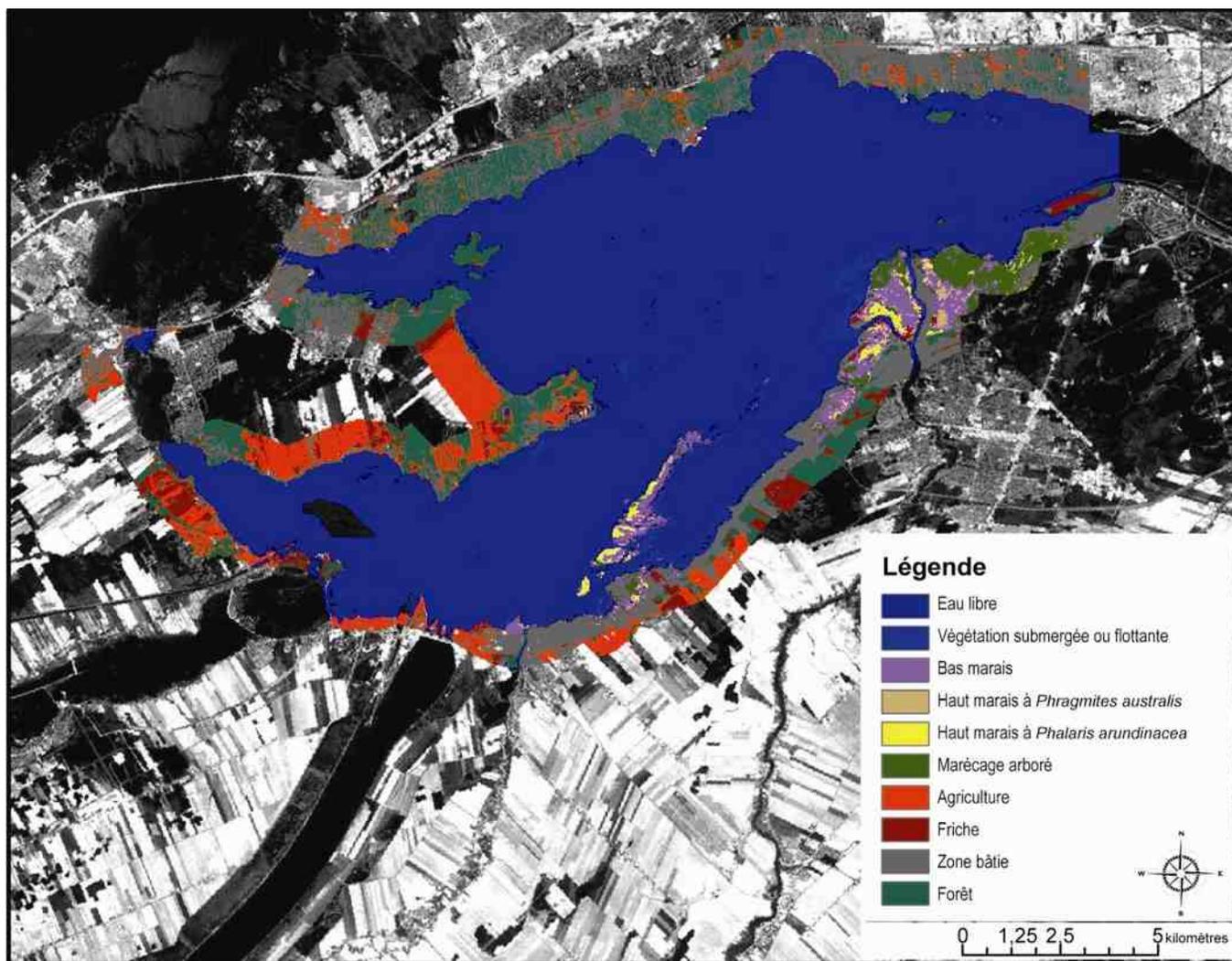
Entre 1990-1991 et 2000-2002

Indice	Valeur
Kappa	0,80
<i>KHisto</i>	0,90
<i>KLoc</i>	0,88
Fraction identique	0,90
Kappa flou	0,56
Fraction floue identique	0,91

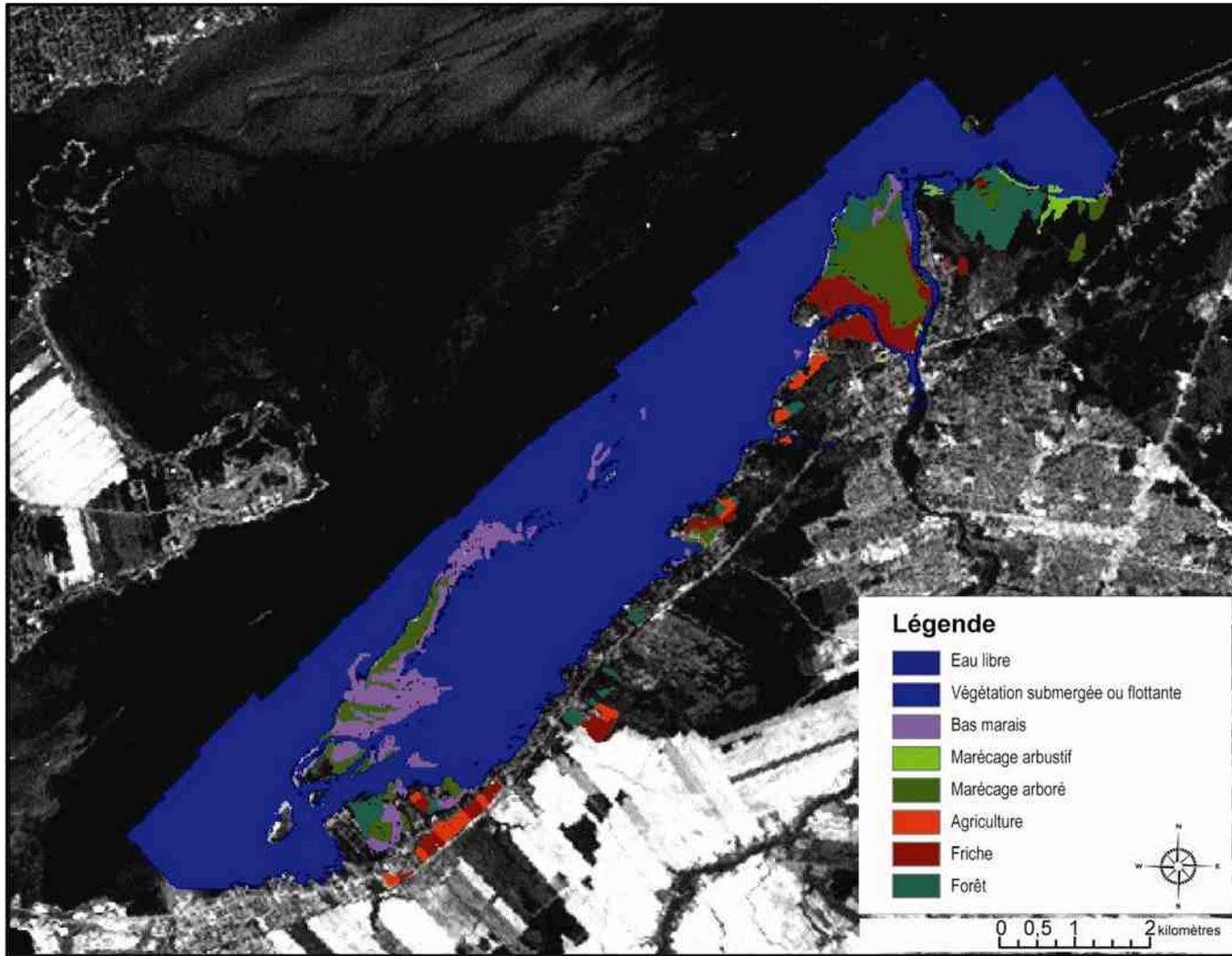
13 Milieux humides du lac Saint-Louis en 1990-1991

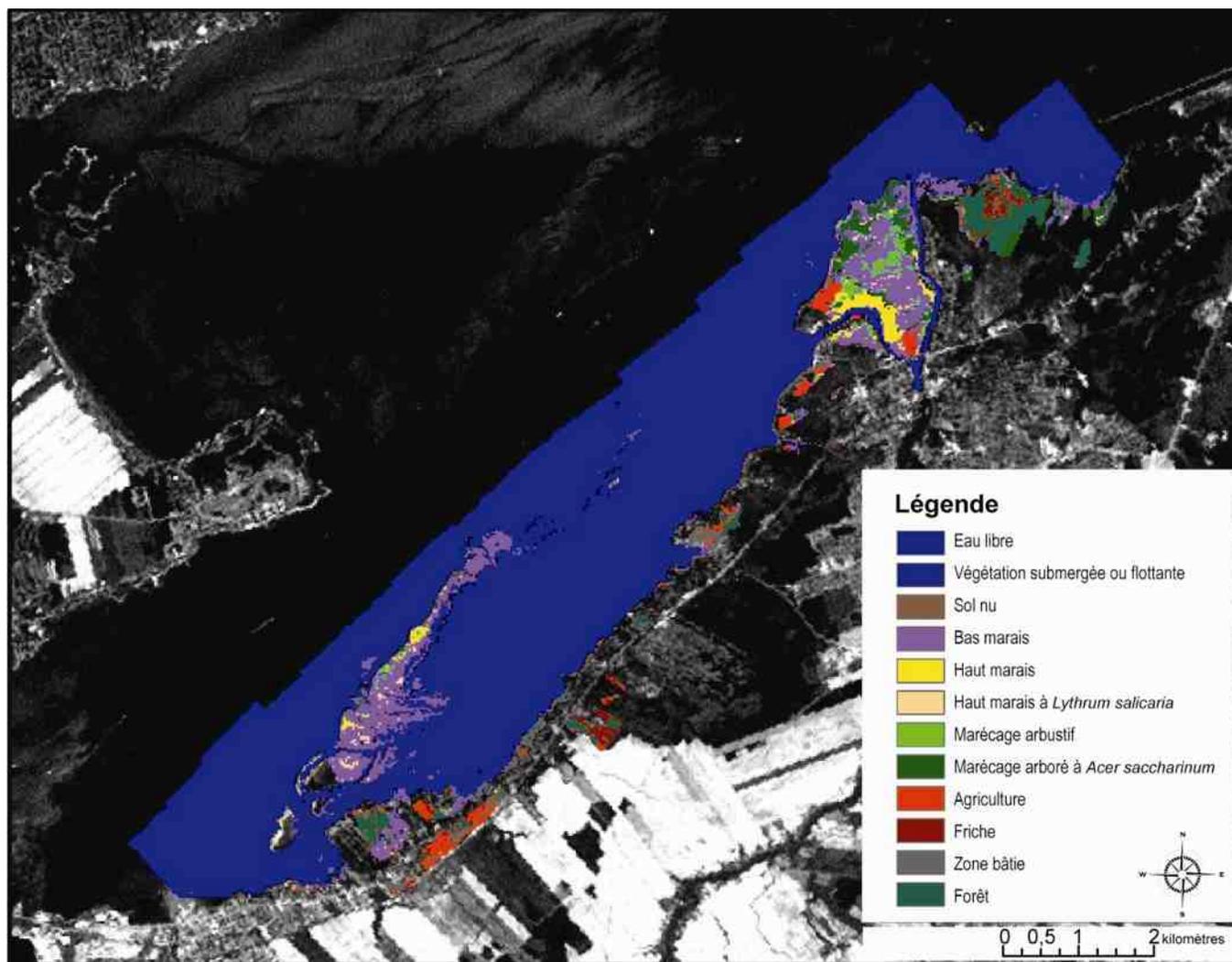


14 Milieux humides du lac Saint-Louis en 2000-2002

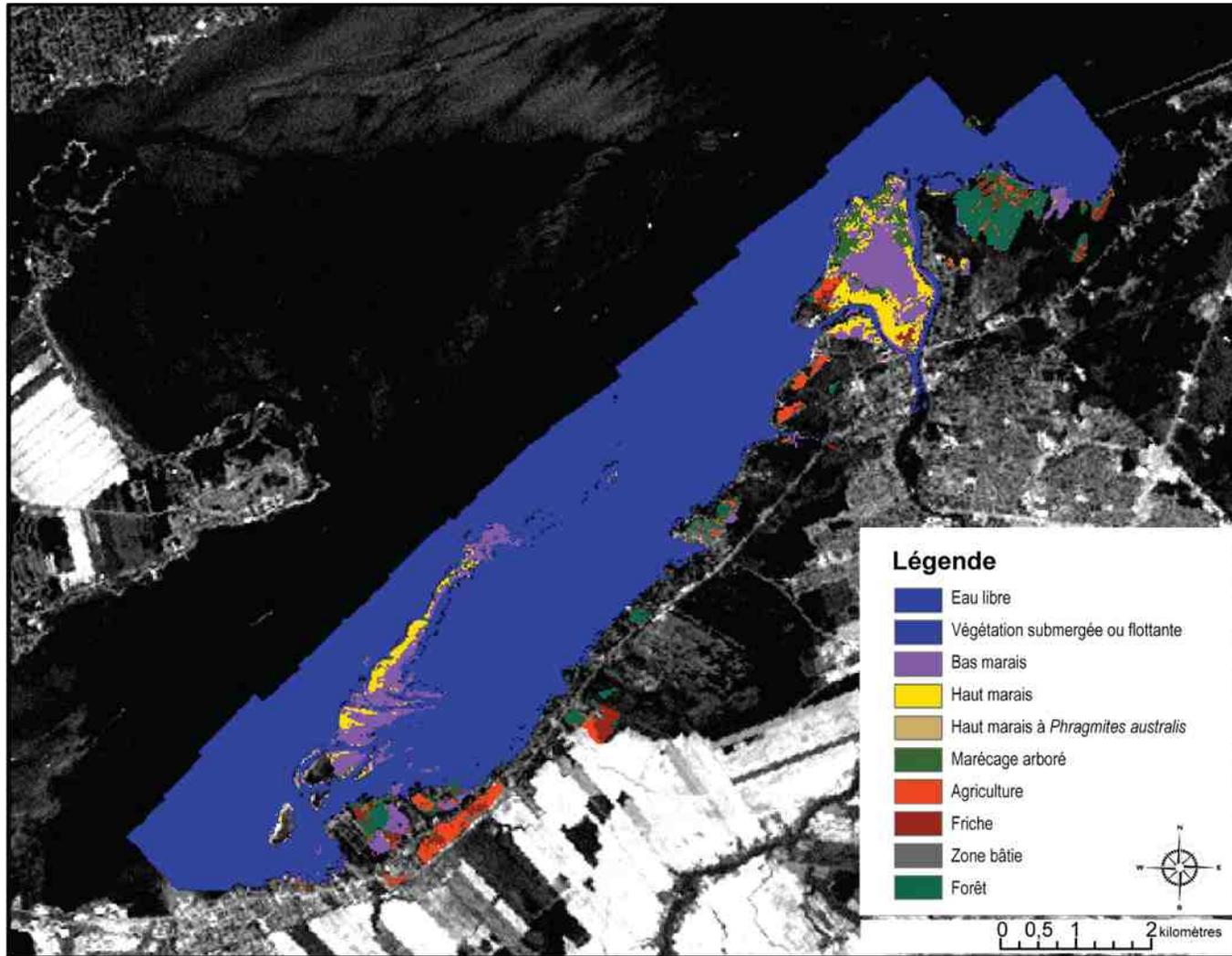


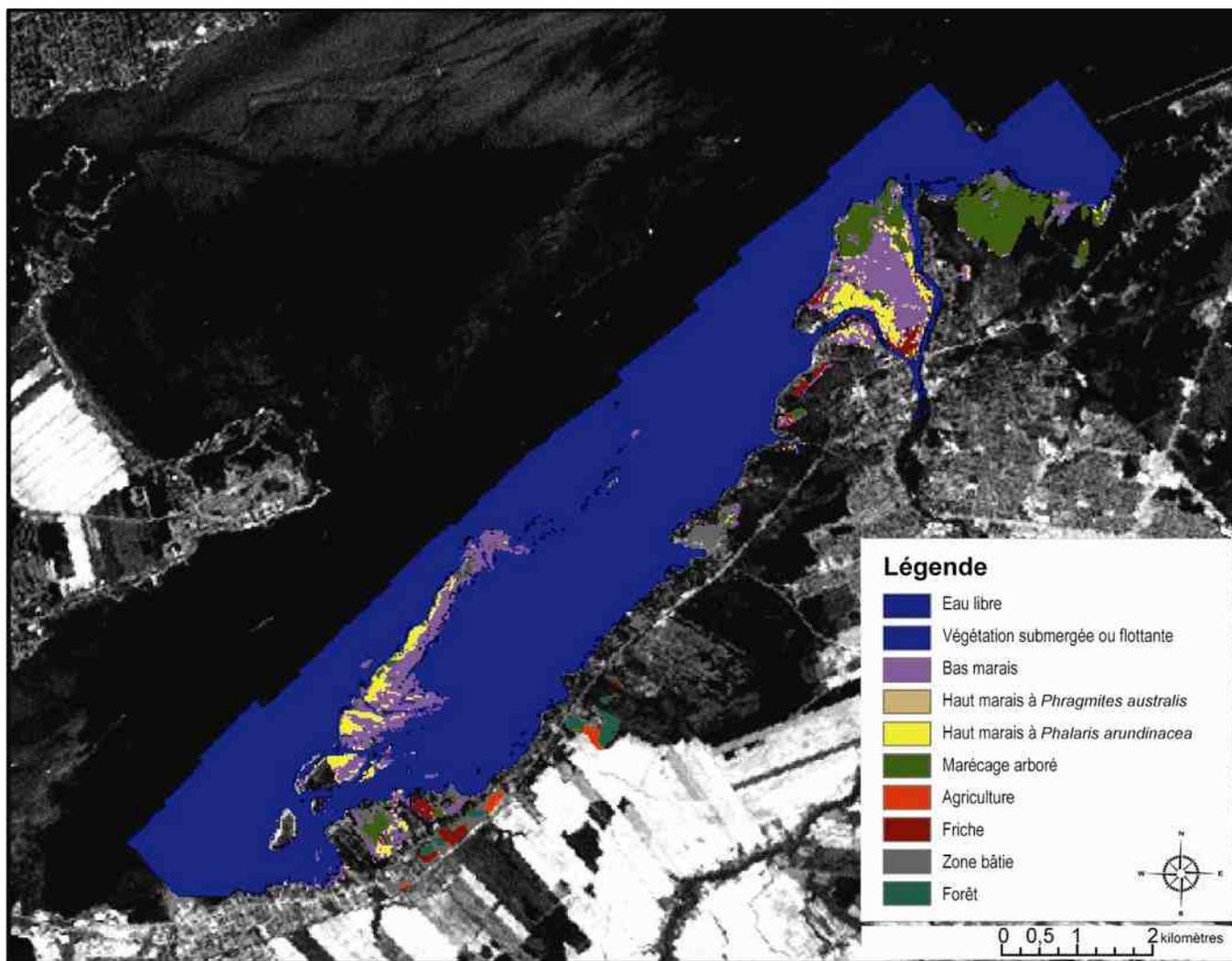
15 Milieux humides de la portion du lac Saint-Louis analysée en 1970-1978



16 Milieux humides de la portion du lac Saint-Louis analysée en 1990-1991

17 Milieux humides de la portion du lac Saint-Louis analysée en 1996-1997



18 Milieux humides de la portion du lac Saint-Louis analysée en 2000-2002

19 Pertes et gains non retenus pour le lac Saint-Louis

Entre 1990-1991 et 2000-2002

L'ensemble des pertes de milieux humides enregistrées sont, à notre avis, plutôt liées à des problèmes divers qu'à de réels changements. Parmi celles-ci, 95 ha de milieux humides sont devenus des zones d'eau libre. Celles-ci se répartissent à plusieurs endroits, particulièrement à la pointe du Moulin (île Perrot), autour de la Réserve nationale de faune des îles de la Paix, sur la rive est de l'île Saint-Bernard, à l'embouchure de la rivière Châteauguay et dans des baies adjacentes à la réserve indienne de Kahnawake. Cette différence entre les années ne peut être attribuable aux fluctuations des niveaux d'eau (station hydrométrique de Pointe-Claire – 02OA039 : 21,12 m le 21 août 1990, 21,13 m le 18 septembre 2000, 21,09 m le 19 septembre 2000; station hydrométrique de Pointe-Claire – 15330 : 21,14 m le 11 août 2002 et 21,01 m le 21 août 2002; source : HYDAT 2001 et Service de données sur le milieu marin, Pêches et Océans Canada). Elle pourrait être le résultat de problèmes de géométrie entre les deux cartes.

Par ailleurs, un total de 53 ha de milieux humides s'est transformé en forêts terrestres, se concentrant à l'île Dowker et dans le secteur de Châteauguay. Une surestimation des marécages arborés en 1990-1991 pourrait expliquer cette différence. À cela s'ajoutent 36 ha de milieux humides (principalement des bas marais et des marécages arborés) qui ont été convertis en zones bâties. Ces changements s'observent autour des lieux habités dans le secteur de Châteauguay et semblent plus liés à des problèmes de confusion entre les classes couplés à l'utilisation de corridors pour délimiter les zones bâties en 2000-2002. Enfin, 16 ha de milieux humides ont été transformés en friches. Ils se retrouvent sur l'île Dowker et dans le secteur de Châteauguay. Il pourrait s'agir ici d'une surestimation des milieux humides en 1990-1991.

La grande majorité des gains observés durant cette période semble en fait être le résultat d'incohérences. Les gains les plus abondants (240 ha) sont en réalité des confusions entre les forêts terrestres et les milieux humides. De grandes superficies de marécages ont été correctement identifiées en 2000-2002 dans la réserve indienne de Kahnawake. Entre ces deux dates, 33 ha de zones bâties sont incorrectement converties en milieux humides. Ces zones sont réparties un peu partout sur le territoire (par exemple, à la pointe du Moulin sur l'île Perrot, à Châteauguay et dans la réserve indienne de Kahnawake). Cette différence pourrait être causée par de la confusion entre les classes. De plus, 27 ha de friches en 1990-1991 ont été identifiés comme milieux humides

(principalement des marécages arborés) en 2000-2002. Ils sont concentrés dans le secteur de la pointe Johnson, située dans la réserve indienne de Kahnawake. Il y a tout lieu de penser qu'il s'agit ici d'une sous-estimation des milieux humides en 1990-1991.

Enfin, 24 ha de zones agricoles en 1990-1991 sont incorrectement désignés comme milieux humides en 2000-2002. Ils se retrouvent également dans le secteur de la pointe Johnson, mais ils sont plus importants à l'extrémité ouest de l'île Saint-Bernard. Ici encore, il pourrait s'agir d'une sous-estimation des milieux humides en 1990-1991.

Entre 1970-1978 et 1990-1991

Parmi les pertes de milieux humides observées durant cette période qui n'ont pas été retenues, 12 ha ont été classifiés comme forêt terrestre en 1990-1991. Ils sont situés dans la partie ouest de la réserve indienne de Kahnawake et à la pointe de Maple Grove. Il s'agit probablement ici de confusions dues à la définition des masques des zones terrestres. Le reste des transformations observées (pertes au profit des sols dénudés, des zones agricoles, de même que des friches, pour un total de 9 ha) semble être le résultat de problèmes divers et non de réels changements dans les milieux humides.

Deux types de gains de milieux humides n'ont pas été retenus. Parmi les 115 ha de friches identifiés par Dryade, 54 ha se seraient transformés en milieux humides en 1990-1991. Les friches se retrouvent sur et autour de l'île Saint-Bernard. Il semble que la cartographie de 1990-1991 surestime les milieux humides de ce secteur. Toujours dans la région de l'île Saint-Bernard, 42 ha de forêts se sont retrouvés en milieux humides en 1990-1991. À nouveau, une surestimation des milieux humides en 1990-1991 semble expliquer cette différence.

Entre 1990-1991 et 1996-1997

Des pertes non retenues, plus de 21 ha de milieux humides étaient devenus des forêts en 1996-1997. On les rencontre dans la portion ouest de la réserve indienne de Kahnawake et à la pointe de Maple Grove. Étant donné le court laps de temps entre les deux couvertures, il est peu probable qu'il s'agisse de véritables changements. Dans les mêmes régions, 9 ha de milieux humides passent à l'état de friche en 1996-1997. Des différences dans les masques terrestres seraient vraisemblablement à l'origine de cette différence. Le reste des pertes observées non considérées pour la présente analyse totalisait 7 ha.

Au total, c'est 18 ha de présumés gains (au détriment de sols nus, de l'agriculture, de la friche, des zones bâties et de la forêt) qui n'ont pas été retenus. Ils semblent être plutôt des incohérences, principalement dans le secteur de l'île Saint-Bernard.

Entre 1996-1997 et 2000-2002

Parmi les pertes observées qui représentent, à notre avis, des incohérences, 22 ha de milieux humides apparaissent en 2000-2002 comme de l'eau libre. Elles sont localisées autour de l'île Saint-Bernard et, dans une moindre mesure, autour des îles de la Paix. Les niveaux d'eau enregistrés lors de l'acquisition des images en 1996 sont plus élevés que ceux de 2000-2002 (station hydrométrique de Pointe-Claire – 02OA039 : 21,38 m le 17 octobre 1996, 21,13 m le 18 septembre 2000, 21,09 m le 19 septembre 2000; station hydrométrique de Pointe-Claire – 15330 : 21,14 m le 11 août 2002 et 21,01 m le 21 août 2002; source : HYDAT 2001 et Service de données sur le milieu marin, Pêches et Océans Canada). Il est donc peu probable que l'on ait affaire à de réels changements. Il apparaît plus vraisemblable que des problèmes géométriques pourraient être ici en cause. Le reste des pertes (totalisant 8 ha) semble être lié à des confusions entre milieux humides et zones terrestres.

La majorité des gains observés durant cette période seraient en fait le résultat de problèmes divers. La principale transformation de cet ordre (87 ha) s'est faite au détriment des forêts terrestres. On l'observe principalement dans la portion ouest de la réserve indienne de Kahnawake. Il s'agit selon nous d'une confusion entre classes (marécages arborés et forêts terrestres). De plus, 23 ha de friches sont identifiés comme milieux humides en 2000-2002. Ils s'observent à la pointe de Maple Grove, dans le secteur de l'île Saint-Bernard et dans la portion ouest de la réserve indienne de Kahnawake. Il semble s'agir encore ici de confusions entre classes, tout comme dans le cas des 15 ha de zones agricoles (observés dans les mêmes localités) qui se sont retrouvés en milieux humides.

20 Résultats des analyses de concordance Kappa pour le lac Saint-Louis

Entre 1990-1991 et 2000-2002

Indice	Valeur
Kappa	0,88
<i>KHisto</i>	0,94
<i>KLoc</i>	0,94
Fraction identique	0,94
Kappa flou	0,75
Fraction floue identique	0,95

Entre 1970-1978 et 1990-1991

Indice	Valeur
Kappa	0,58
<i>KHisto</i>	0,77
<i>KLoc</i>	0,76
Fraction identique	0,85
Kappa flou	0,40
Fraction floue identique	0,86

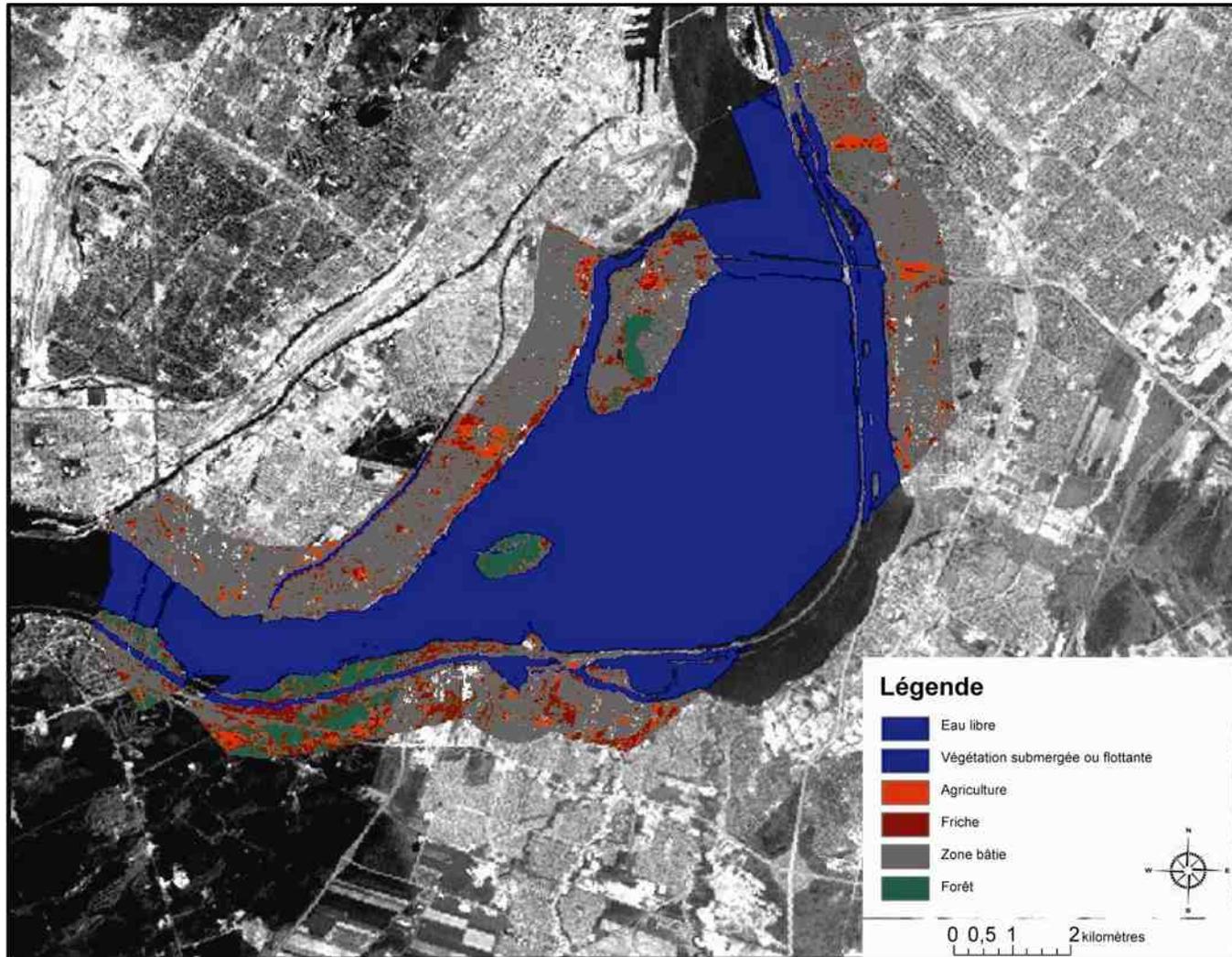
Entre 1990-1991 et 1996-1997

Indice	Valeur
Kappa	0,71
<i>KHisto</i>	0,83
<i>KLoc</i>	0,85
Fraction identique	0,90
Kappa flou	0,60
Fraction floue identique	0,92

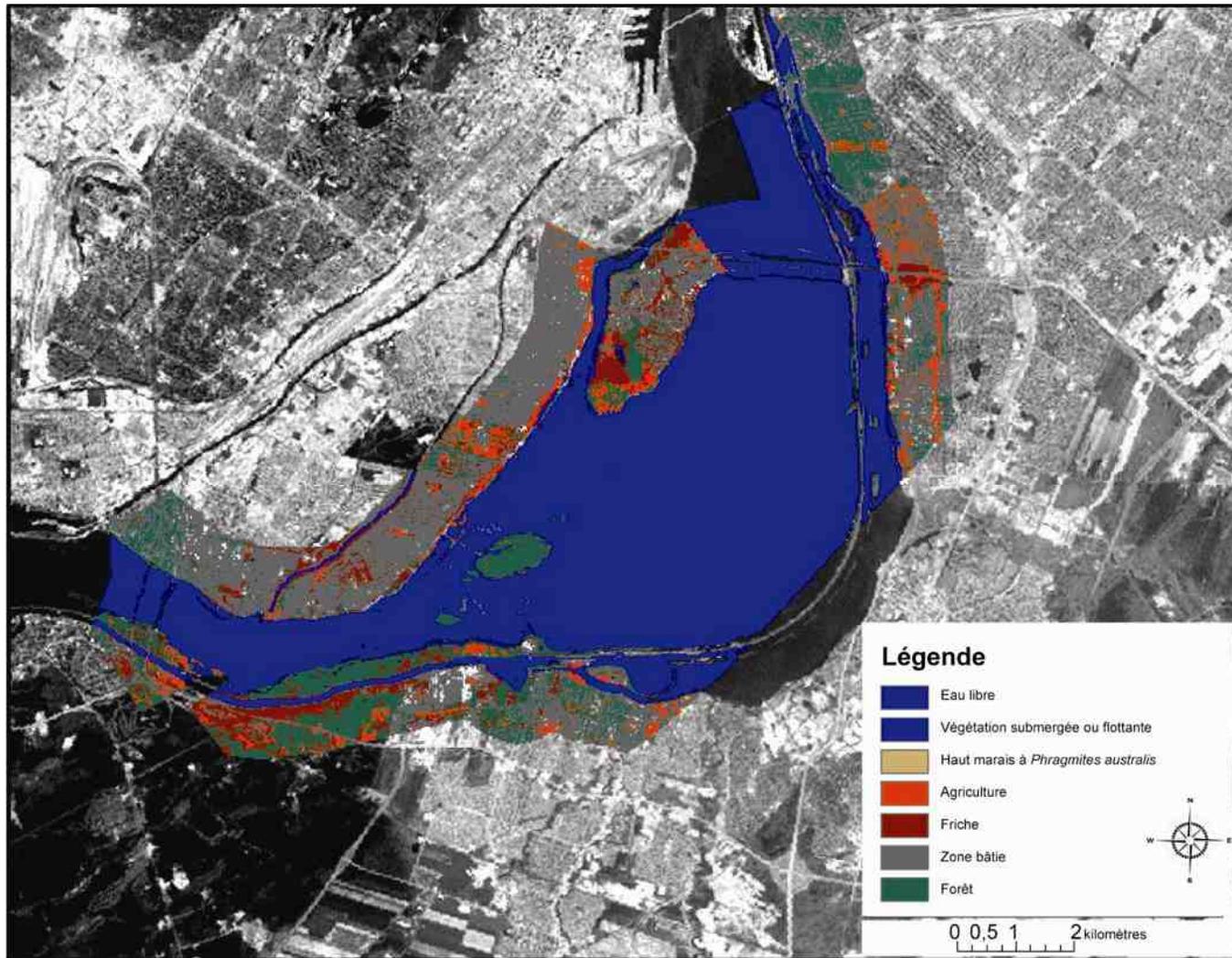
Entre 1996-1997 et 2000-2002

Indice	Valeur
Kappa	0,66
<i>KHisto</i>	0,79
<i>KLoc</i>	0,83
Fraction identique	0,89
Kappa flou	0,54
Fraction floue identique	0,91

21 Milieux humides du secteur des bassins de La Prairie en 1990-1991



22 Milieux humides du secteur des bassins de La Prairie en 2000-2002

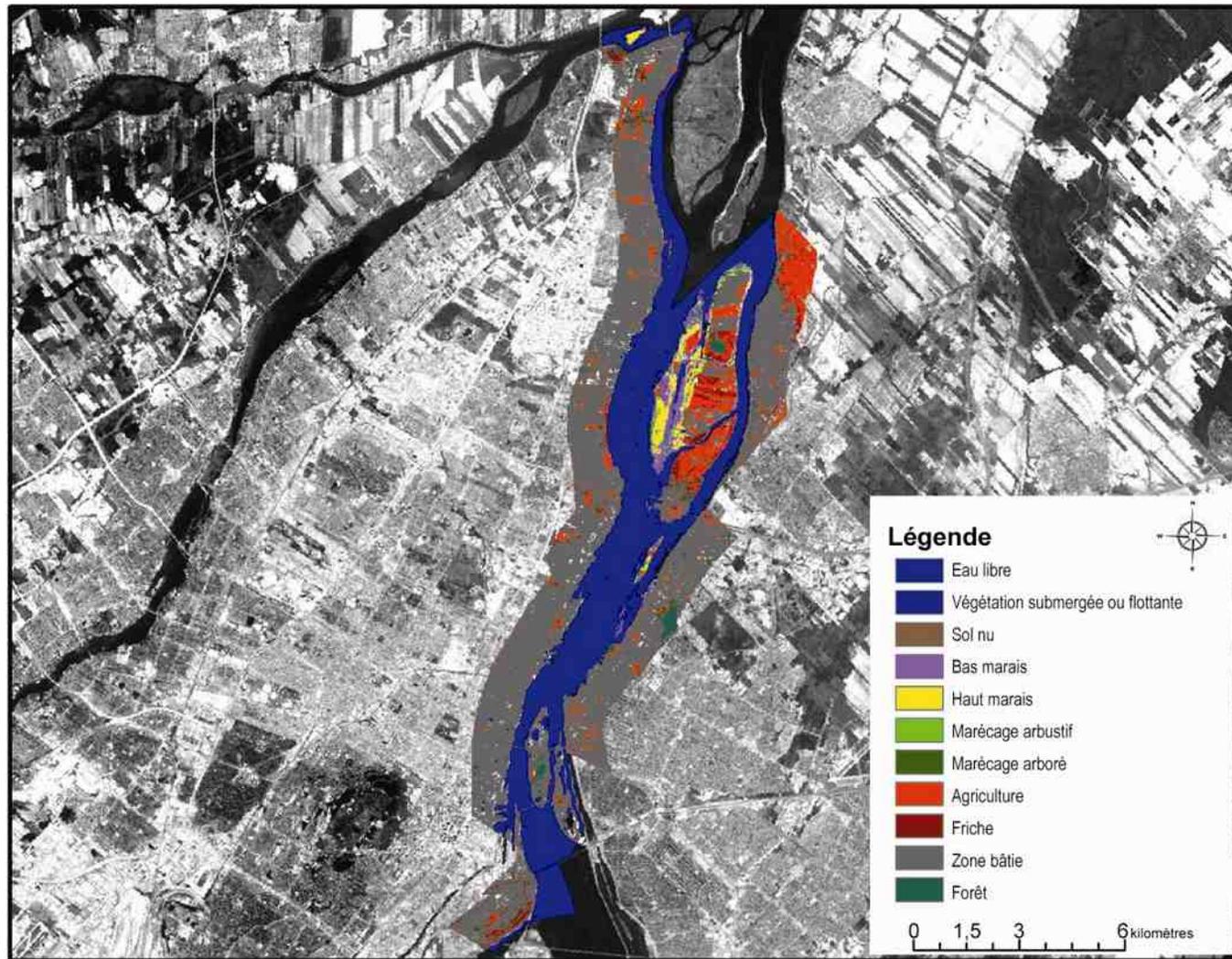


23 Résultats des analyses de concordance Kappa pour le secteur des bassins de La Prairie

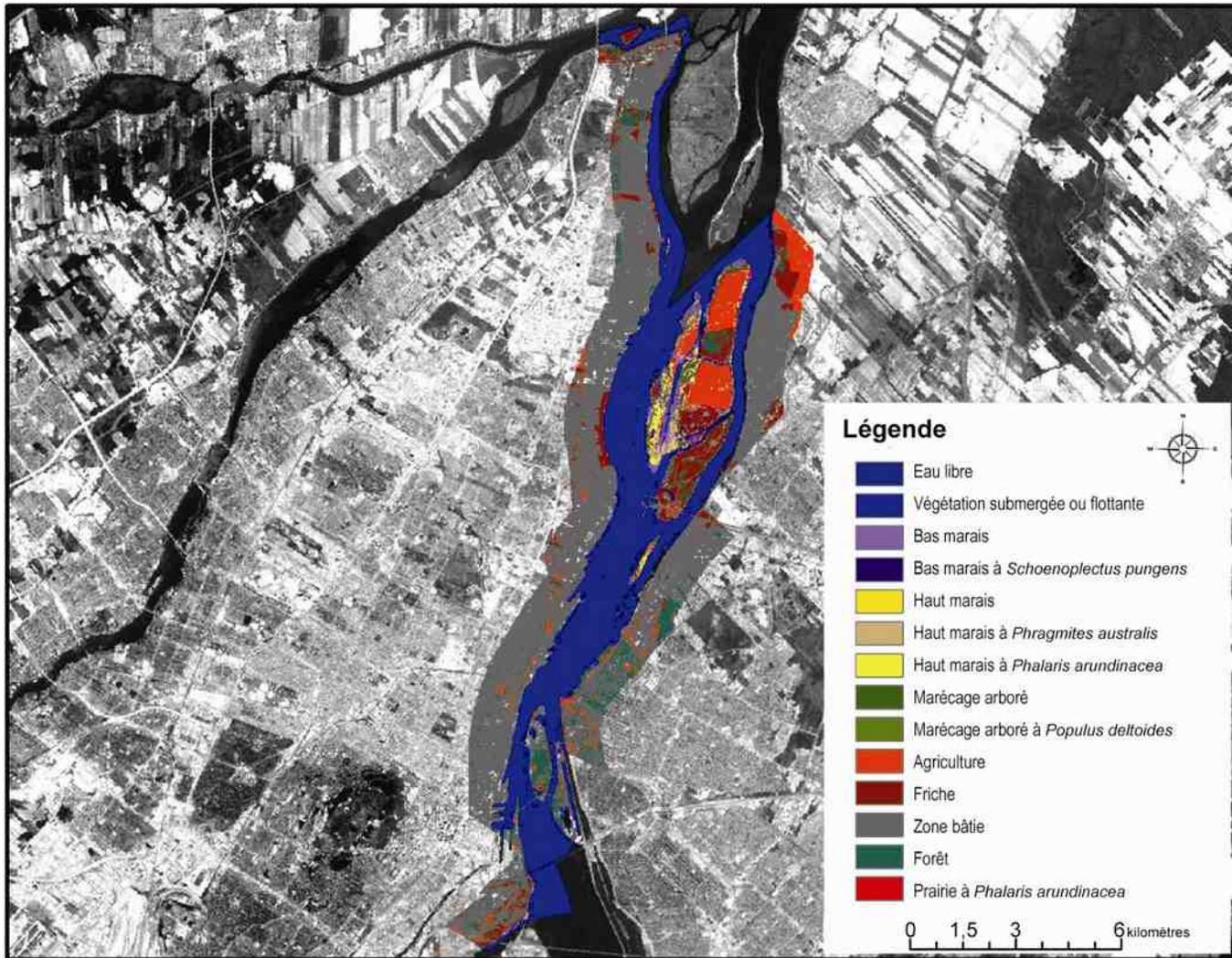
Entre 1990-1991 et 2000-2002

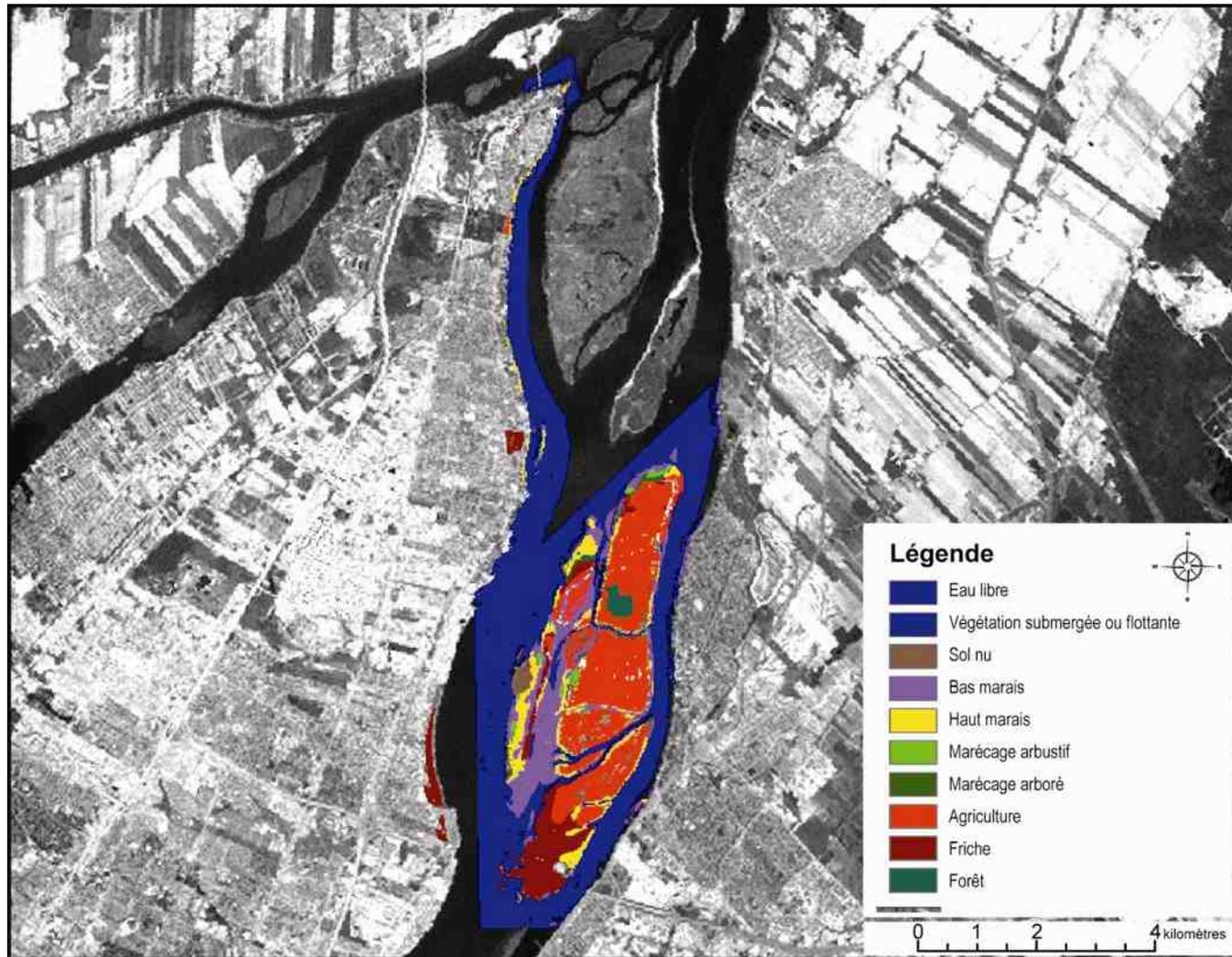
Indice	Valeur
Kappa	0,92
<i>KHisto</i>	0,99
<i>KLoc</i>	0,93
Fraction identique	0,96
Kappa flou	0,83
Fraction floue identique	0,97

24 Milieux humides du secteur Montréal-Longueuil en 1990-1991

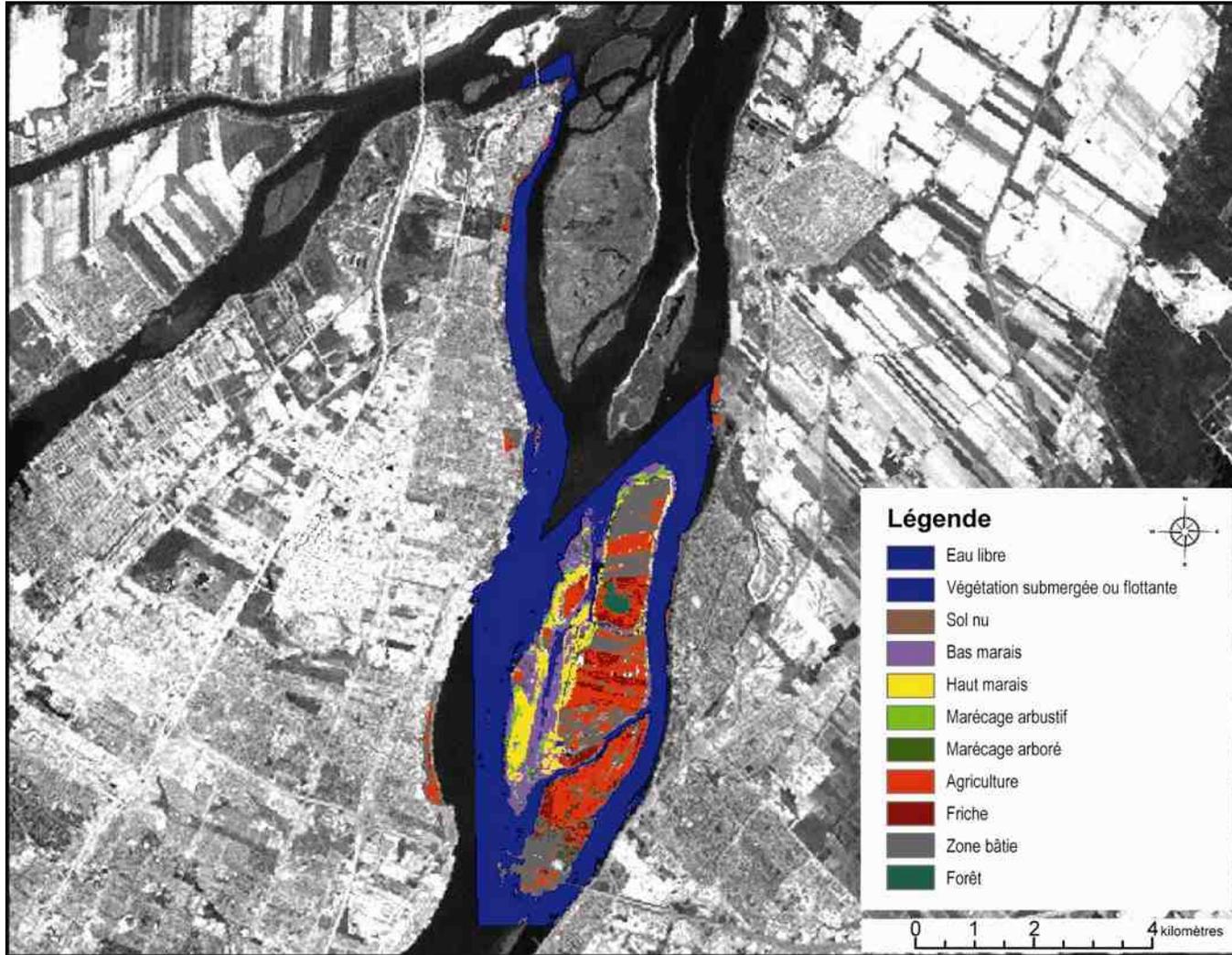


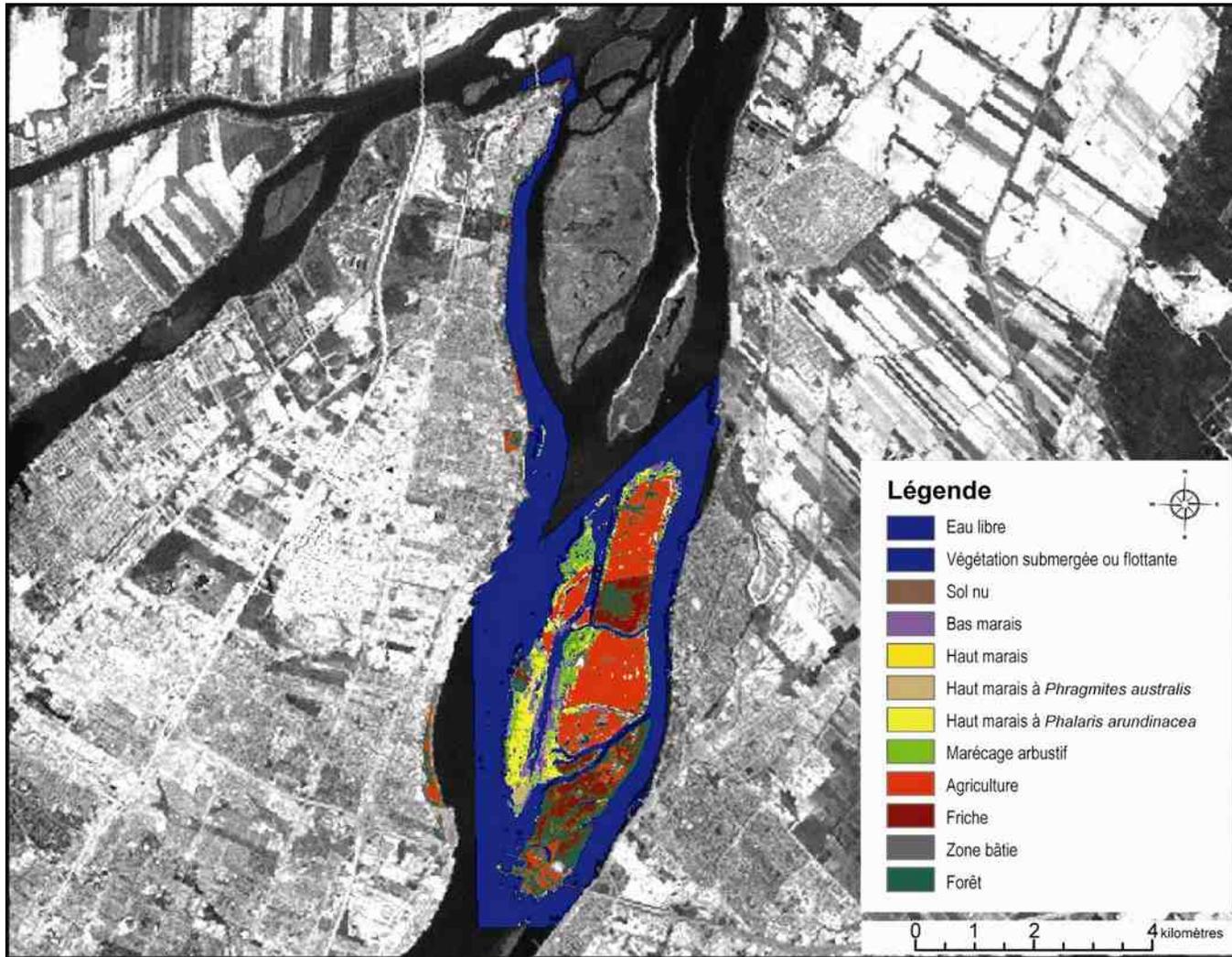
25 Milieux humides du secteur Montréal-Longueuil en 2000-2002



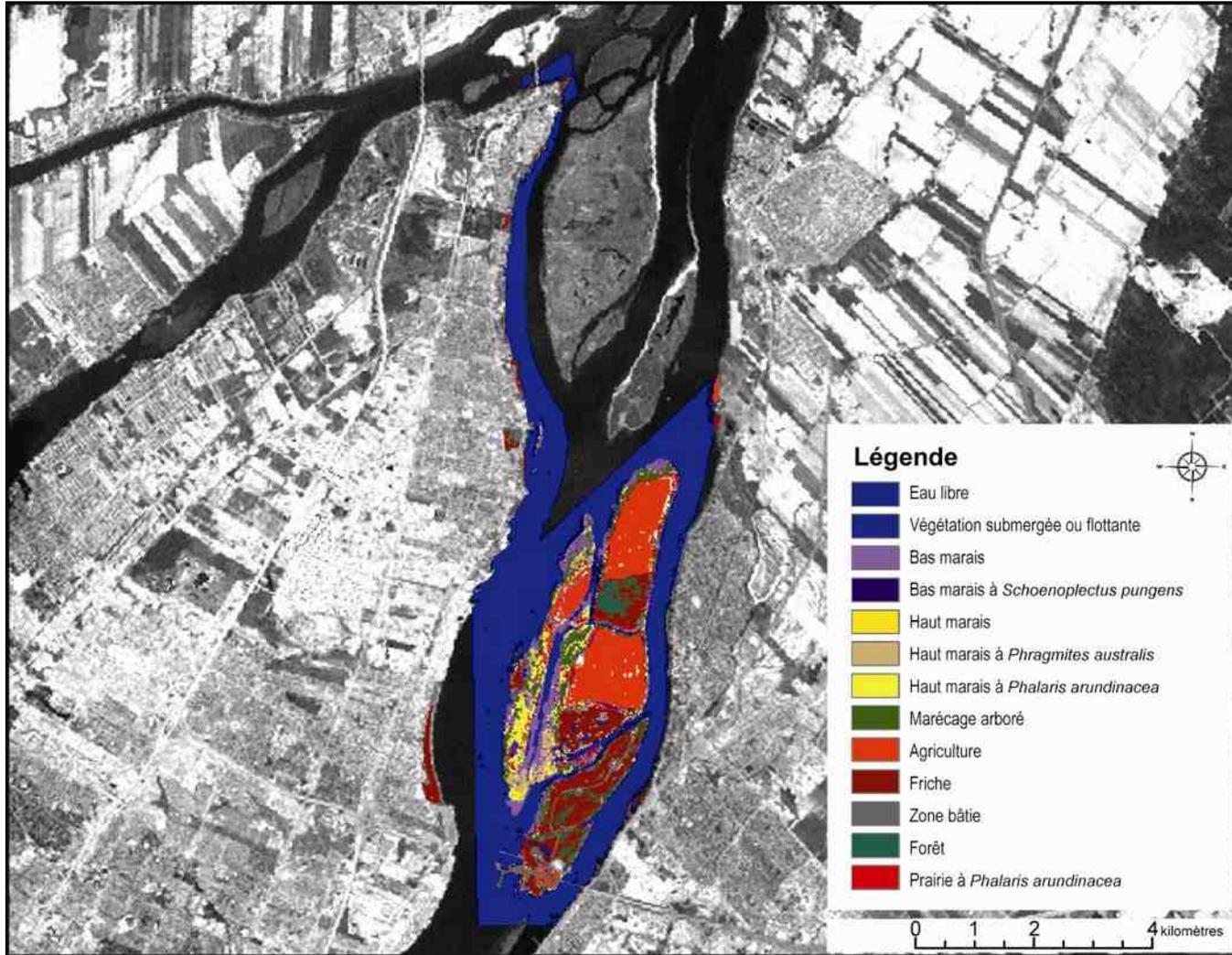
26 Milieux humides de la portion du secteur Montréal-Longueuil analysée en 1970-1978

27 Milieux humides de la portion du secteur Montréal-Longueuil analysée en 1990-1991



28 Milieux humides de la portion du secteur Montréal-Longueuil analysée en 1996-1997

29 Milieux humides de la portion du secteur Montréal-Longueuil analysée en 2000-2002



30 Pertes et gains non retenus pour le secteur Montréal-Longueuil

Entre 1990-1991 et 2000-2002

Durant cette période, les pertes de milieux humides observées, mais rejetées pour notre analyse, sont vraisemblablement dues à une importante surestimation des milieux humides sur la cartographie de 1990-1991. Ainsi, 33 ha de milieux humides ont été classifiés en friche sur la cartographie de 1990-1991. Cette transformation est localisée en bordure de l'île Grosbois dans les Grandes battures Tailhandier (îles de Boucherville), ainsi que sur l'île Bonfoin (à la confluence des rivières des Mille Îles et des Prairies). De plus, 27 ha de milieux humides en 1990-1991 ont été classifiés en agriculture en 2000-2002. À la surestimation des milieux humides en 1990-1991 s'ajoute vraisemblablement des problèmes de confusion. Enfin, 13 ha de milieux humides se sont retrouvés en prairies sèches à *Phalaris arundinacea*. Ces transformations se retrouvent exclusivement dans les Grandes battures Tailhandier. Il s'agit vraisemblablement d'une meilleure identification des prairies sèches en 2000-2002 qui étaient confondues avec des hauts marais (confusion difficile à résoudre étant donné que l'espèce est présente également dans les milieux humides).

Trois types de gains n'ont pas été retenus. D'abord, un total de 22 ha de zones agricoles sont devenus des milieux humides entre les deux dates. Ces milieux se concentrent dans les îles de Boucherville. Des différences dans la géométrie des deux images semblent expliquer ce changement. On ajoute à cela 18 ha de zones bâties (incluant sols nus), localisés également aux îles de Boucherville, qui se sont retrouvés classifiés en milieux humides (des bas marais et marécages arborés). La géométrie semble encore une fois expliquer cette divergence. Enfin, 12 ha de friches ont été incorrectement classifiés en milieux humides. Ces anciennes friches sont toutes localisées dans la portion sud des îles de Boucherville. Il pourrait s'agir ici de problèmes de surestimation des milieux terrestres riverains en 2000-2002.

Entre 1970-1978 et 1990-1991

Deux types de pertes observées à partir de l'analyse de ces deux cartes n'ont pas été considérés dans le présent rapport. D'abord, près de 64 ha de milieux humides auraient été remplacés par de l'eau libre. On observe cette transformation un peu partout autour des îles. Cette transformation ne semble pas pouvoir être expliquée par des différences de niveaux d'eau. Par

prudence, nous ne retenons pas ce changement. De même, 27 ha de milieux humides se sont transformés en zones agricoles, principalement situés le long de certains chenaux de l'archipel des îles de Boucherville. Des variantes dans l'interprétation des milieux humides entre les deux exercices cartographiques sont vraisemblablement à l'origine de cette différence.

Tous les gains observés ont été jugés invraisemblables et ont été rejetés. Les principaux gains totalisent 48 ha de zones agricoles qui se seraient transformés en milieux humides, principalement dans les Grandes battures Tailhandier. Une surestimation des milieux humides en 1990-1991 est selon toute vraisemblance à l'origine de cette différence. Ensuite, 30 ha d'eau libre sont devenus des milieux humides. Compte tenu qu'il n'a pas été possible de vérifier les niveaux d'eau pour la cartographie du Groupe Dryade, on ne peut statuer sur la véracité de ce changement et nous préférons ne pas en tenir compte. De plus, 25 ha de milieux humides sont apparus au détriment de la friche. Ils sont visibles sur les Grandes battures Tailhandier, dans l'archipel des îles de Boucherville. Des différences dans les masques terrestres expliquent probablement cette différence. Enfin, 9 ha de sols nus se sont incorrectement retrouvés en milieux humides en 1990-1991.

Entre 1990-1991 et 1996-1997

Deux types de pertes de milieux humides d'importance (plus de 10 ha chacune) n'ont pas été retenus durant cette période. D'abord, 27 ha de milieux humides qui ont été perdus au profit de l'agriculture. La surestimation des milieux humides en 1990-1991 explique ce changement. De plus, 11 ha de milieux humides sont devenus des forêts terrestres et sont localisés dans le secteur des remblais situés sur les Grandes battures Tailhandier. Ce dernier cas est probablement le résultat d'une surestimation des milieux humides en 1990-1991.

Deux types de gains n'ont pas été retenus. D'abord, 11 ha de zones bâties sont devenus des milieux humides. Ils sont situés principalement en bordure des îles à Pinard et de la Commune (archipel des îles de Boucherville). Une surestimation des milieux humides en 1996-1997 est selon toute vraisemblance à l'origine de ce changement. Par ailleurs, 9 ha de milieux humides apparaissent au détriment de l'agriculture, le long de certains chenaux des îles de Boucherville. Une surestimation des milieux humides en 1996-1997 explique probablement ce changement.

Entre 1996-1997 et 2000-2002

Parmi les pertes de milieux humides non retenues, on compte 16 ha qui se sont transformés en friche. Ce changement se concentre principalement sur les Grandes battures Tailhandier, sur l'île de la Commune, de même que sur l'île Grosbois. Une surestimation des milieux humides en 1996-1997 (en partie causée par l'absence de données de terrain) explique cette différence non retenue. Par ailleurs, 21 ha de milieux humides ont été classifiés en agriculture (10 ha) et en prairies sèches dominées par *Phalaris arundinacea* (11 ha). On les observe dans les mêmes secteurs que le changement précédent. La difficulté de bien distinguer les prairies sèches des hauts marais, tous deux pouvant être dominés par la même espèce, est à l'origine de cette confusion.

Plusieurs des gains observés n'ont pas été retenus en raison d'une surestimation des milieux humides en 2000-2002. D'abord, 31 ha de forêts terrestres, situées sur l'île Sainte-Marguerite, ont été incorrectement identifiés en 2000-2002 comme milieux humides. Ensuite, 13 ha de friches semblent s'être transformés en milieux humides. On les retrouve dans l'archipel de Boucherville, sur les îles Charron et Saint-Jean. Enfin, 11 ha de cultures agricoles ont été classifiés en 2000-2002 comme des milieux humides. Ils sont localisés sur les îles au nord des Grandes battures Tailhandier (île Tourte blanche, île Montbrun et île Dufault).

31 Résultats des analyses de concordance Kappa pour le secteur Montréal-Longueuil

Entre 1990-1991 et 2000-2002

Indice	Valeur
Kappa	0,84
<i>KHisto</i>	0,94
<i>KLoc</i>	0,89
Fraction identique	0,92
Kappa flou	0,70
Fraction floue identique	0,94

Entre 1970-1978 et 1990-1991

Indice	Valeur
Kappa	0,89
<i>KHisto</i>	0,99
<i>KLoc</i>	0,90
Fraction identique	0,94
Kappa flou	0,80
Fraction floue identique	0,95

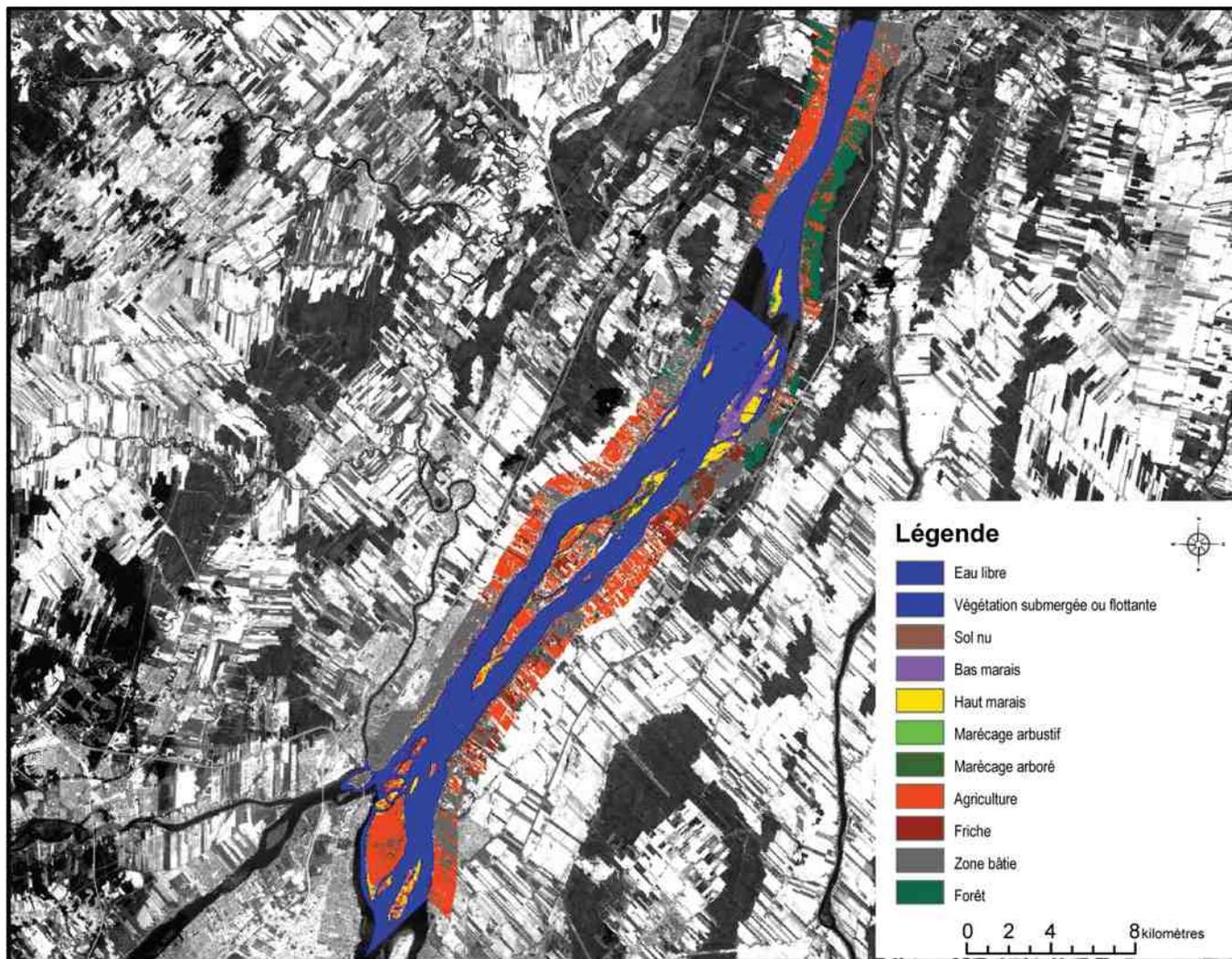
Entre 1990-1991 et 1996-1997

Indice	Valeur
Kappa	0,88
<i>KHisto</i>	0,94
<i>KLoc</i>	0,94
Fraction identique	0,94
Kappa flou	0,79
Fraction floue identique	0,95

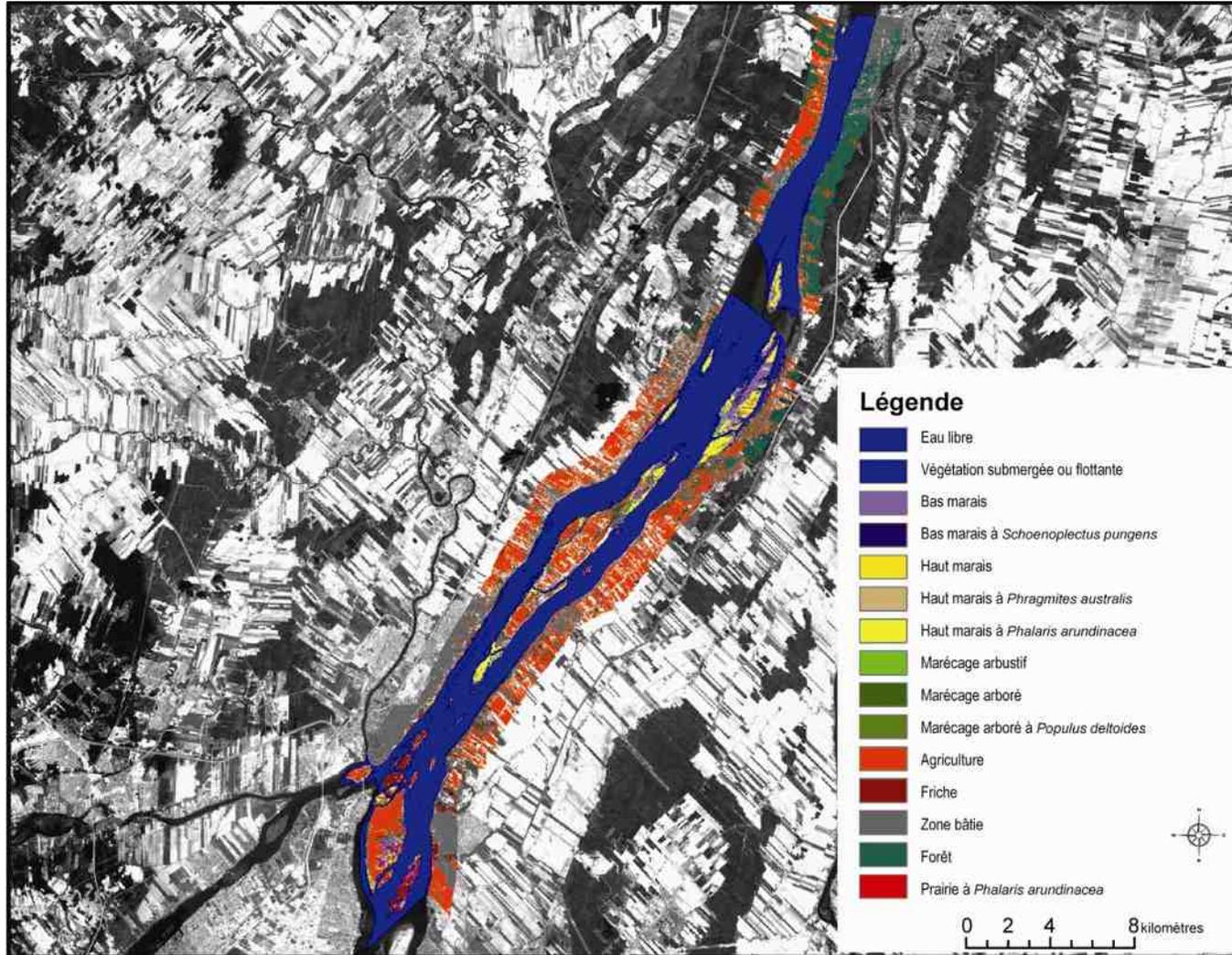
Entre 1996-1997 et 2000-2002

Indice	Valeur
Kappa	0,84
<i>KHisto</i>	0,89
<i>KLoc</i>	0,94
Fraction identique	0,92
Kappa flou	0,72
Fraction floue identique	0,93

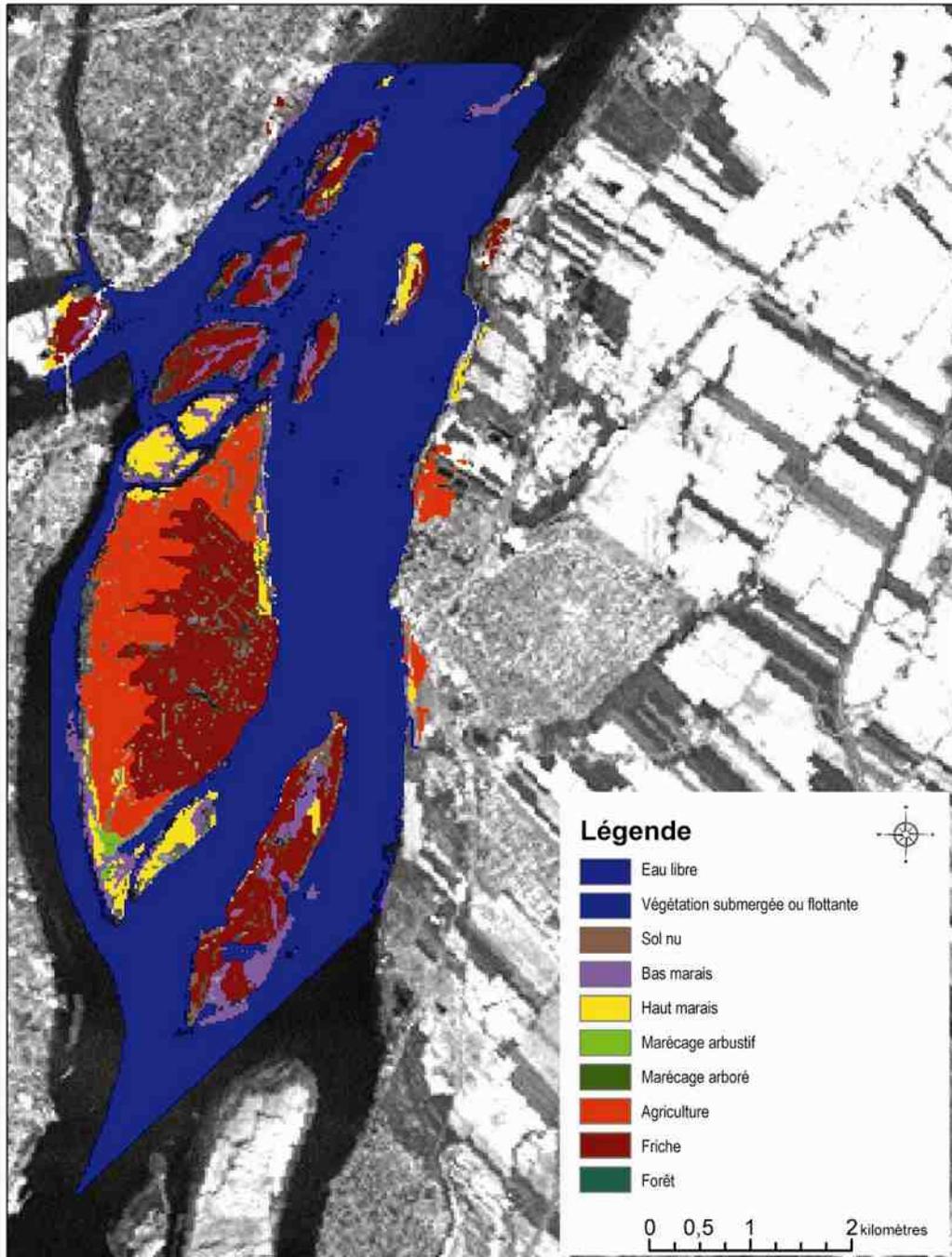
32 Milieux humides du secteur Varennes-Contrecœur en 1990-1991



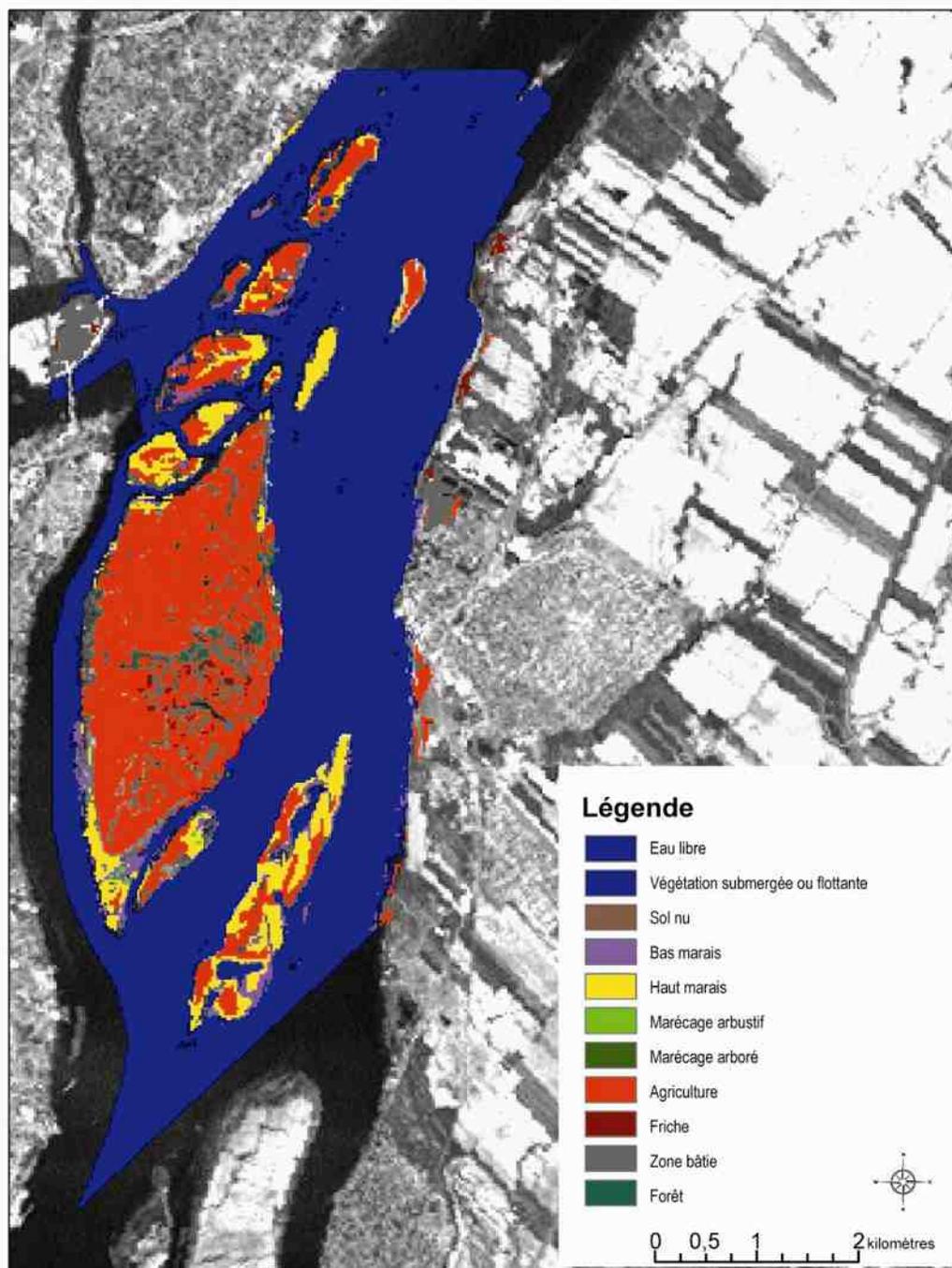
33 Milieux humides du secteur Varennes-Contrecœur en 2000-2002



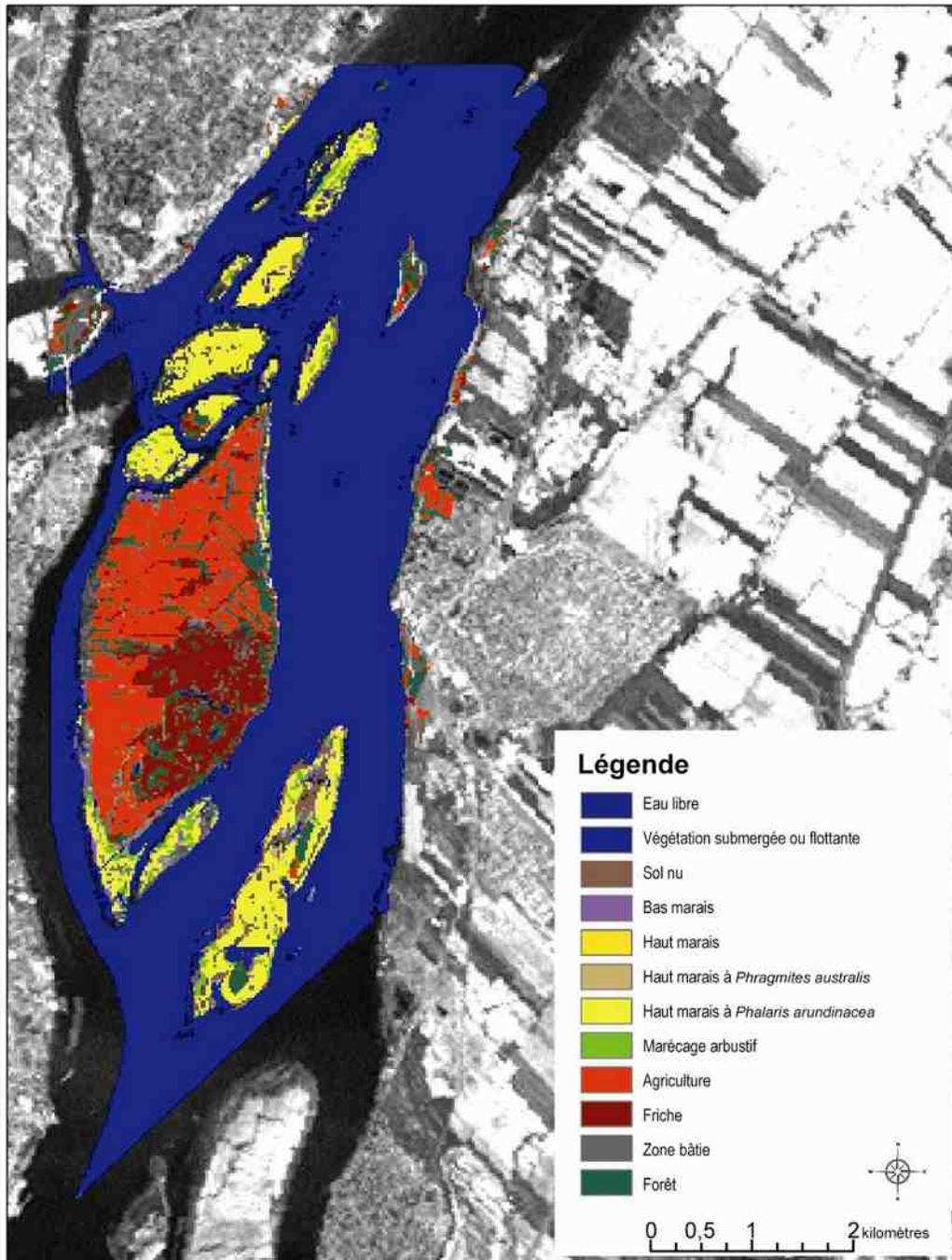
34 Milieux humides du sous-secteur de l'île Sainte-Thérèse et des îles de Varennes analysé en 1970-1978



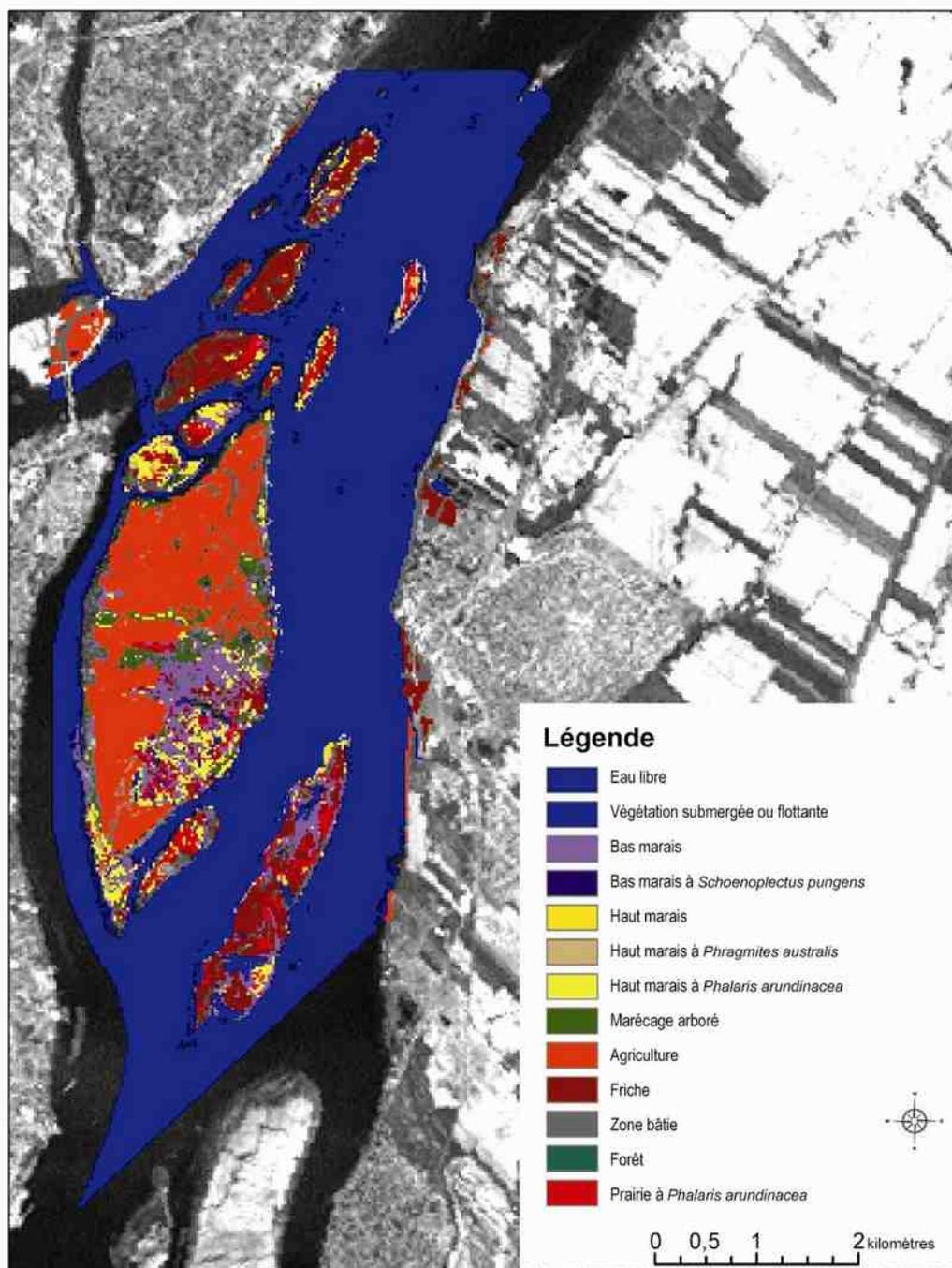
35 Milieux humides du sous-secteur de l'île Sainte-Thérèse et des îles de Varennes analysé en 1990-1991

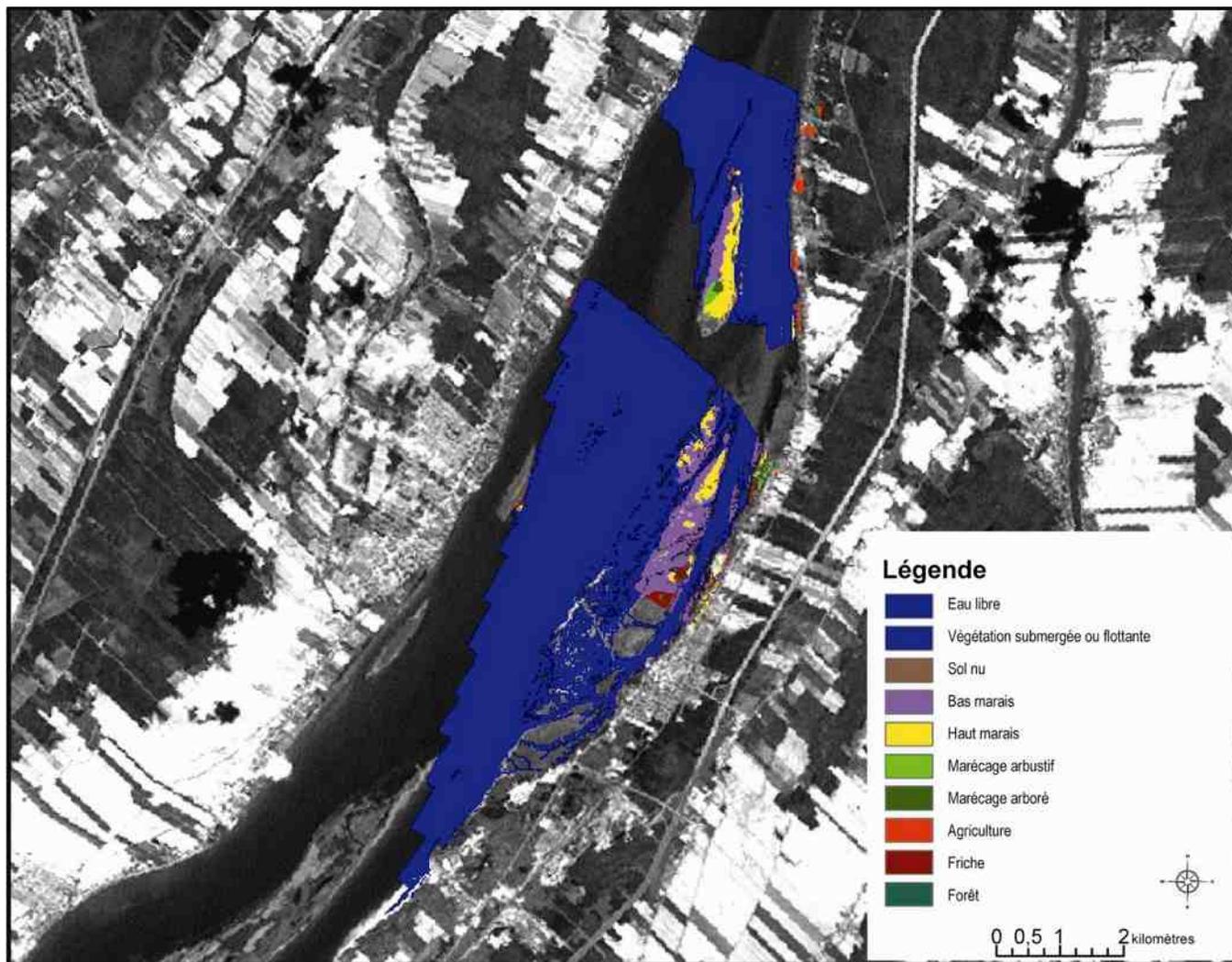


36 Milieux humides du sous-secteur de l'île Sainte-Thérèse et des îles de Varennes analysé en 1996-1997

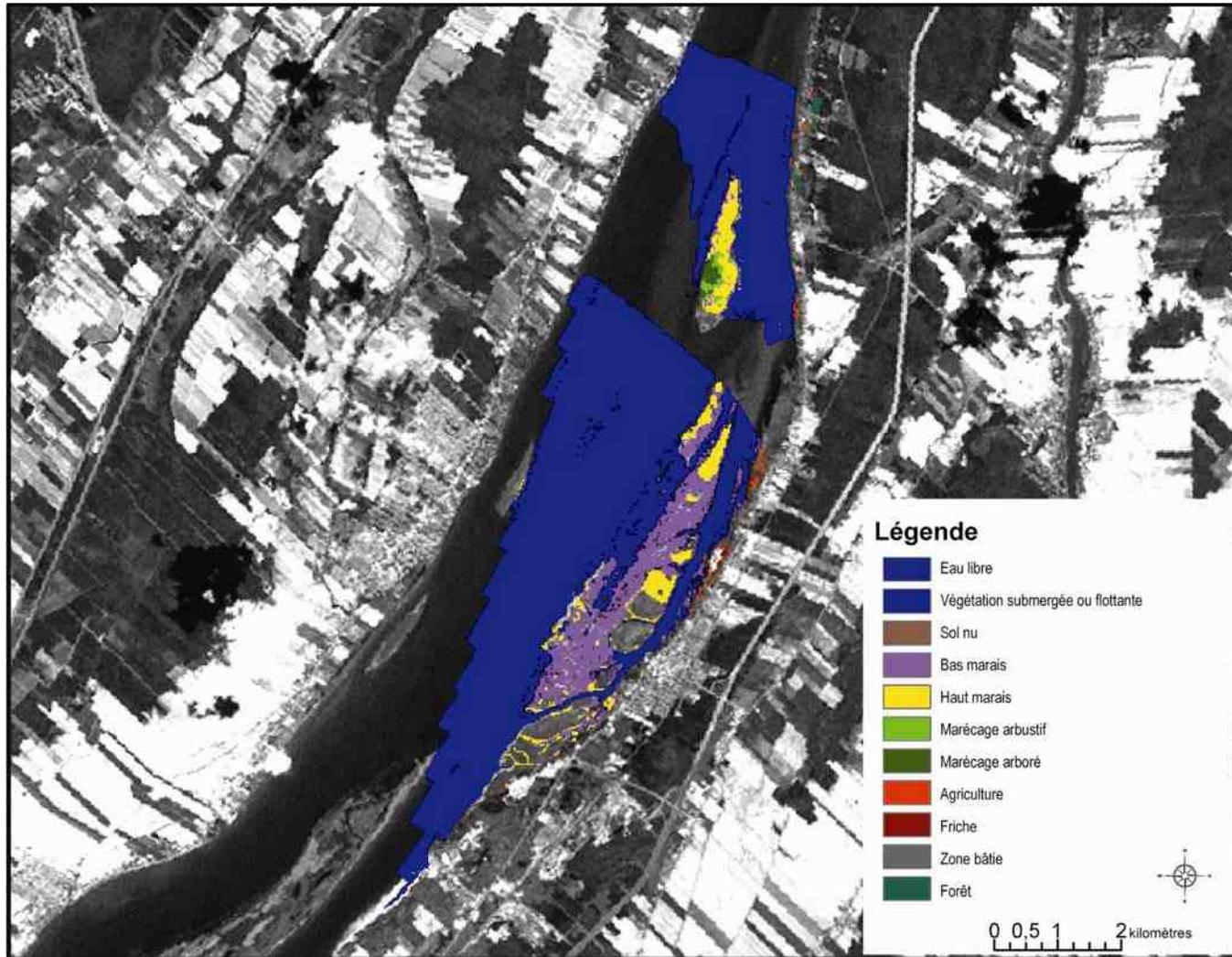


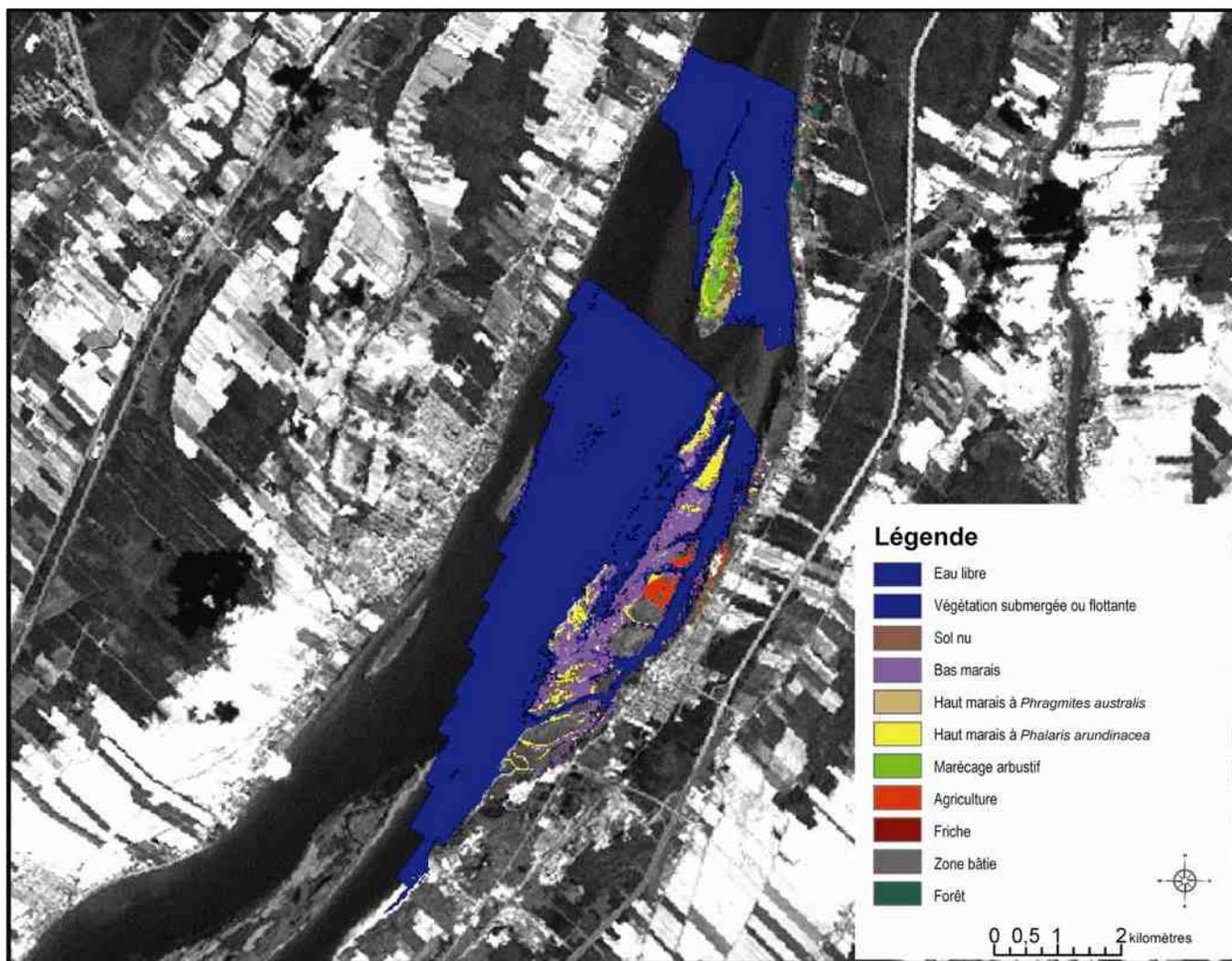
37 Milieux humides du sous-secteur de l'île Sainte-Thérèse et des îles de Varennes analysé en 2000-2002



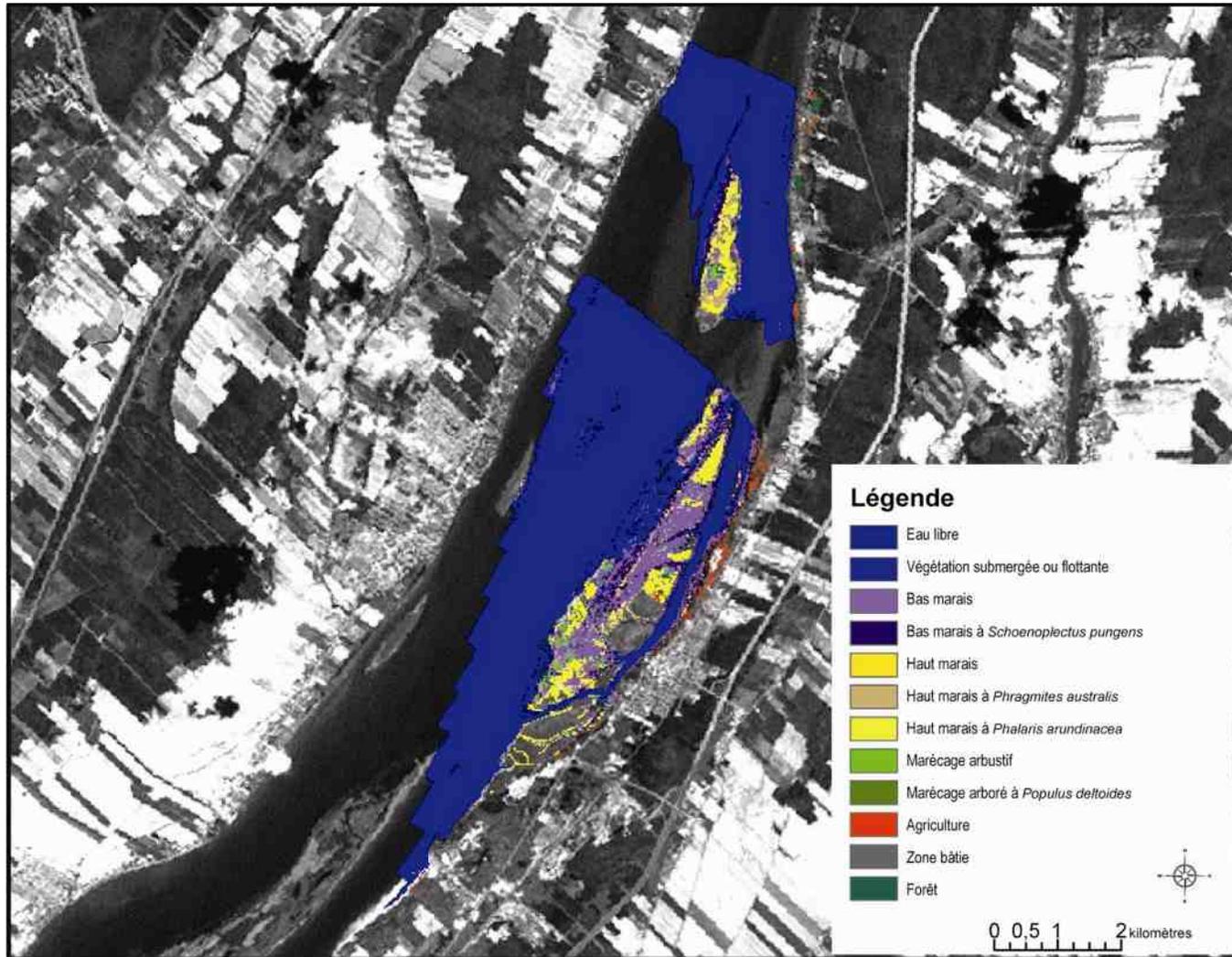
38 Milieux humides du sous-secteur de l'archipel de Contrecoeur analysé en 1970-1978

39 Milieux humides du sous-secteur de l'archipel de Contrecœur analysé en 1990-1991



40 Milieux humides du sous-secteur de l'archipel de Contrecoeur analysé en 1996-1997

41 Milieux humides du sous-secteur de l'archipel de Contrecœur analysé en 2000-2002



42 Pertes et gains non retenus pour le secteur Varennes-Contrecœur

Entre 1990-1991 et 2000-2002 (couverture complète)

Un total de 69 ha de milieux humides identifiés en 1990-1991, principalement des hauts marais, sont classés en agriculture pour 2000-2002. Ces transformations s'observent majoritairement dans la région de Contrecœur et ont pour origine des divergences dans les limites des milieux terrestres de même que des surestimations de milieux humides en 1990-1991. Dans le même ordre d'idée, 62 ha de milieux humides identifiés en 1990-1991, surtout des hauts marais, ont été classés en friche en 2000-2002. Ces apparentes transformations se concentrent sur la Grande Île, au sud-est de l'île Sainte-Thérèse et dans l'archipel de Repentigny-Varennes. Il est difficile de déterminer s'il s'agit de vraies pertes de milieux humides, car les secteurs visés sont très hétérogènes et la séparation milieux humides / milieux secs est ainsi plus difficile à réaliser.

Toujours dans la même lignée, 25 ha de hauts marais identifiés en 1990-1991 se retrouvent maintenant désignés prairies à *Phalaris arundinacea*. Bien que cette espèce puisse être présente dans les milieux humides, les relevés sur le terrain nous incitent à considérer les prairies où on la retrouve comme des milieux secs. Cette divergence se concentre dans l'archipel de Repentigny-Varennes, ainsi que sur la Grande Île et sur l'île Sainte-Thérèse.

De plus, 12 ha de milieux humides, en majorité des marécages arborés, ont été classifiés comme des forêts terrestres en 2000-2002. Dans certains cas, il s'agit d'une surestimation des marécages en 1990-1991, dans d'autres cas, il pourrait s'agir de problèmes avec les masques des milieux terrestres.

Enfin, 9 ha de milieux humides ont été perdus au profit de l'apparition de zones bâties. Ces zones sont dispersées dans le secteur. L'examen des images brutes ne permet cependant pas de confirmer ces transformations.

Parmi les gains qui n'ont pas été retenus pour cette période, 157 ha de territoires agricoles en 1990-1991 ont été considérés comme des milieux humides en 2000-2002. La majorité de cette superficie se situe sur l'île Sainte-Thérèse, ainsi qu'à la pointe sud de l'île Beauregard. Il semble que cela s'expliquerait par une sous-estimation des milieux humides en 1990-1991, particulièrement les milieux aménagés pour la faune.

Par ailleurs, 30 ha de zones bâties se sont transformés en milieux humides. On retrouve cette situation sur l'île Sainte-Thérèse et sur la rive nord en amont de Contrecœur. Des problèmes

de géométrie et une confusion avec les sols nus et les zones bâties sont probablement à l'origine des présumés changements. Enfin, 15 ha classés comme friche en 1990 sont devenus des milieux humides en 2000-2002. La majeure partie se trouve dans des zones bien délimitées sur les îles de Verchères, alors que l'on observe également le phénomène sur l'île Sainte-Thérèse. Nous ne disposons pas de données précises nous permettant de statuer sur l'authenticité de ces présumés changements et nous préférons ne pas en tenir compte.

Entre 1970-1978 et 1990-1991 (île Sainte-Thérèse et îles de Varennes)

Les plus importantes pertes non retenues montrent le passage de 52 ha de milieux humides vers des cultures et des pâturages, localisés sur plusieurs îles. Des différences d'interprétation des milieux humides entre les deux exercices cartographiques sont vraisemblablement à l'origine de cette différence.

De plus, 44 ha de milieux humides sont disparus au profit de l'eau libre, un peu partout autour des îles. L'absence de données ne nous permet pas de vérifier si des différences de niveaux d'eau pourraient être à l'origine de cette divergence.

L'ensemble des gains en milieux humides notés durant cette période n'a pas été retenu. Les principaux totalisent 71 ha et se sont faits au détriment des friches. On les observe sur quelques îles à la hauteur de Repentigny. Des variations dans les masques terrestres sont probablement à l'origine de cette différence.

De plus, 22 ha d'eau libre se sont transformés en milieux humides. Compte tenu qu'il n'a pas été possible de vérifier les niveaux d'eau pour la cartographie du Groupe Dryade, on ne peut statuer sur la véracité de ce changement; par prudence, il n'est donc pas retenu.

Entre 1990-1991 et 1996-1997 (île Sainte-Thérèse et îles de Varennes)

Les seules pertes de plus de 10 ha qui n'ont pas été retenues montrent l'apparition de forêts, principalement visibles dans les îles de Varennes.

Un seul type de gain n'est pas retenu durant cette période. Ce dernier totalise 101 ha et s'est fait au détriment de l'agriculture. Une surestimation des milieux humides en 1996-1997, particulièrement sur les îles en aval de l'île Sainte-Thérèse, explique vraisemblablement cette différence.

Entre 1996-1997 et 2000-2002 (île Sainte-Thérèse et îles de Varennes)

Parmi les pertes non retenues, les plus importantes montrent la transformation de 118 ha de milieux humides en friches, répartis sur les îles de Varennes de même que sur celles en aval de l'île Sainte-Thérèse. Une surestimation des milieux humides en 1996-1997 explique cette différence non retenue. Par ailleurs, 36 ha de territoire, identifiés comme milieux humides en 1996-1997, sont classés en 2000-2002 comme prairies sèches dominées par *Phalaris arundinacea*. La difficulté de bien distinguer les prairies sèches des hauts marais, surtout lorsqu'ils sont dominés par la même espèce, est à l'origine de cette confusion.

Plusieurs des gains observés n'ont pas été retenus en raison d'une surestimation des milieux humides en 2000-2002. D'abord, 90 ha de friches, situés sur l'île Sainte-Thérèse, semblent incorrectement identifiés comme milieux humides. Sur la même île, 29 ha de forêts terrestres sont identifiées à tort comme milieux humides en 2000-2002. Enfin, 19 ha d'agriculture ont été classifiés en 2000-2002 comme des milieux humides. On observe également cette différence sur l'île Sainte-Thérèse.

Entre 1990-1991 et 1996-1997 (archipel de Contrecoeur)

Les seules pertes de milieux humides non retenues durant cette période s'élèvent à 18 ha et se sont faites au profit des zones agricoles. Celles-ci s'observent sur la Grande Île et sur l'île Ronde. Une confusion entre les deux classes est à l'origine de cette différence.

Entre 1996-1997 et 2000-2002 (archipel de Contrecoeur)

Un seul gain n'a pas été retenu pour cette période. Il s'agit de la transformation de 17 ha de zones agricoles localisées sur la Grande Île et l'île Ronde qui seraient devenues des milieux humides. La même confusion que celle identifiée entre 1990-1991 et 1996-1997 semble expliquer cette différence.

43 Résultats des analyses de concordance Kappa pour le secteur Varennes-Contrecœur

Entre 1990-1991 et 2000-2002 (couverture complète)

Indice	Valeur
Kappa	0,59
<i>KHisto</i>	0,72
<i>KLoc</i>	0,82
Fraction identique	0,88
Kappa flou	0,47
Fraction floue identique	0,88

Entre 1970-1978 et 1990-1991 (île Sainte-Thérèse et îles de Varennes)

Indice	Valeur
Kappa	0,89
<i>KHisto</i>	0,97
<i>KLoc</i>	0,92
Fraction identique	0,87
Kappa flou	0,77
Fraction floue identique	0,94

Entre 1990-1991 et 1996-1997 (île Sainte-Thérèse et îles de Varennes)

Indice	Valeur
Kappa	0,87
<i>KHisto</i>	0,91
<i>KLoc</i>	0,96
Fraction identique	0,91
Kappa flou	0,72
Fraction floue identique	0,92

Entre 1996-1997 et 2000-2002 (île Sainte-Thérèse et îles de Varennes)

Indice	Valeur
Kappa	0,84
<i>KHisto</i>	0,93
<i>KLoc</i>	0,90
Fraction identique	0,90
Kappa flou	0,66
Fraction floue identique	0,90

Entre 1970-1978 et 1990-1991 (archipel de Contrecoeur)

Indice	Valeur
Kappa	0,45
<i>KHisto</i>	0,72
<i>KLoc</i>	0,63
Fraction identique	0,87
Kappa flou	0,17
Fraction floue identique	0,88

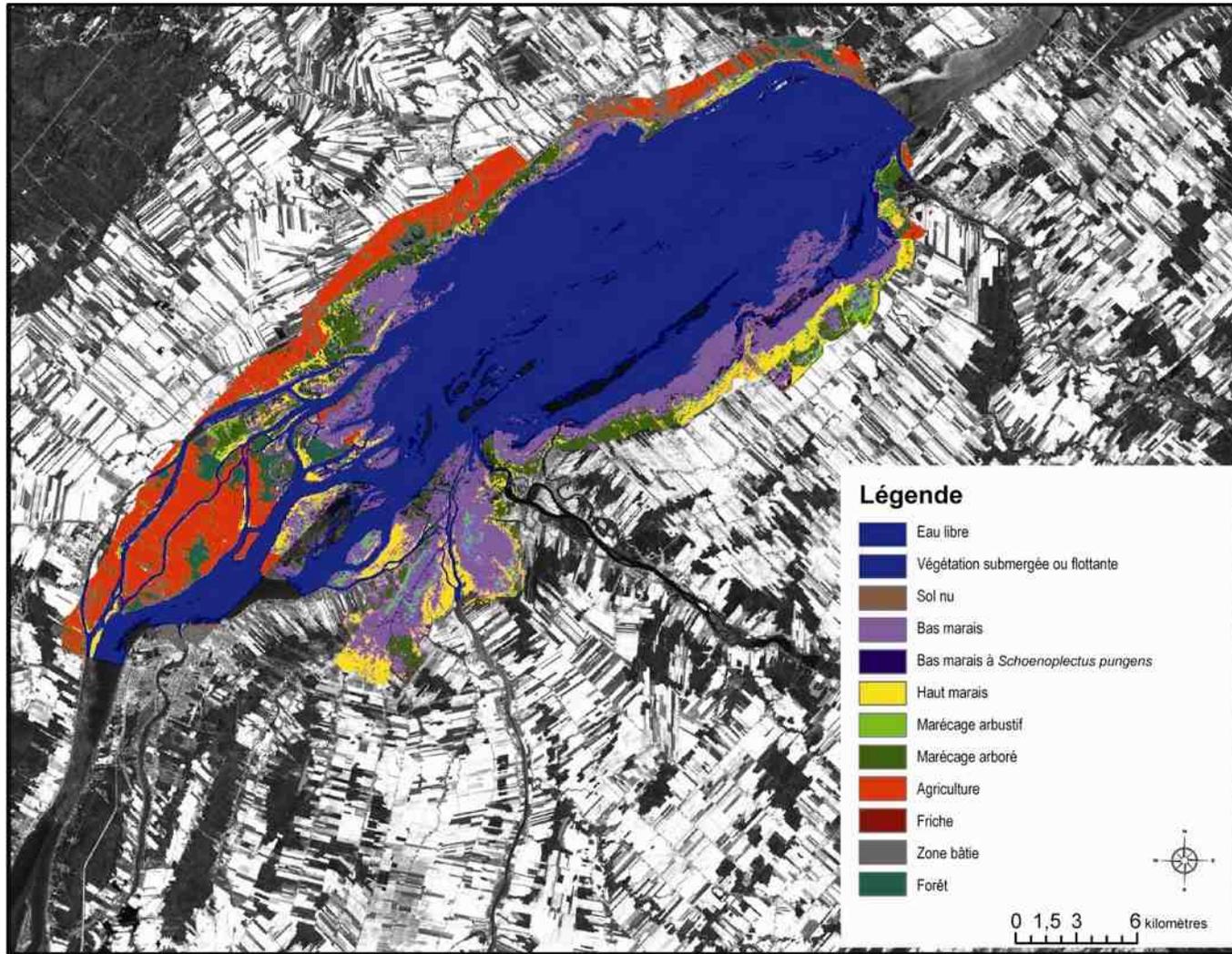
Entre 1990-1991 et 1996-1997 (archipel de Contrecoeur)

Indice	Valeur
Kappa	0,64
<i>KHisto</i>	0,74
<i>KLoc</i>	0,86
Fraction identique	0,90
Kappa flou	0,53
Fraction floue identique	0,91

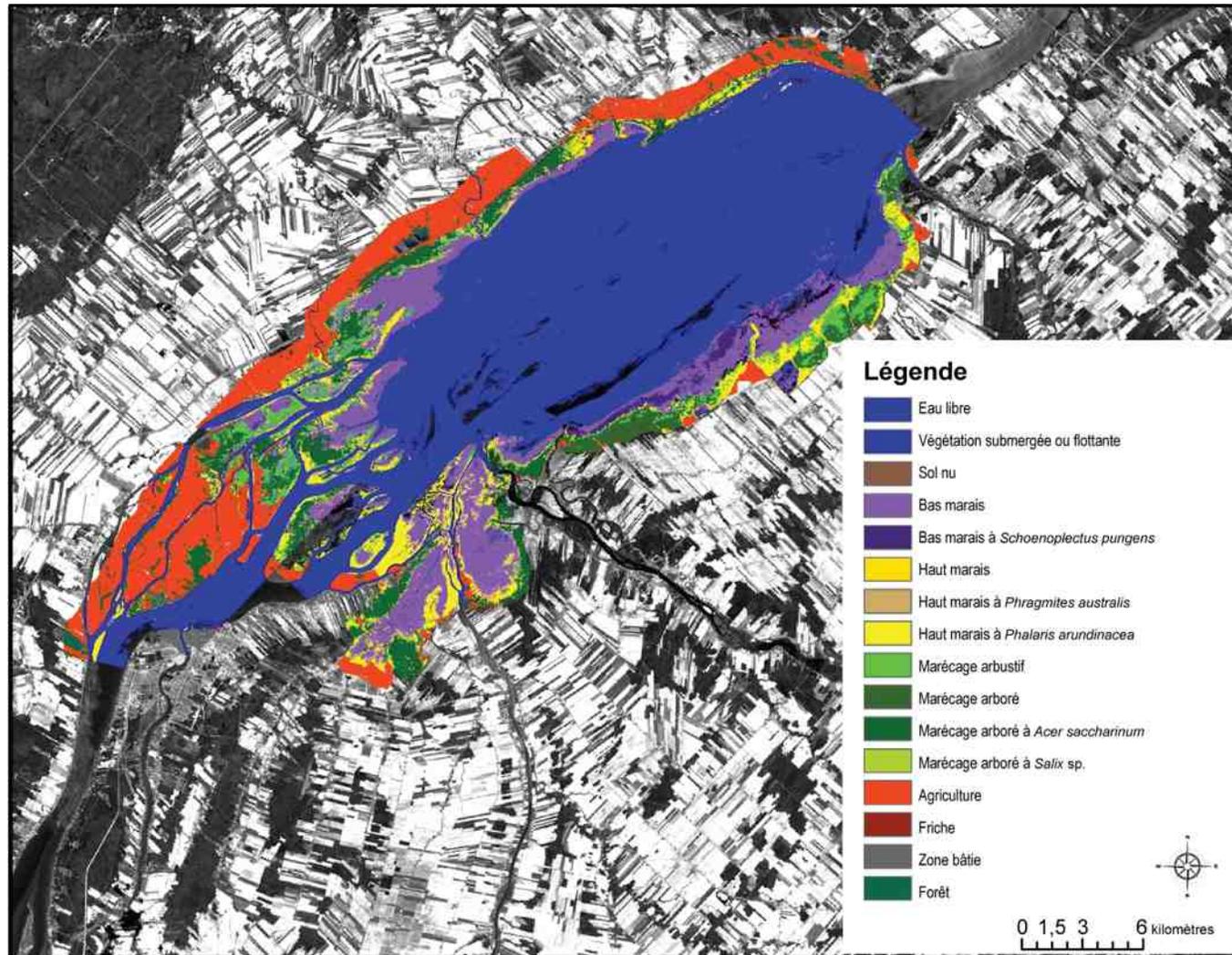
Entre 1996-1997 et 2000-2002 (archipel de Contrecoeur)

Indice	Valeur
Kappa	0,63
<i>KHisto</i>	0,80
<i>KLoc</i>	0,79
Fraction identique	0,89
Kappa flou	0,51
Fraction floue identique	0,91

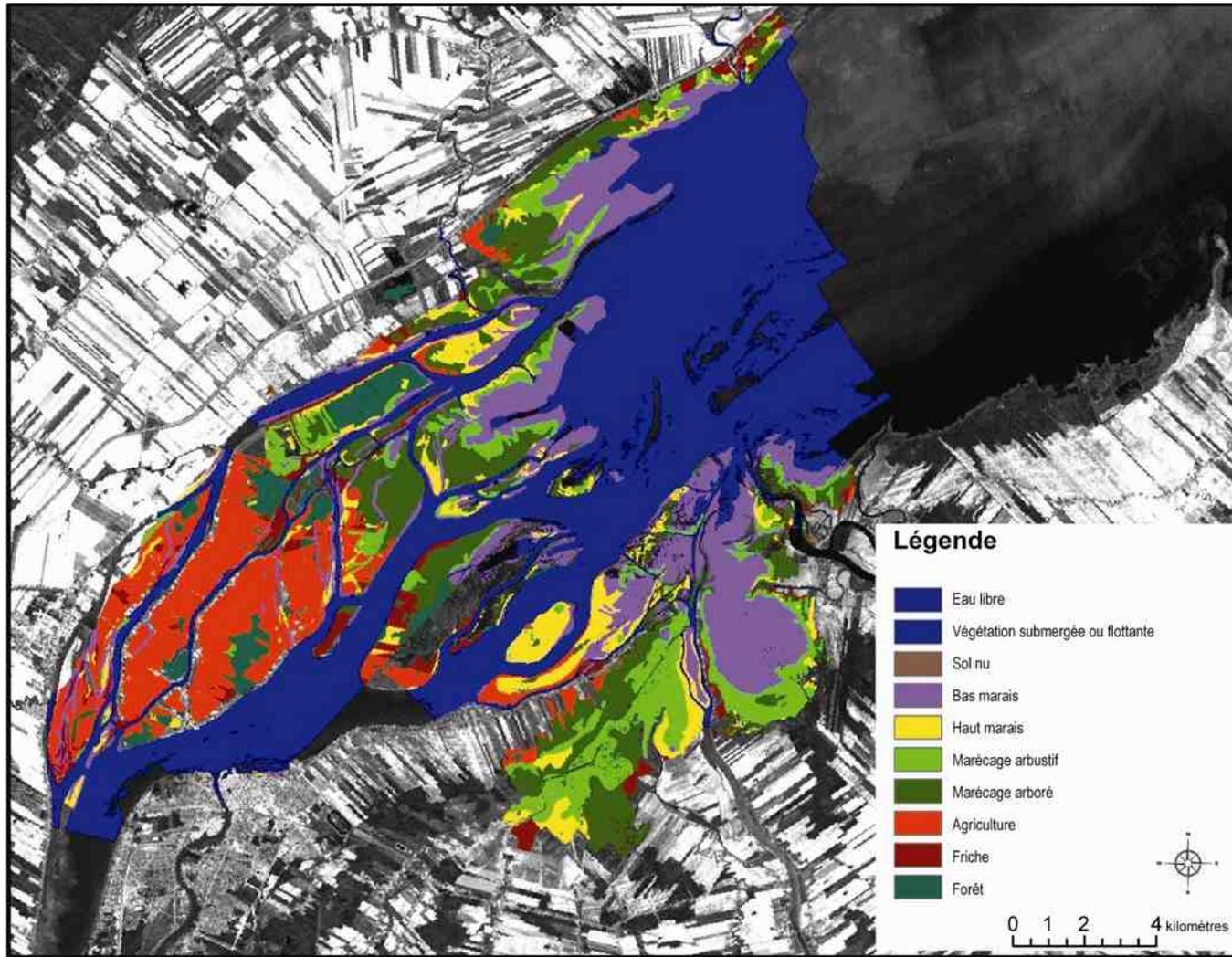
44 Milieux humides du lac Saint-Pierre en 1990-1991

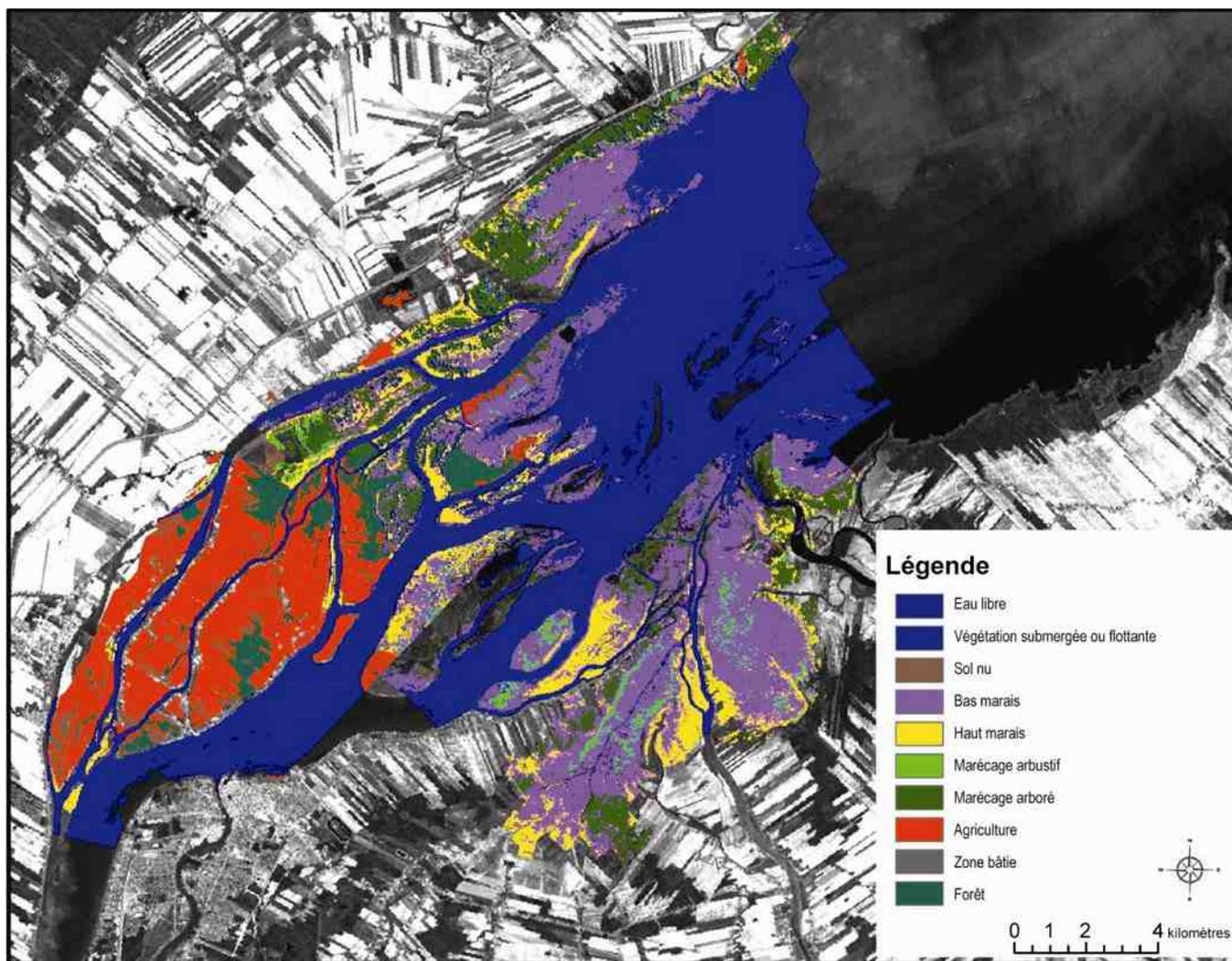


45 Milieux humides du lac Saint-Pierre en 2000-2002

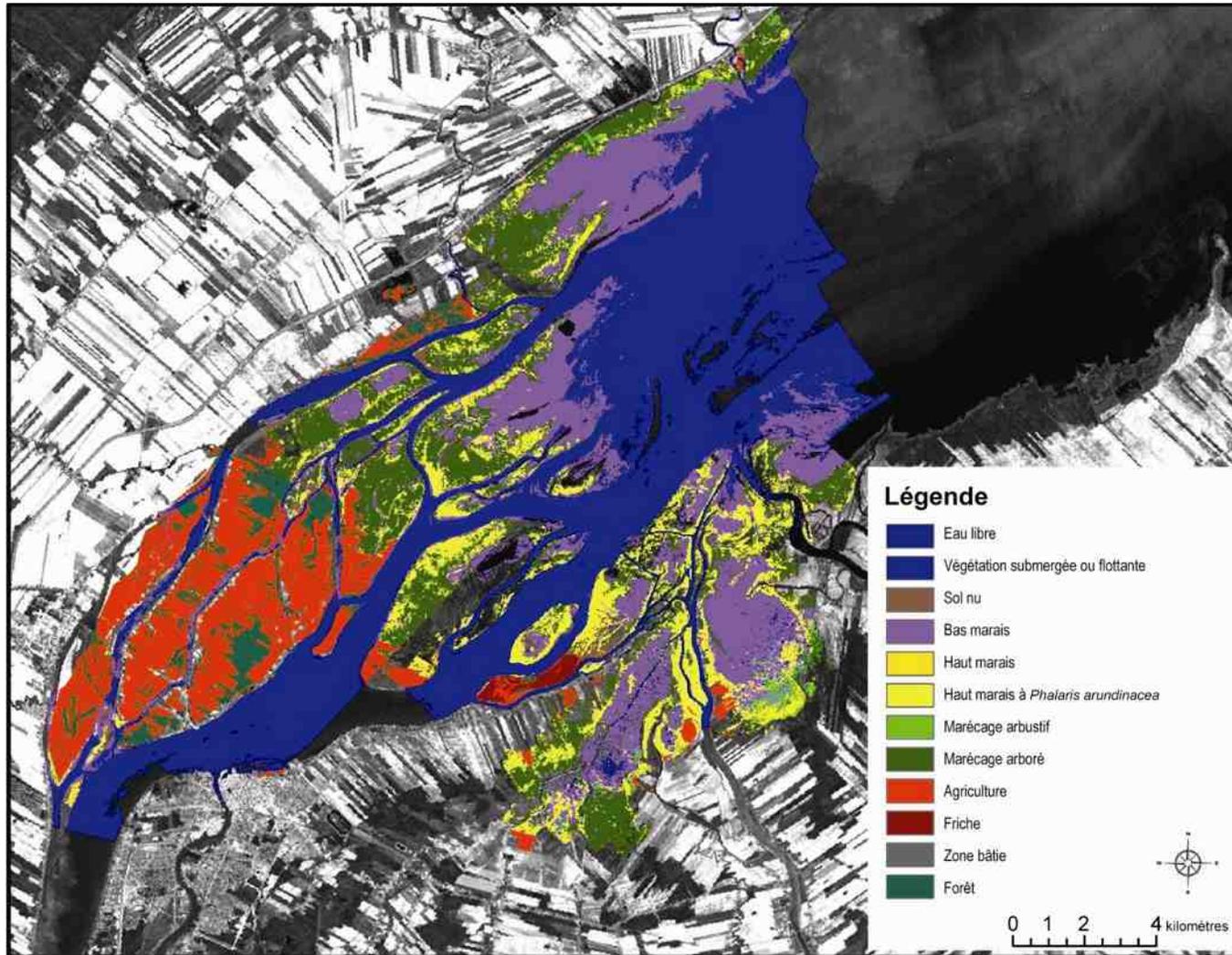


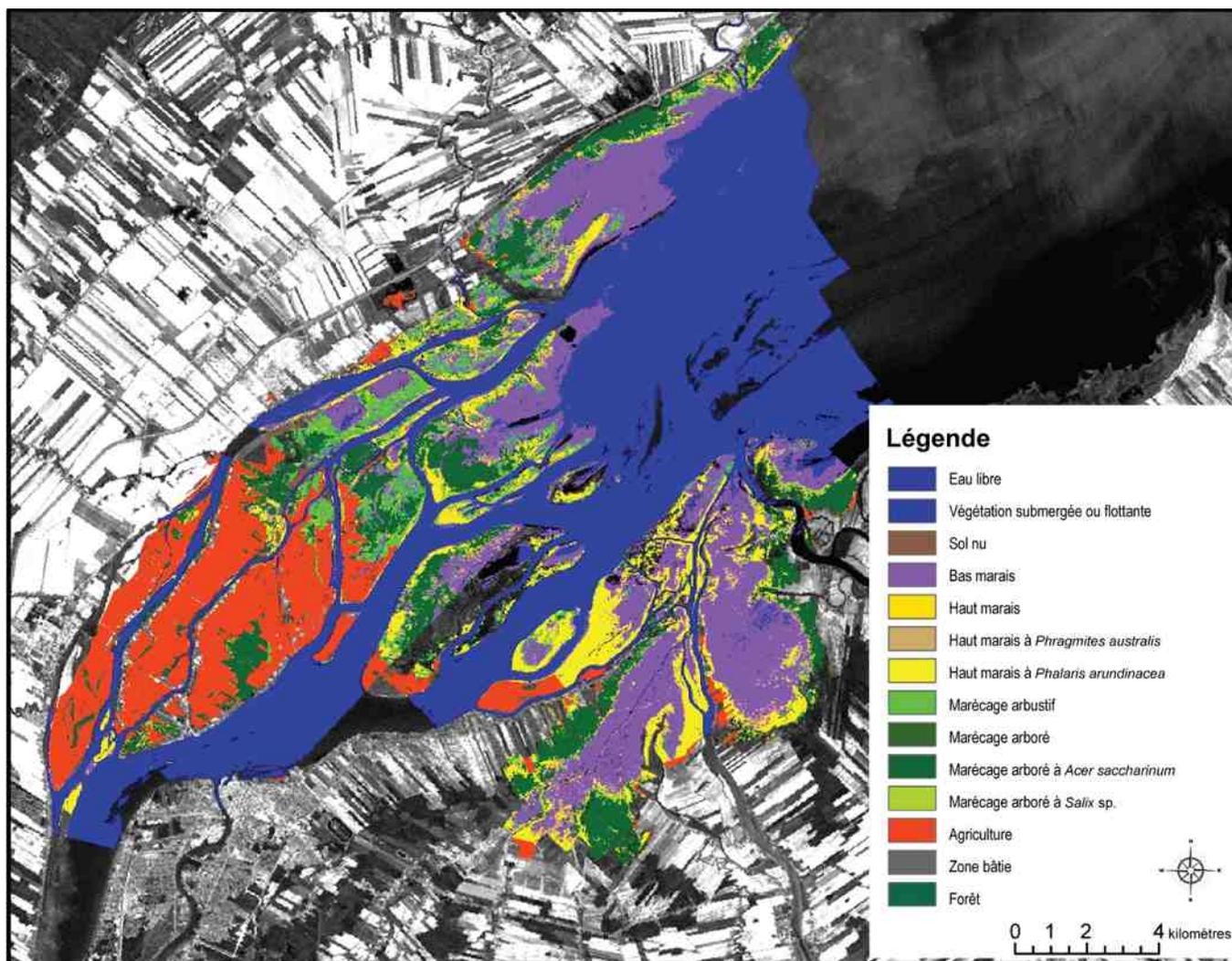
46 Milieux humides de la portion du lac Saint-Pierre analysée en 1970-1978



47 Milieux humides de la portion du lac Saint-Pierre analysée en 1990-1991

48 Milieux humides de la portion du lac Saint-Pierre analysée en 1996-1997



49 Milieux humides de la portion du lac Saint-Pierre analysée en 2000-2002

50 Pertes et gains pour le lac Saint-Pierre

Entre 1990-1991 et 2000-2002

Les seules pertes non retenues durant cette période comprennent 34 ha de milieux humides en 1990-1991 (des marécages arborés) qui ont été classifiés comme forêts terrestres en 2000-2002. Il semble s'agir ici d'une confusion entre les deux classes. De plus, 10 ha de milieux humides ont été classifiés en zones bâties en 2000-2002. Ils se situent le long de l'autoroute 40 et à quelques endroits sur la rive sud. Il semble que cela soit dû à un problème de géométrie entre les deux images ou à une confusion entre les deux classes.

Parmi les gains enregistrés qui ont été rejetés, une erreur de classification en 1990-1991 a désigné 773 ha de forêts alors que ces dernières sont classées comme milieux humides en 2000-2002. Ces incohérences sont localisées dans l'archipel du lac Saint-Pierre et dans le secteur de Nicolet. De plus, 296 ha de sols nus en 1990-1991 se sont retrouvés en milieux humides en 2000-2002. On les trouve dans l'archipel, le long de l'autoroute 40 et dans les environs de la Longue Pointe et de Nicolet. Ces changements sont probablement induits par des problèmes de géométrie et de confusion entre les classes. L'agriculture aurait perdu 292 ha, en majorité situés dans l'archipel du lac Saint-Pierre, mais des problèmes de confusion dans la définition des secteurs agricoles en 1990-1991 sont vraisemblablement en cause. Enfin, 130 ha de zones bâties en 1990-1991 ont été classés en milieux humides en 2000-2002. Ces transformations s'expliquent par une surestimation des zones urbaines en 1990-1991.

Entre 1970-1978 et 1990-1991

Des pertes de milieux humides au profit de sols nus, 40 ha, situés sur l'île de Grâce, sont en fait un artefact causé par la présence de nuages.

Ensuite, 353 ha de milieux humides ont été classifiés comme forêts terrestres. Ils s'observent à La Grande Île, à l'île aux Ours, à l'île Noyer et à l'île Lamarche. La difficulté de distinguer ces deux classes ne nous permet pas de considérer ces changements comme fiables.

Enfin, 87 ha de milieux humides ont été convertis en zones bâties. La répartition très dispersée nous laisse croire qu'il s'agit ici de problèmes de classification (surestimation des zones bâties en 1990-1991).

Deux types de gains n'ont pas été retenus. Le plus important est représenté par 294 ha de terres agricoles qui ont été identifiés en 1990-1991 comme des milieux humides. On les observe dans la baie de Maskinongé, dans la portion ouest de l'île Le Nid d'Aigle, dans la portion sud de l'île de Grâce, dans la section ouest de l'île du Moine et en bordure ouest de la baie de Lavallière. Une surestimation des milieux humides en 1990-1991 est vraisemblablement à l'origine de cette différence.

De plus, 168 ha des 337 ha des forêts terrestres qui se sont transformés en milieux humides en 1990-1991 n'ont pas été retenus. Ils s'observent dans la portion sud de l'île de Grâce de même qu'autour des aménagements de l'île Dupas. Il s'agit vraisemblablement de problèmes dans l'attribution des classes.

Entre 1990-1991 et 1996-1997

Parmi les pertes n'ayant pas été retenues, la principale s'élève à 295 ha et montre une transformation de milieux humides en terres agricoles. On observe principalement ce phénomène à Langue-de-Terre (au nord de l'île Le Nid d'Aigle), à l'extrémité sud de l'île de Grâce, sur l'île du Moine et autour des baies de Lavallière et Saint-François. Il semble qu'une surestimation des milieux humides en 1990-1991 soit à l'origine de cette différence.

De plus, 109 ha de milieux humides sont devenus des forêts terrestres dans le secteur de Langue-de-Terre (nord de l'île Le Nid d'Aigle). Il s'agit vraisemblablement ici d'une surestimation des forêts en 1996-1997. Enfin, 12 ha de milieux humides ont été incorrectement classifiés en zones bâties en 1996-1997.

Trois types de gains ont été rejetés durant cette période. D'abord, 366 ha de forêts terrestres ont été classifiés comme milieux humides. Il semble que ces deux classes aient été confondues sur la carte de 1990-1991. Ensuite, 195 ha de cultures et de pâturages ont été classifiés en milieux humides. On observe ici une confusion entre les hauts marais et l'agriculture. Enfin, 42 ha de zones bâties ont été classifiés en milieux humides en 1996-1997. Il s'agit vraisemblablement d'une surestimation des zones bâties en 1990-1991.

Entre 1996-1997 et 2000-2002

Les seules pertes d'importance n'ayant pas été retenues totalisent 31 ha de milieux humides qui ont été incorrectement identifiés comme forêts terrestres. Il s'agit en grande partie de boisés incorrectement classifiés comme milieux terrestres, en dépit des données de validation prises sur le terrain montrant qu'il s'agit bien de marécages.

Parmi les gains n'ayant pas été retenus figurent les plus importants gains en milieux humides (462 ha), qui ont remplacé des forêts terrestres. On rencontre ce phénomène principalement dans la portion ouest de l'archipel. Des différences dans la capacité à distinguer les milieux terrestres des milieux humides entre les deux dates sont vraisemblablement à l'origine des présumés changements.

Ensuite, 243 ha de terres agricoles sont maintenant devenus des milieux humides. Il semble s'agir d'une surestimation des milieux humides en 2000-2002. Enfin, un peu plus de 30 ha de friches localisés sur l'île du Moine sont redevenus des milieux humides. Il s'agit ici de divergences dans la distinction entre les milieux terrestres et les milieux humides.

51 Résultats des analyses de concordance Kappa pour le lac Saint-Pierre

Entre 1990-1991 et 2000-2002

Indice	Valeur
Kappa	0,54
<i>KHisto</i>	0,74
<i>KLoc</i>	0,73
Fraction identique	0,66
Kappa flou	0,33
Fraction floue identique	0,68

Entre 1970-1978 et 1990-1991

Indice	Valeur
Kappa	0,59
<i>KHisto</i>	0,85
<i>KLoc</i>	0,69
Fraction identique	0,70
Kappa flou	0,18
Fraction floue identique	0,72

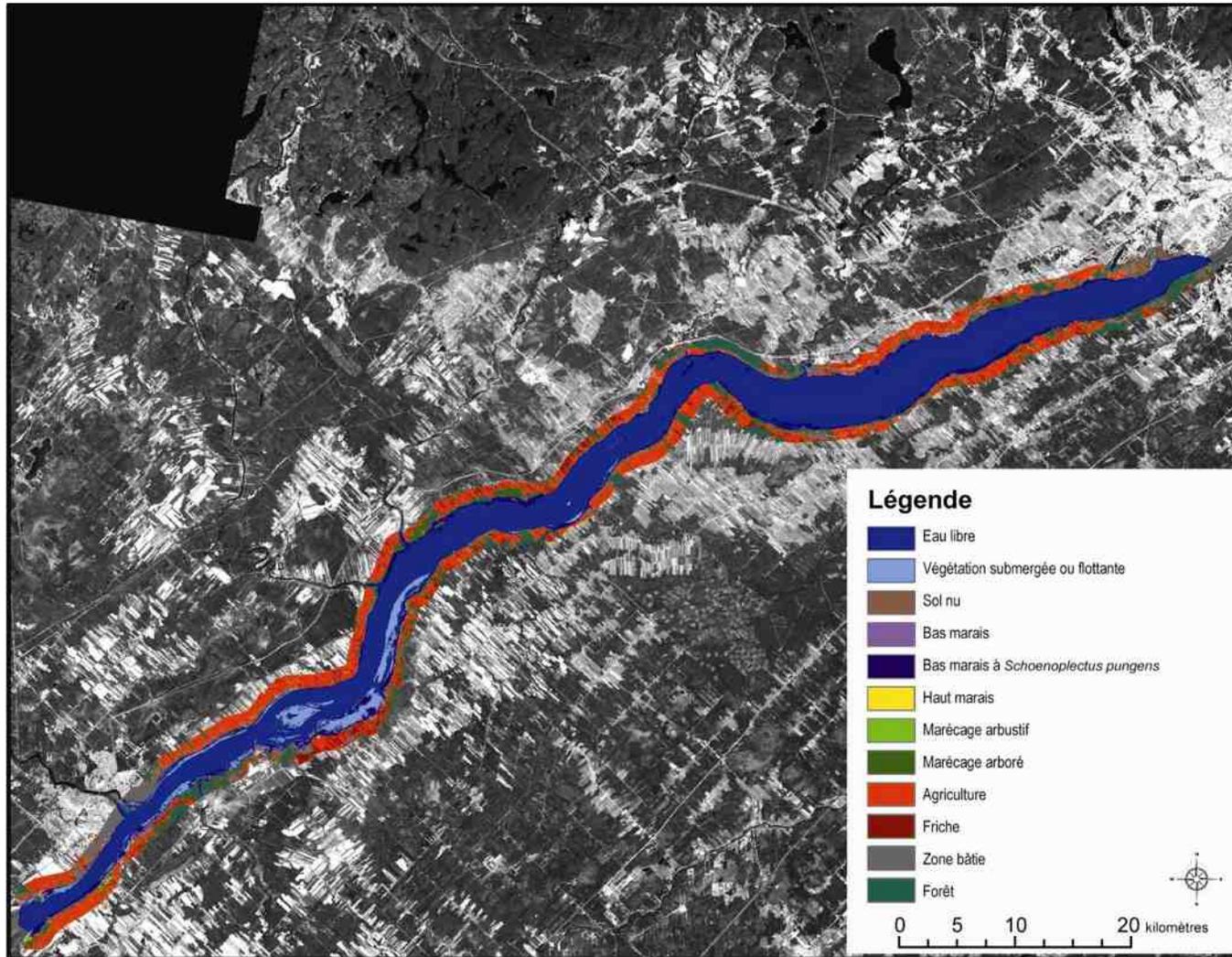
Entre 1990-1991 et 1996-1997

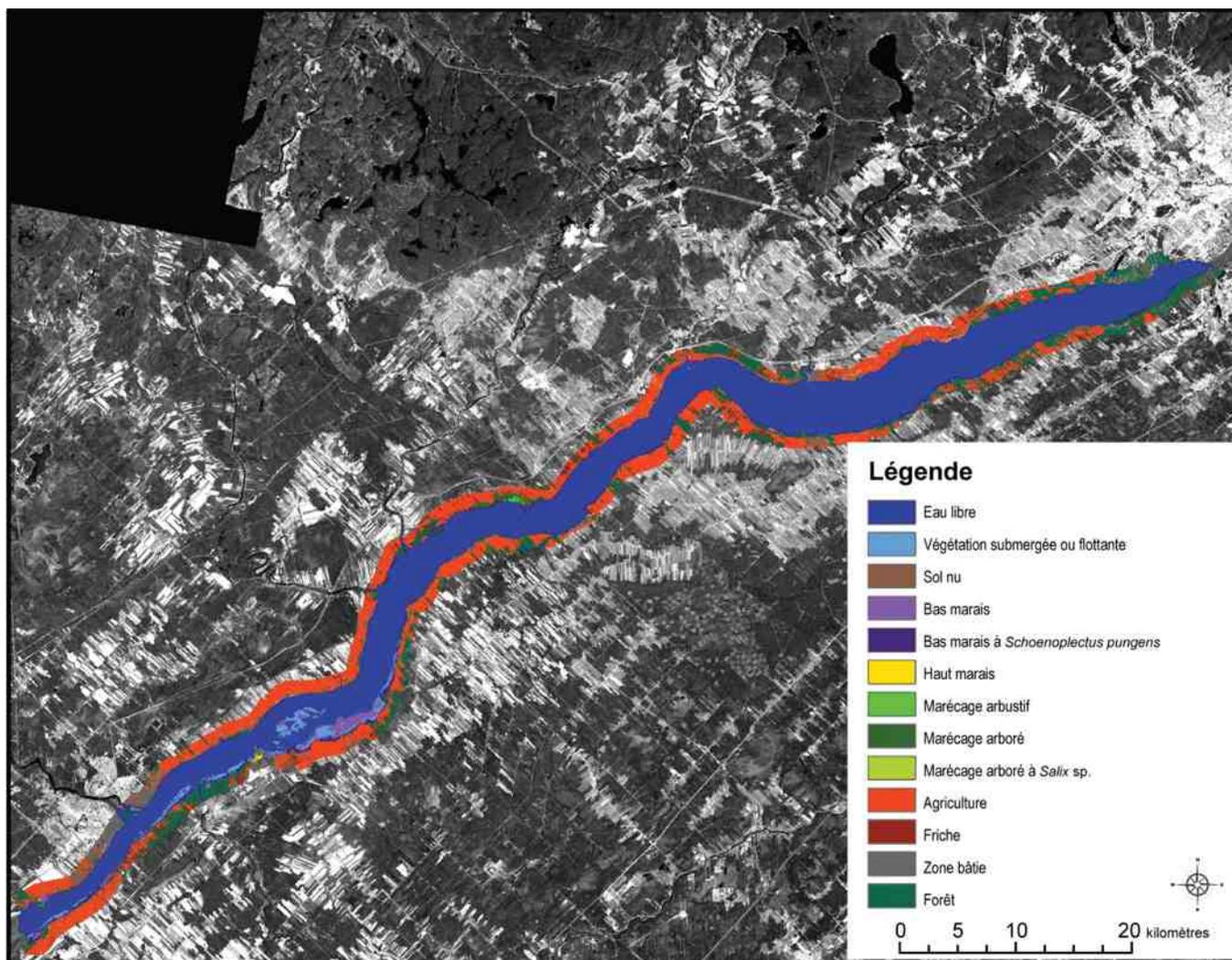
Indice	Valeur
Kappa	0,56
<i>KHisto</i>	0,77
<i>KLoc</i>	0,73
Fraction identique	0,68
Kappa flou	0,27
Fraction floue identique	0,70

Entre 1996-1997 et 2000-2002

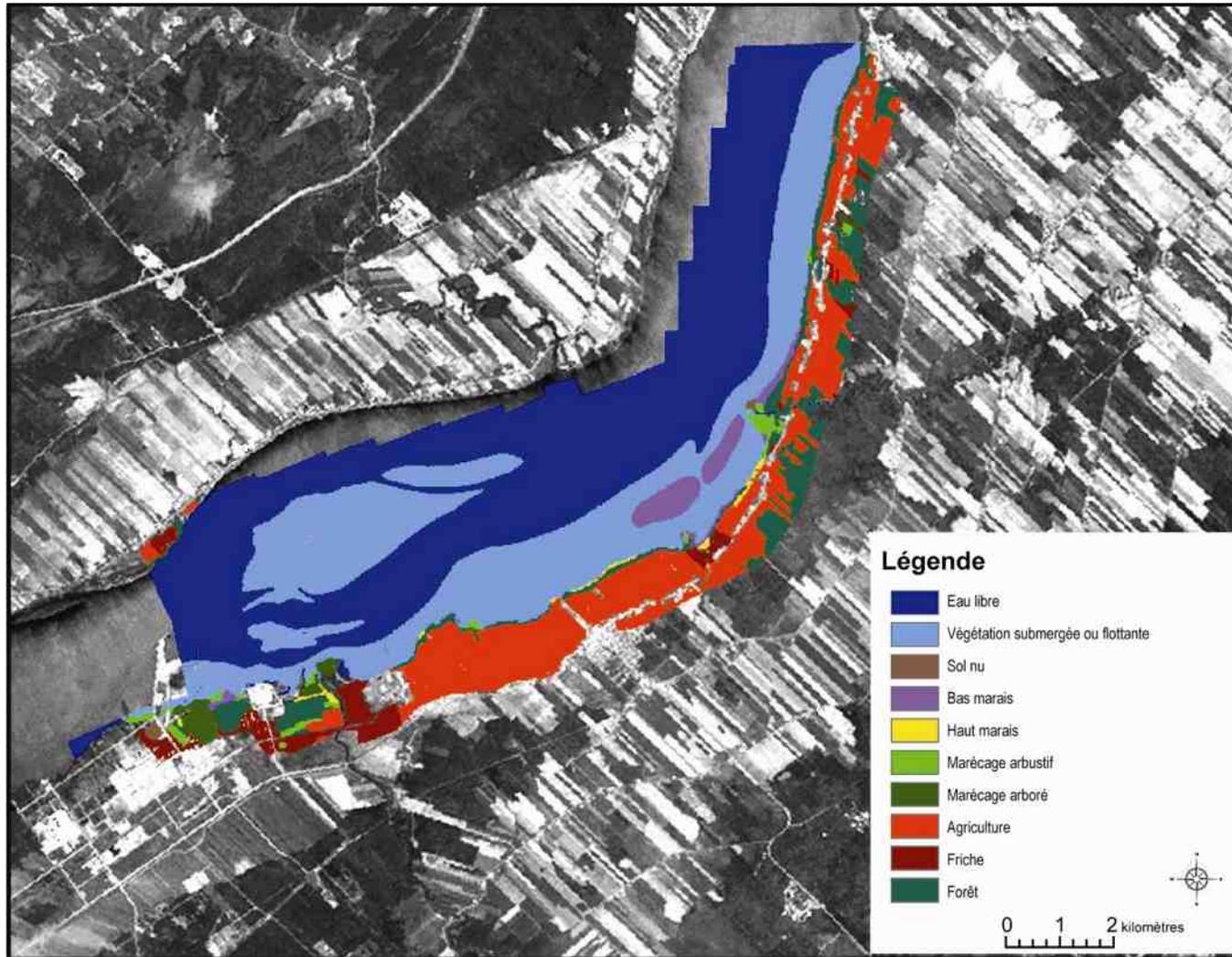
Indice	Valeur
Kappa	0,58
<i>KHisto</i>	0,74
<i>KLoc</i>	0,78
Fraction identique	0,68
Kappa flou	0,37
Fraction floue identique	0,70

52 Milieux humides de l'estuaire fluvial en 1990-1991

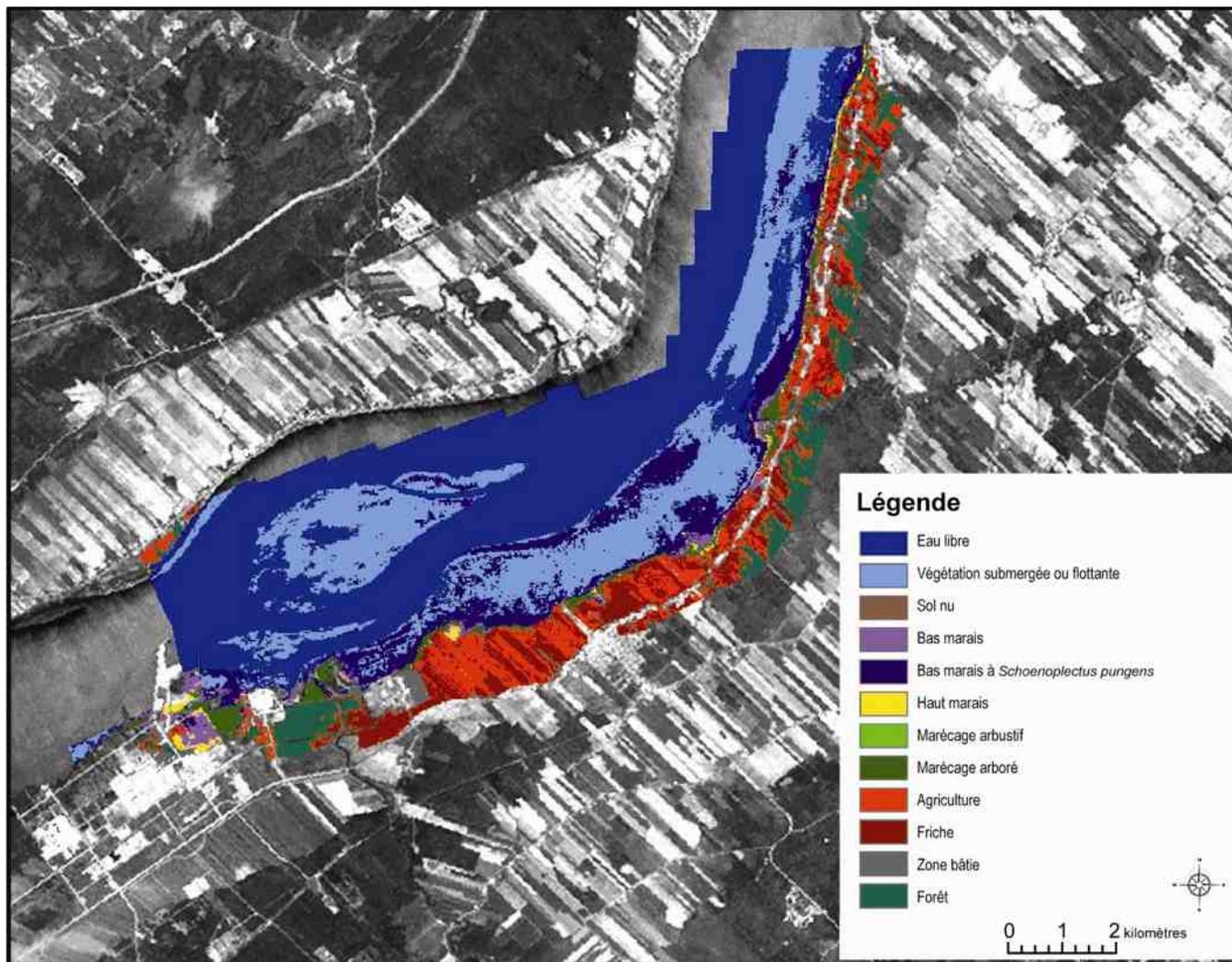


53 Milieux humides de l'estuaire fluvial en 2000-2002

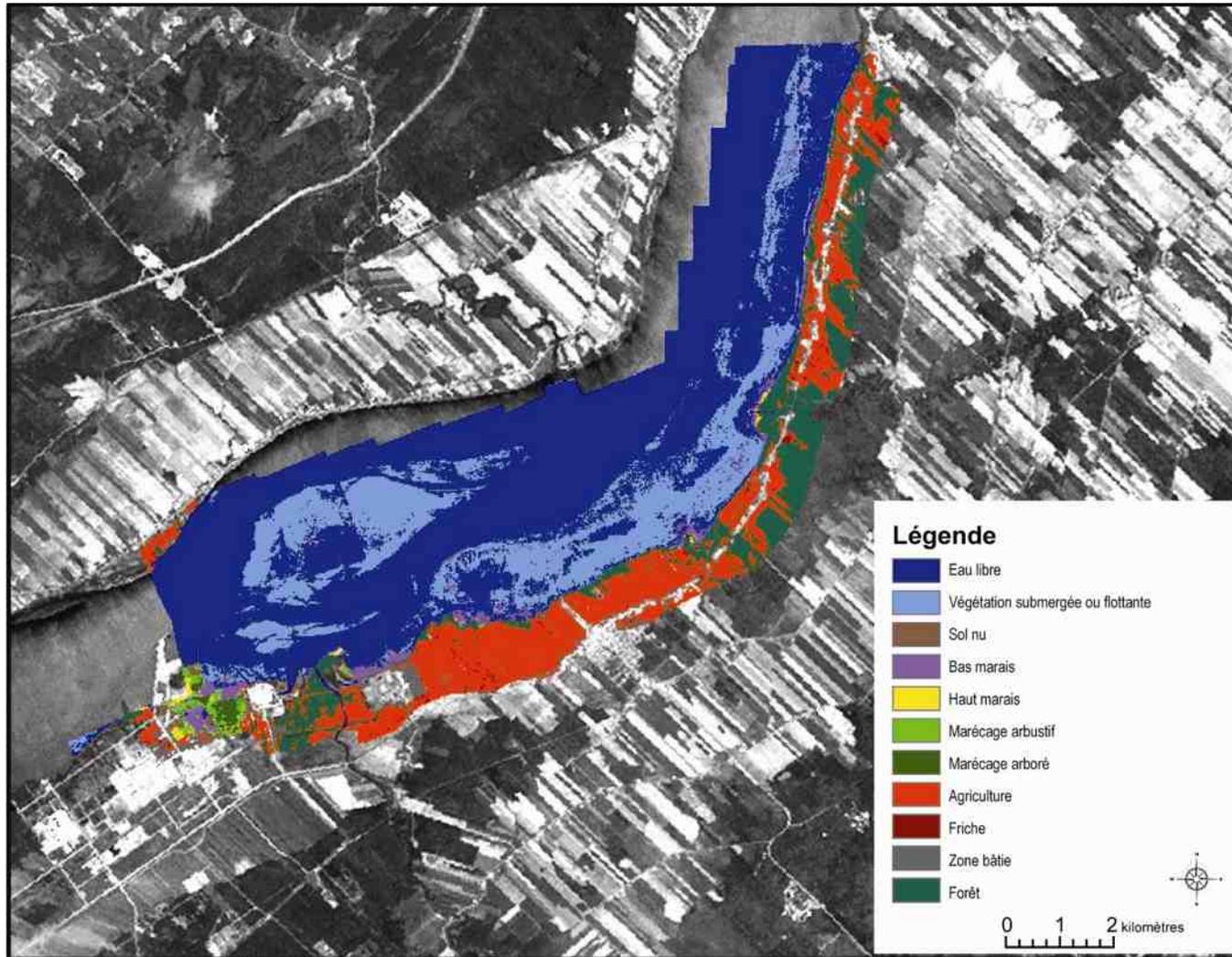
54 Milieux humides de la portion de l'estuaire fluvial analysée en 1970-1978

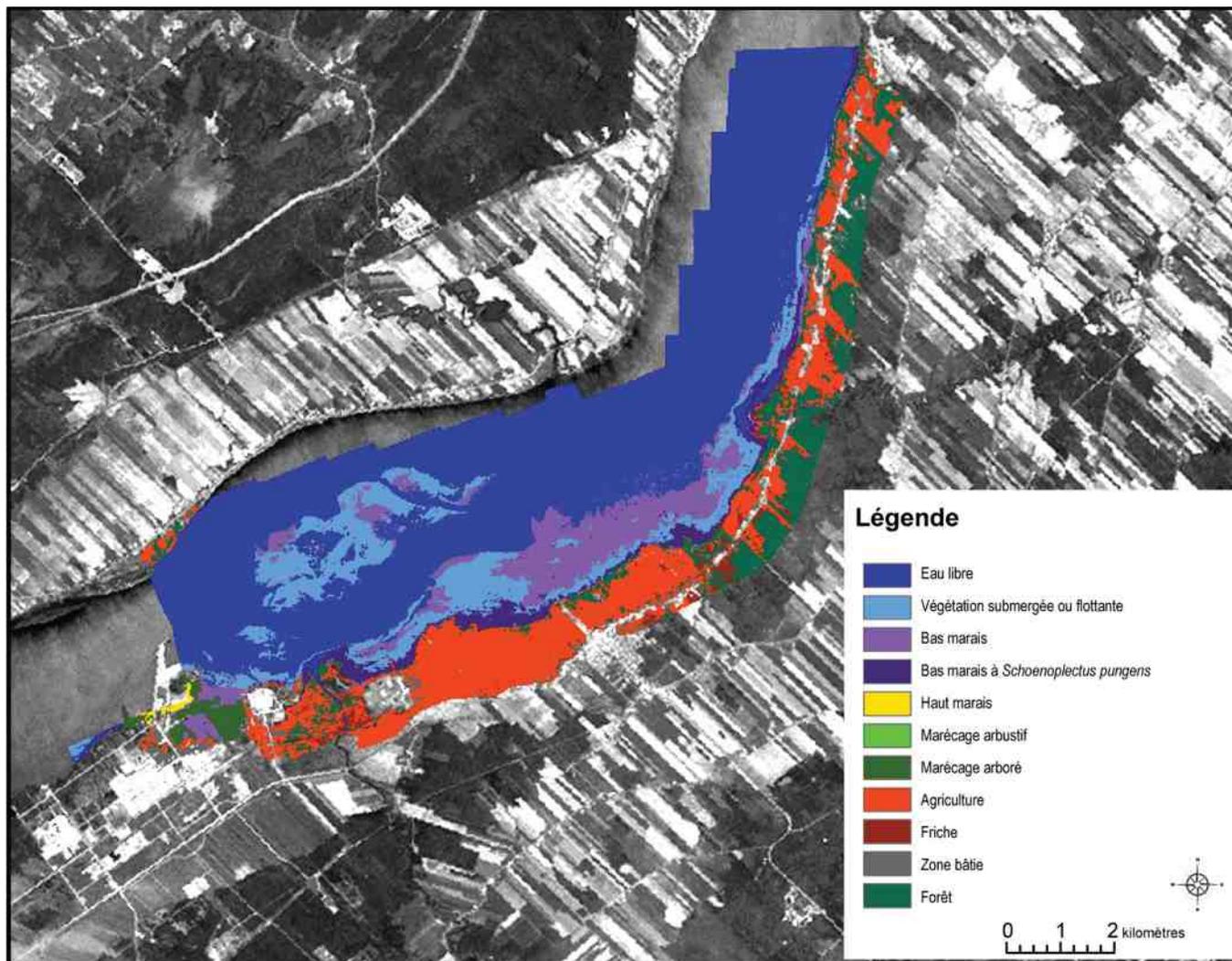


55 Milieux humides de la portion de l'estuaire fluvial analysée en 1990-1991



56 Milieux humides de la portion de l'estuaire fluvial analysée en 1996-1997



57 Milieux humides de la portion de l'estuaire fluvial analysée en 2000-2002

58 Pertes et gains non retenus pour l'estuaire fluvial

Entre 1990-1991 et 2000-2002

La majeure partie des pertes de milieux humides non retenues montrent une progression de l'eau libre évaluée à 3037 ha. On observe cette différence sur toute la longueur de l'estuaire fluvial, avec une certaine concentration dans le secteur de Gentilly. Cette différence semble être le résultat de différences dans la marée (station hydrométrique de Champlain, entre 0,579 m et 0,691 m en 1991, entre 0,720 m et 1,278 m en 2000 et 0,787 m en 2002).

Par ailleurs, 489 ha de milieux humides ont été étiquetés comme des forêts en 2000-2002. On observe principalement ce changement dans le secteur de Sainte-Anne-de-la-Pérade, bien qu'il soit aussi visible ailleurs sur le territoire. Il semble que cette différence entre les deux cartes puisse s'expliquer par une incertitude sur l'identification des zones forestières (marécage ou forêt terrestre).

Des transformations totalisant 322 ha montrant le passage de milieux humides en terres agricoles, 287 ha n'ont pas été retenues. Ces superficies se concentrent dans les secteurs de Sainte-Anne-de-la-Pérade, de Gentilly et de Bécancour (à proximité du pont Laviolette). On observe ici une surestimation de l'agriculture en 2000-2002, particulièrement sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent. À l'inverse, il semble qu'une sous-estimation des marécages en 2000-2002 soit présente dans le secteur de Gentilly. Il est clair en examinant les images brutes, que la mince zone forestière touchée n'a pas vraiment changé.

De plus, 75 ha de friches sont apparus en 2000-2002, remplaçant des milieux humides (majoritairement des marais). Ces changements se concentrent dans trois secteurs, soit Bécancour, Gentilly et Sainte-Anne-de-la-Pérade. Dans le premier cas, il semble qu'une surestimation des milieux humides soit présente en 1990-1991. Pour Gentilly, une confusion entre les classes forestières (forêt ou marécage) et la friche est apparente. Enfin, à Sainte-Anne-de-la-Pérade, une surestimation des zones arborées (forêt ou marécage) en 1990-1991 est survenue.

Par ailleurs, 58 ha de milieux humides en 1990-1991 ont été remplacés par des zones bâties en 2000-2002. On en observe de petites superficies un peu partout sur le territoire avec des concentrations près de la centrale nucléaire de Gentilly. Nous avons vraisemblablement affaire ici

à un problème de géométrie ou à des différences dans la définition des zones bâties utilisées sur les deux cartes.

Enfin, 46 ha de milieux humides en 1990-1991 ont été classifiés en sols nus en 2000. On les observe à plusieurs endroits : à l'embouchure de la rivière Batiscan, à Sainte-Anne-de-la-Pérade et dans le secteur de Grondines (vraisemblablement causé par une surestimation des marais en 1990-1991), près du village de Lotbinière et à proximité de la ferme expérimentale de Deschambault (en raison d'une confusion avec un panache de matière en suspension dans l'eau, identifié comme marais à scirpe américain en 1990-1991).

Les principaux gains non retenus totalisent 227 ha de forêts en 1990-1991 et ils ont été identifiés comme milieux humides (en majorité des marécages) en 2000-2002. On observe ce phénomène principalement à Grondines de même qu'à l'île aux Sternes et à l'embouchure de la rivière Batiscan (résultat d'une confusion entre forêt et marécage arboré). Ensuite, 56 ha de zones agricoles ont été classifiées en milieux humides en 2000-2002. Le secteur de Grondines est l'endroit où la majorité de ces changements sont observés, mais ils semblent causés par un problème significatif de géométrie, ce qui pourrait se confirmer par les changements observés à l'intérieur des terres. On peut également voir ces changements à Gentilly où il semble que des confusions en soient responsables.

Par ailleurs, 35 ha de zones bâties en 1990-1991 ont été classifiés en milieux humides en 2000-2002. On les observe de façon dispersée sur le territoire, avec toutefois des concentrations à Gentilly et à Grondines. Des différences entre les masques de milieux terrestres de même que les problèmes de géométrie décrits plus hauts semblent expliquer ces changements. De plus, 14 ha de sols nus en 1990-1991 se sont retrouvés en milieux humides en 2000-2002. Aucune concentration majeure n'est visible sur les cartes indiquant des changements.

Enfin, 13 ha de friches ont été identifiés comme milieux humides en 2000-2002. On rencontre ce phénomène sur l'île aux Sternes, à Gentilly et à Grondines. L'absence de données précises ne nous permet pas de vérifier si ces changements sont réels.

Entre 1970-1978 et 1990-1991

Les principales pertes non retenues se sont faites au profit de l'eau libre (436 ha). On les observe en deux grandes concentrations à l'est de Gentilly (clairement identifiées sur la carte du

Groupe Dryade). Il semble que l'effet des marées soit à l'origine de ces transformations. Le reste des changements (totalisant 8 ha) semble être le résultat d'incohérences.

Tous les gains observés ont été, après examen, rejetés de la présente analyse. Les principaux gains (684 ha) montrent un passage d'eau libre vers des milieux humides. On note de grandes superficies de ces changements le long de la rive sud de cette portion du Saint-Laurent. Nous attribuons cette différence à l'effet des marées, responsable du fait que des marais à *Schoenoplectus pungens* inondés ont été identifiés par Dryade comme de l'eau peu profonde.

Par ailleurs, 98 ha de forêts terrestres ont été classifiés en 1990-1991 en milieux humides. Il s'agit ici de problèmes de classification des forêts riveraines qui ont été, dans les cartographies récentes, majoritairement identifiés comme forêts terrestres. De petites parcelles de terres agricoles, totalisant 12 ha, ont été considérées comme milieux humides en 1990-1991. Il semble que cela soit dû en partie à une surestimation des forêts riveraines (incorrectement identifiées comme milieux humides en 1990-1991). Le reste des gains, totalisant 12 ha, n'a pas été retenu.

Entre 1990-1991 et 1996-1997

Parmi les pertes non retenues, la plus importante s'élève à 1062 ha et montre la transformation de milieux humides en zones d'eau libre. On observe principalement ce phénomène le long de la rive sud. L'effet des marées semble expliquer ce phénomène (station hydrométrique de Champlain : 0,616 m, le 3 septembre 1991 à 15 h 53 HAE; 0,815 m, le 10 août 1997 à 10 h 00 HAE). Par ailleurs, 134 ha de milieux humides ont été incorrectement classifiés en forêts terrestres (comme cela a été le cas entre 1970-1978 et 1990-1991). De plus, 62 ha de milieux humides sont devenus des cultures ou des pâturages en 1996-1997, un peu partout le long de la rive sud. Cela pourrait vraisemblablement être causé par la surestimation des milieux humides (marécages) sur la carte de 1990-1991. Enfin, 18 ha de sols nus auraient remplacé, à tort, des milieux humides, principalement dans le secteur de la centrale nucléaire de Gentilly. Une surestimation du substrat en 1996-1997 est probablement en cause.

Un total de 10 ha de gains au détriment de milieux terrestres n'ont pas été retenus.

Entre 1996-1997 et 2000-2002

Aucun gain n'a été retenu. Les plus imposants totalisent 622 ha et ont été faits au détriment de l'eau libre. Les différences entre les niveaux des marées peuvent expliquer cette grande variation (station hydrométrique de Champlain : 0,815 m, le 10 août 1997 à 10 h 10 HAE; 0,740 m, le 20 septembre 2000 à 11 h 40 HAE). Par ailleurs, 20 ha de sols nus ont été classés en milieux humides. Il semble toutefois que la surestimation des sols nus sur la carte de 1996-1997 soit à l'origine de cette différence. De plus, 17 ha de forêts terrestres sont devenus des milieux humides en 2000-2002. Cela pourrait être lié à des problèmes de géométrie sur l'image prise à cette dernière date. Dans la même veine, 14 ha de terres agricoles et 10 ha de zones bâties identifiés en 1996-1997 ont été incorrectement classifiés comme milieux humides en 2000-2002.

59 Résultats des analyses de concordance Kappa pour l'estuaire fluvial

Entre 1990-1991 et 2000-2002

Indice	Valeur
Kappa	0,82
<i>KHisto</i>	0,90
<i>KLoc</i>	0,91
Fraction identique	0,90
Kappa flou	0,64
Fraction floue identique	0,91

Entre 1970-1978 et 1990-1991

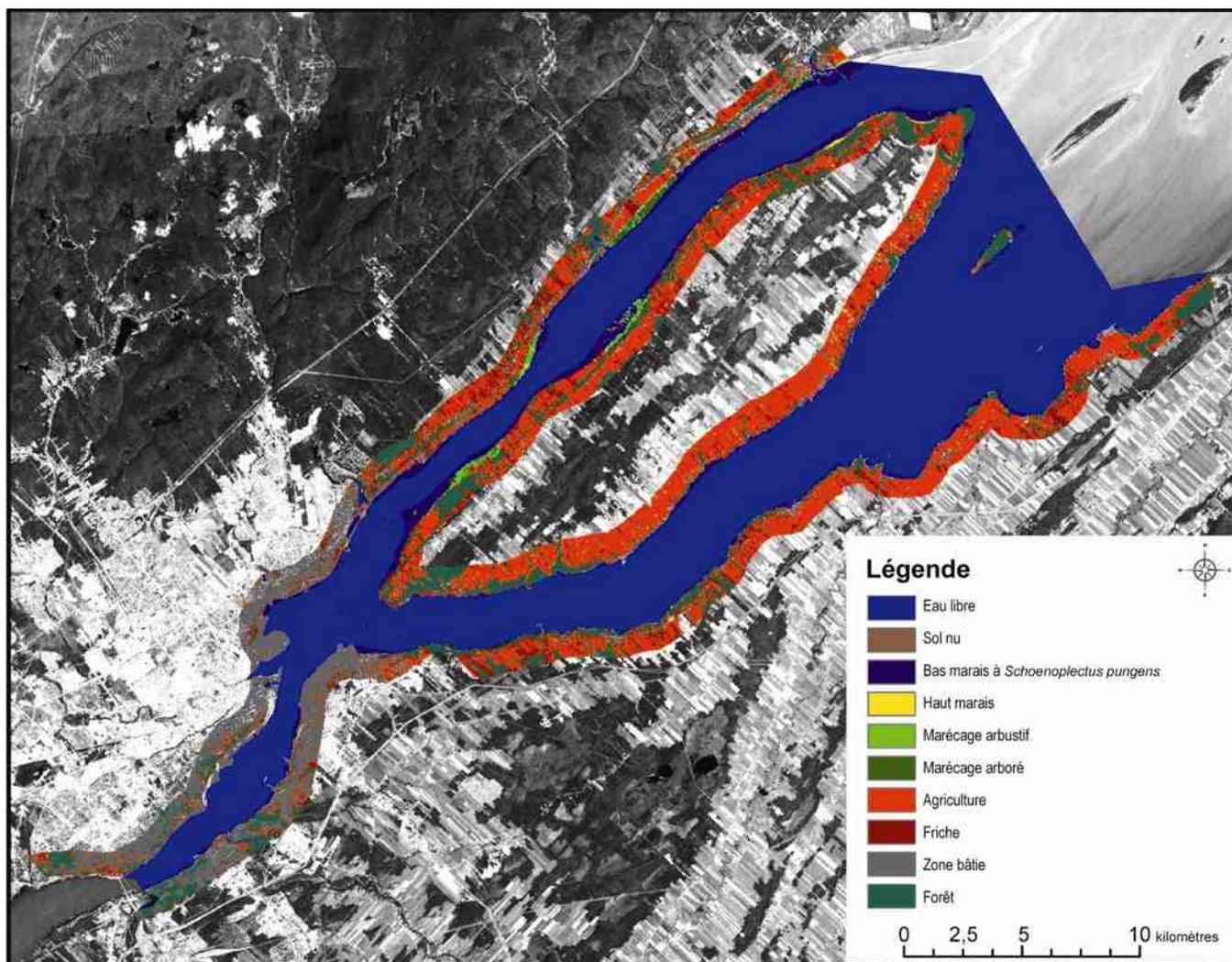
Indice	Valeur
Kappa	0,62
<i>KHisto</i>	0,85
<i>KLoc</i>	0,73
Fraction identique	0,73
Kappa flou	0,25
Fraction floue identique	0,74

Entre 1990-1991 et 1996-1997

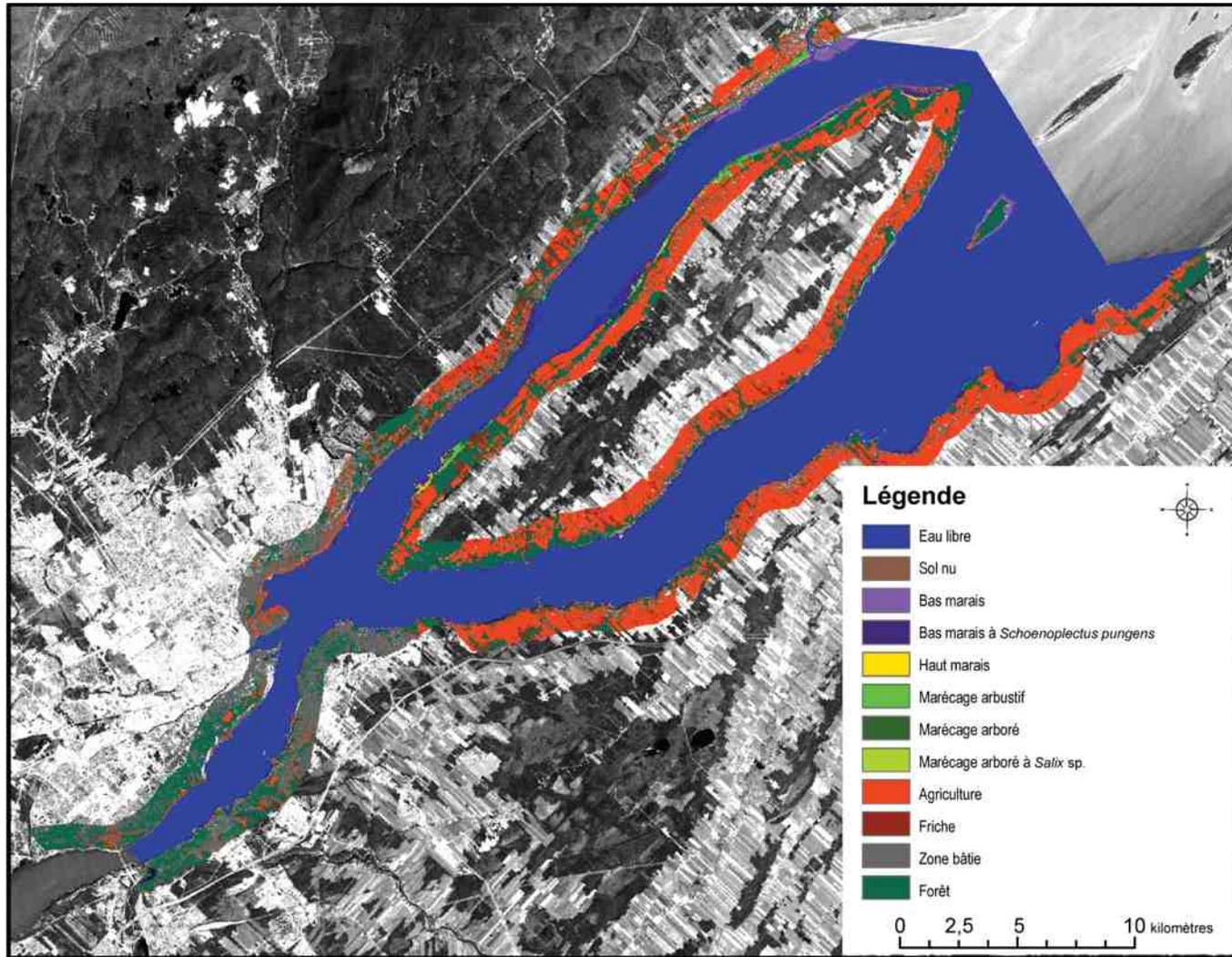
Indice	Valeur
Kappa	0,61
<i>KHisto</i>	0,78
<i>KLoc</i>	0,78
Fraction identique	0,73
Kappa flou	0,30
Fraction floue identique	0,76

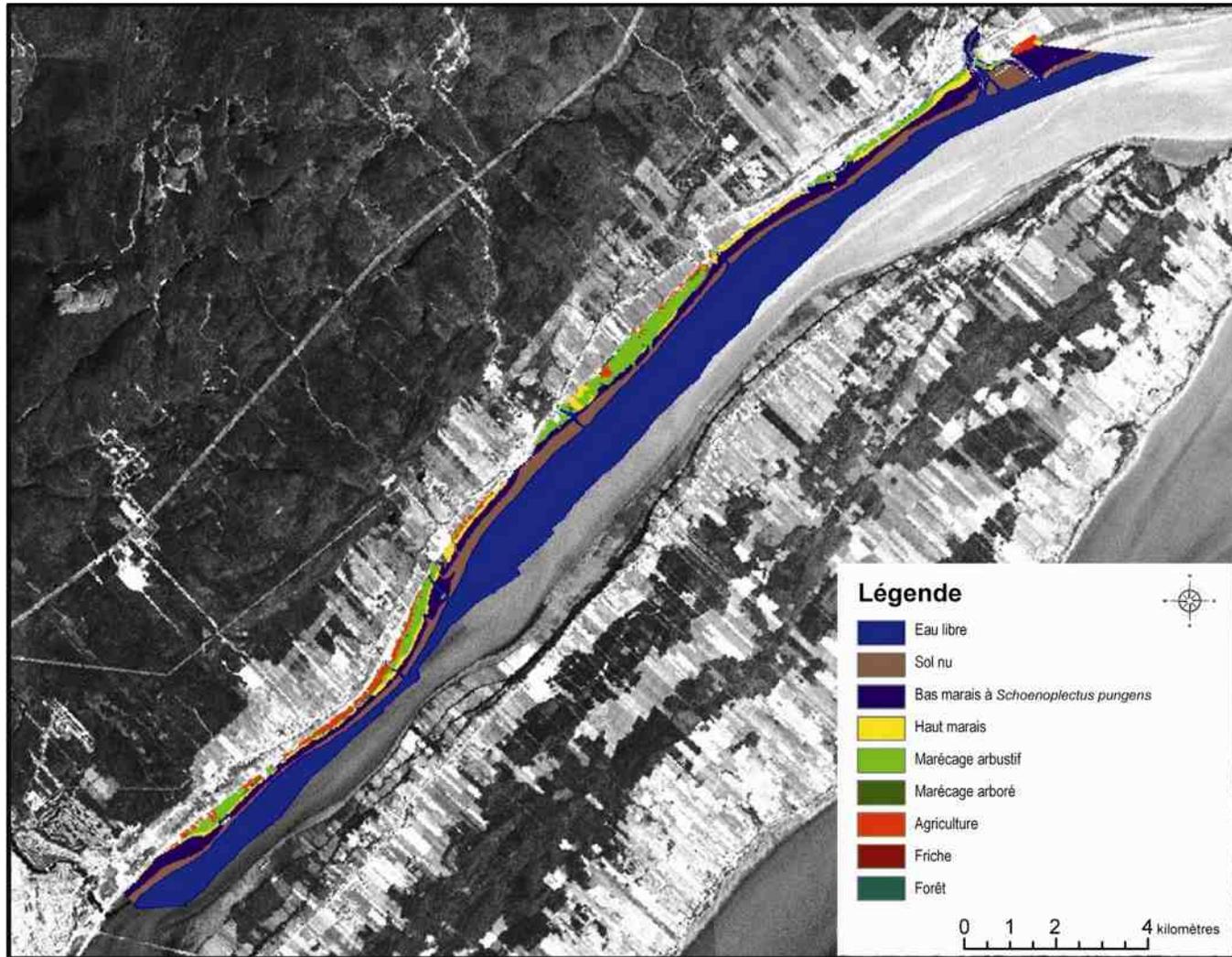
Entre 1996-1997 et 2000-2002

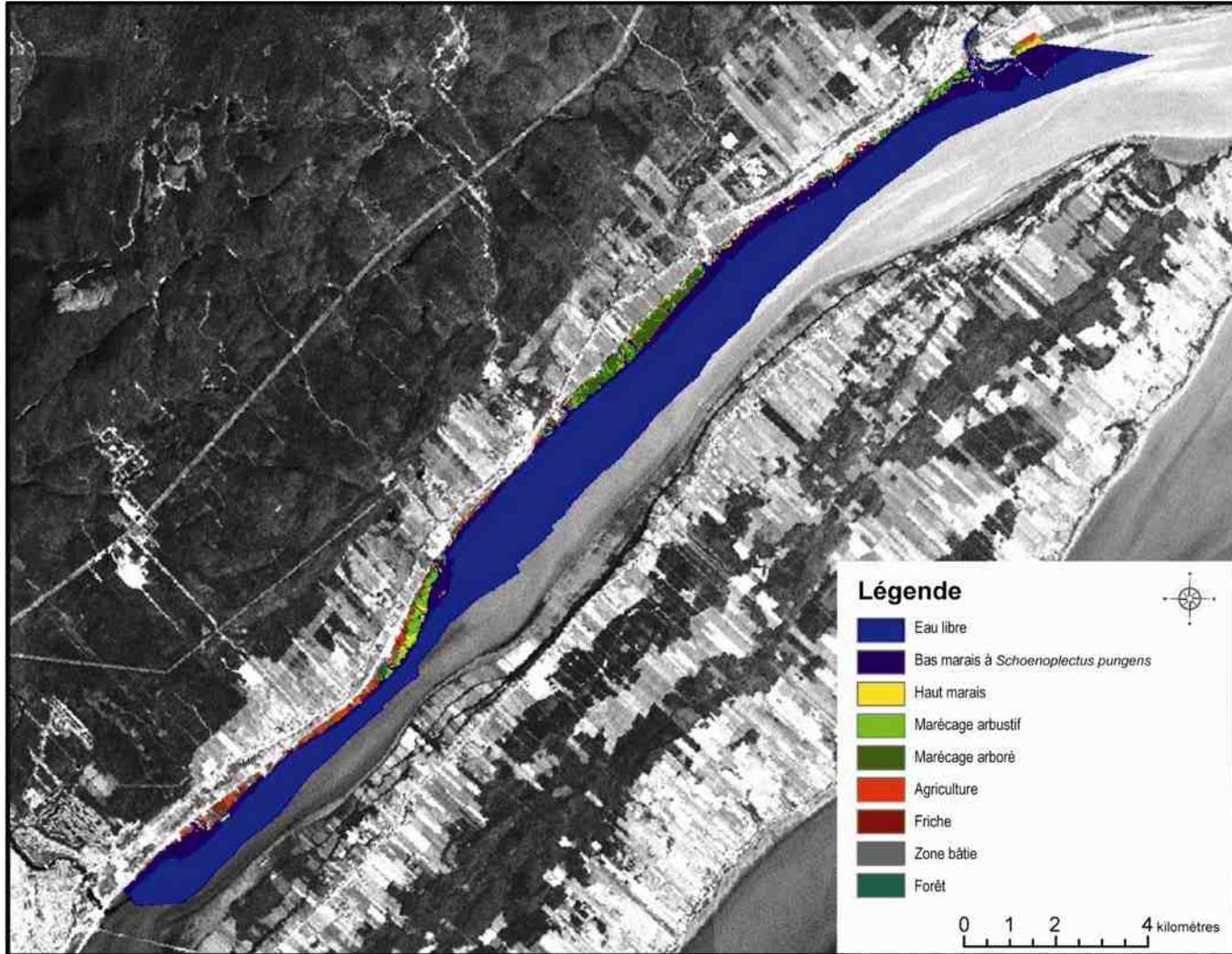
Indice	Valeur
Kappa	0,63
<i>KHisto</i>	0,85
<i>KLoc</i>	0,74
Fraction identique	0,76
Kappa flou	0,29
Fraction floue identique	0,79

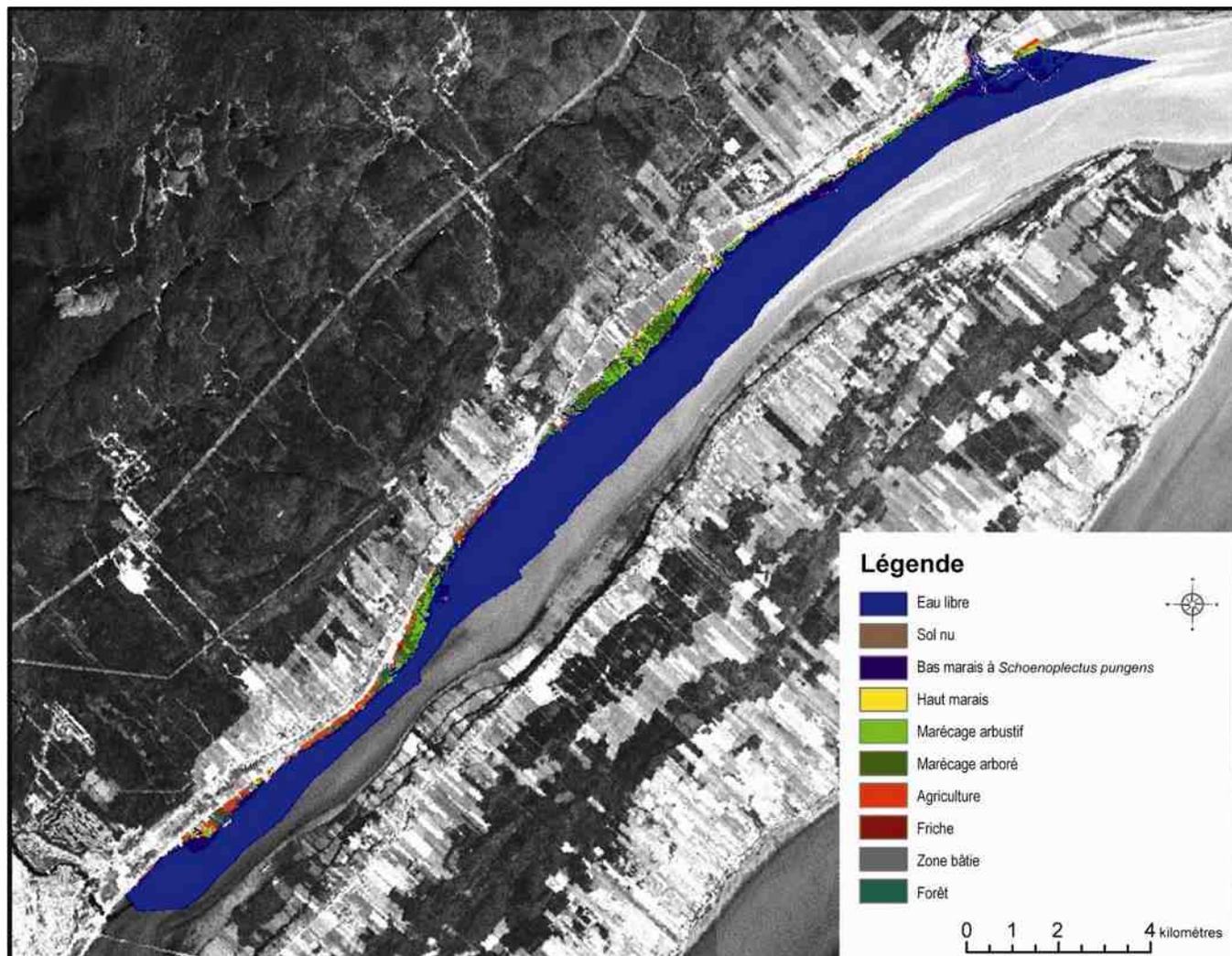
60 Milieux humides du secteur Québec-Lévis en 1990-1991

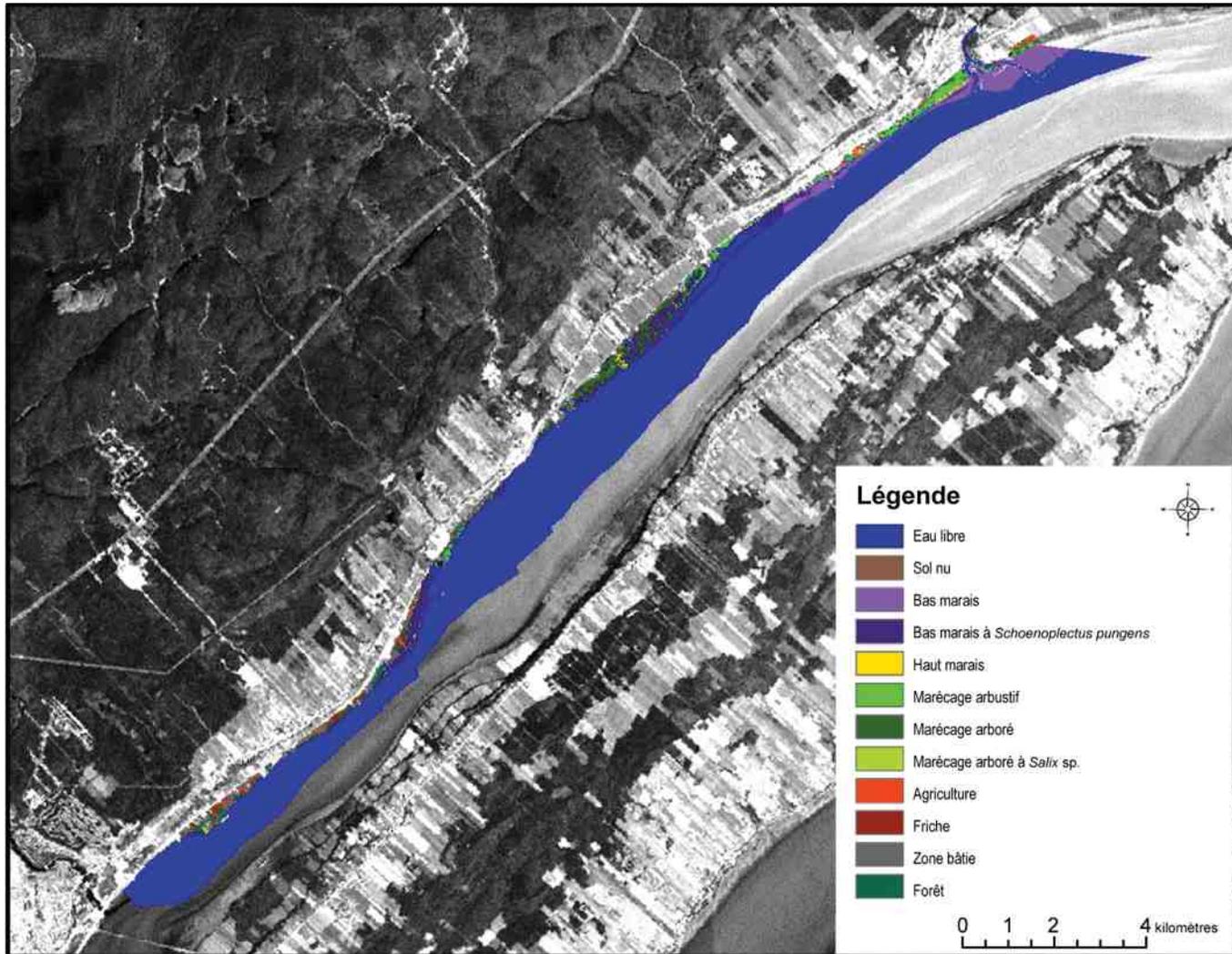
61 Milieux humides du secteur Québec-Lévis en 2000-2002



62 Milieux humides de la portion du secteur Québec-Lévis analysée en 1970-1978

63 Milieux humides de la portion du secteur Québec-Lévis analysée en 1990-1991

64 Milieux humides de la portion du secteur Québec-Lévis analysée en 1996-1997

65 Milieux humides de la portion du secteur Québec-Lévis analysée en 2000-2002

66 Pertes et gains non retenus pour Québec-Lévis

Entre 1990-1991 et 2000-2002

Aucune des pertes observées durant cette période n'a été retenue. Les principales pertes (859 ha) sont le résultat de la disparition de milieux humides au profit de l'eau libre. On observe ce phénomène un peu partout sur les rives du territoire à l'étude, particulièrement en aval de la ville de Québec. L'effet de la mosaïque multi-dates et des différents niveaux de marées pourrait être à l'origine de cette observation.

Par ailleurs, 101 ha de milieux humides identifiés en 1990-1991 ont été classifiés en forêts terrestres en 2000-2002. On rencontre ce phénomène un peu partout sur la Côte-de-Beaupré de même que le long de la rive nord de l'île d'Orléans. Il semble que l'on ait affaire ici à une confusion entre ces deux classes. De plus, 60 ha de milieux humides ont été remplacés par des zones bâties en 2000-2002 qui se situent en majorité le long de la Côte-de-Beaupré en aval de Beauport. Il y a lieu de croire qu'un problème de géométrie sur l'image de 2000-2002 soit à l'origine de cette différence.

Ensuite, 53 ha de milieux humides se sont transformés en zones agricoles. On les observe sur les rives nord et sud de l'île d'Orléans. Il s'agit sans doute d'une surestimation des milieux humides en 1990-1991. Puis, 32 ha de milieux humides en 1990-1991 ont été classifiés en substrat en 2000-2002. On les observe à l'extrémité nord-ouest de l'île d'Orléans. Ici, c'est vraisemblablement l'effet des marées qui pourrait expliquer ces changements sur les cartes. Enfin, 27 ha de milieux humides se sont transformés en friches sur la cartographie de 2000-2002. On les retrouve à des endroits précis sur la Côte-de-Beaupré ainsi que sur la rive nord de l'île d'Orléans. Bien que nous ne disposions pas de données de validation propres à ces secteurs, il nous apparaît que ces transformations sont dues à une confusion entre les deux classes.

De même, tous les gains observés n'ont pas été retenus. La transformation de zones d'eau libre en milieux humides (comprenant des bas marais à *Schoenoplectus pungens*, des bas marais et des marécages arbustifs) occupe 182 ha. Elle se répartit à quelques endroits sur la Côte-de-Beaupré, dans le fond de certaines baies de la rive sud de même qu'autour de l'île Madame. L'effet des marées n'explique pas ce changement puisque celles-ci sont plus importantes en 2000 qu'en 1991 pour les sections touchées de la carte (station hydrométrique de l'île aux Grues 2,444 m le 3 septembre 1991 à 16 h 11 HAE; 3,860 m le 24 septembre 2000 à 16 h 50 HAE).

L'examen des images brutes ne montre pas de changements importants. Par ailleurs, 68 ha de forêts, 64 ha de friches et 37 ha de terres agricoles en 1990-1991 se sont transformées en milieux humides (principalement des marécages) en 2000-2002. Ces présumés changements se situent près du centre de la rive nord de l'île d'Orléans. Une confusion entre les classes semble vraisemblablement expliquer ces observations. Enfin, 17 ha de zones bâties en 1990-1991 ont été incorrectement classifiés en milieux humides en 2000-2002. Ces différences se rencontrent sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent ainsi que sur la rive sud de l'île d'Orléans. Il s'agit ici vraisemblablement de problèmes de géométrie entre les deux cartes.

Entre 1970-1978 et 1990-1991

Les principales pertes de milieux humides observées durant cette période n'ont pas été retenues. Elles se sont faites au détriment de l'eau libre (125 ha). On les rencontre un peu partout le long de la Côte-de-Beaupré. Puisque la cartographie du Groupe Dryade a été produite à l'aide de photographies aériennes prises à deux dates distinctes, des différences entre les niveaux des marées pourraient être vraisemblablement à l'origine de cette divergence entre les cartographies.

Parmi les gains de milieux humides non retenus, 64 ha de substrats ont été classifiés en milieux humides en 1990-1991. On les observe comme effet miroir du passage de milieux humides à l'eau libre, à l'embouchure de la rivière Saint-Anne et le long de la rive à Sainte-Anne-de-Beaupré. La même cause (niveaux des marées différents entre deux dates) semble expliquer ce phénomène. Dans la même veine, 29 ha d'eau libre sont devenus des milieux humides, principalement à l'embouchure de la rivière Saint-Anne. Encore une fois, l'effet des marées pourrait expliquer cette différence.

Entre 1990-1991 et 1996-1997

L'ensemble des pertes observées durant cette période n'a pas été retenu. Ainsi, 283 ha de milieux humides ont disparu au profit de l'eau libre. On rencontre ce phénomène sur une bonne partie de la Côte-de-Beaupré. L'effet des marées (station hydrométrique de Saint-Joachim : 2,468 m le 3 septembre 1991 et 2,960 m le 6 septembre 1996) serait à l'origine de cette différence. Les autres changements touchent moins de 10 ha chacun et ne sont pas considérés.

Parmi les gains observés n'ayant pas été retenus, 16 ha de zones bâties ont été convertis en milieux humides. Un effet de bordure de la route 138 semble expliquer cette différence.

Ensuite, 9 ha de friches ont été classés en 1996-1997 comme milieux humides. Étant très dispersées sur le territoire, ces différences nous semblent plus liées à des problèmes de classification qu'à de véritables transformations. Enfin, 8 ha de forêts terrestres ont été classifiés en milieux humides. On en observe d'infimes parties dans la portion sud de la Côte-de-Beaupré. Une variation de définition des masques délimitant les milieux terrestres est vraisemblablement à l'origine de ces différences.

Entre 1996-1997 et 2000-2002

Parmi les 92 ha de pertes de milieux humides au profit de l'eau libre, 61 ha ne sont pas retenus. Dans le secteur de Périgny, une surestimation des zones d'eau libre apparente sur l'image de 2000 permet d'expliquer 37 ha de ces fausses pertes. Le reste semble être lié aux différents niveaux de la marée, particulièrement au sud de Le Moyne (station hydrométrique de Saint-Joachim : 3,907 m le 20 septembre 2000 à 12 h 15 HAE, 0,718 m le 25 septembre à 9 h 50 HAE, 1,128 m le 25 juillet 2002 à 12 h HAE et 2,751 m le 28 juillet 2002 à 12 h 10 HAE).

Par ailleurs, 16 ha de milieux humides ont été classifiés en forêts terrestres. Des incohérences dans la classification sont à l'origine de cette différence. De même, 16 ha de milieux humides sont maintenant identifiés comme zones bâties. Il semble s'agir ici d'un effet de bordure causé par la route 138.

L'ensemble des gains n'a pas été retenu. Les seuls d'importance se sont faits au détriment de l'eau libre (148 ha). Ils se rencontrent en aval de Le Moyne où, sur les images de 2000 et 2002, les différentes dates d'acquisition et les effets des marées enregistrées sont particulièrement évidents.

67 Résultats des analyses de concordance Kappa pour le secteur Québec-Lévis

Entre 1990-1991 et 2000-2002

Indice	Valeur
Kappa	0,90
<i>KHisto</i>	0,95
<i>KLoc</i>	0,94
Fraction identique	0,95
Kappa flou	0,78
Fraction floue identique	0,96

Entre 1970-1978 et 1990-1991

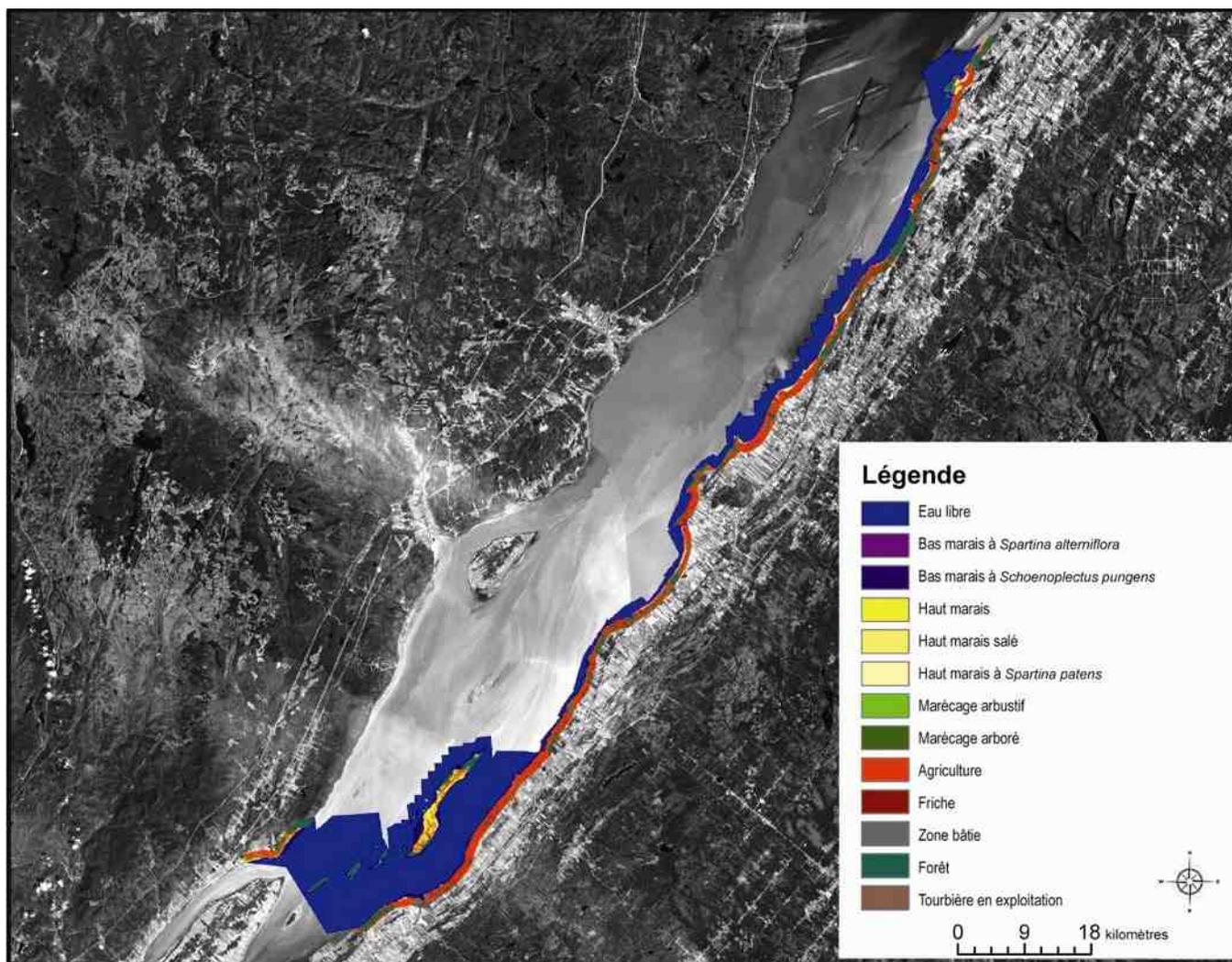
Indice	Valeur
Kappa	0,82
<i>KHisto</i>	0,85
<i>KLoc</i>	0,96
Fraction identique	0,98
Kappa flou	0,73
Fraction floue identique	0,98

Entre 1990-1991 et 1996-1997

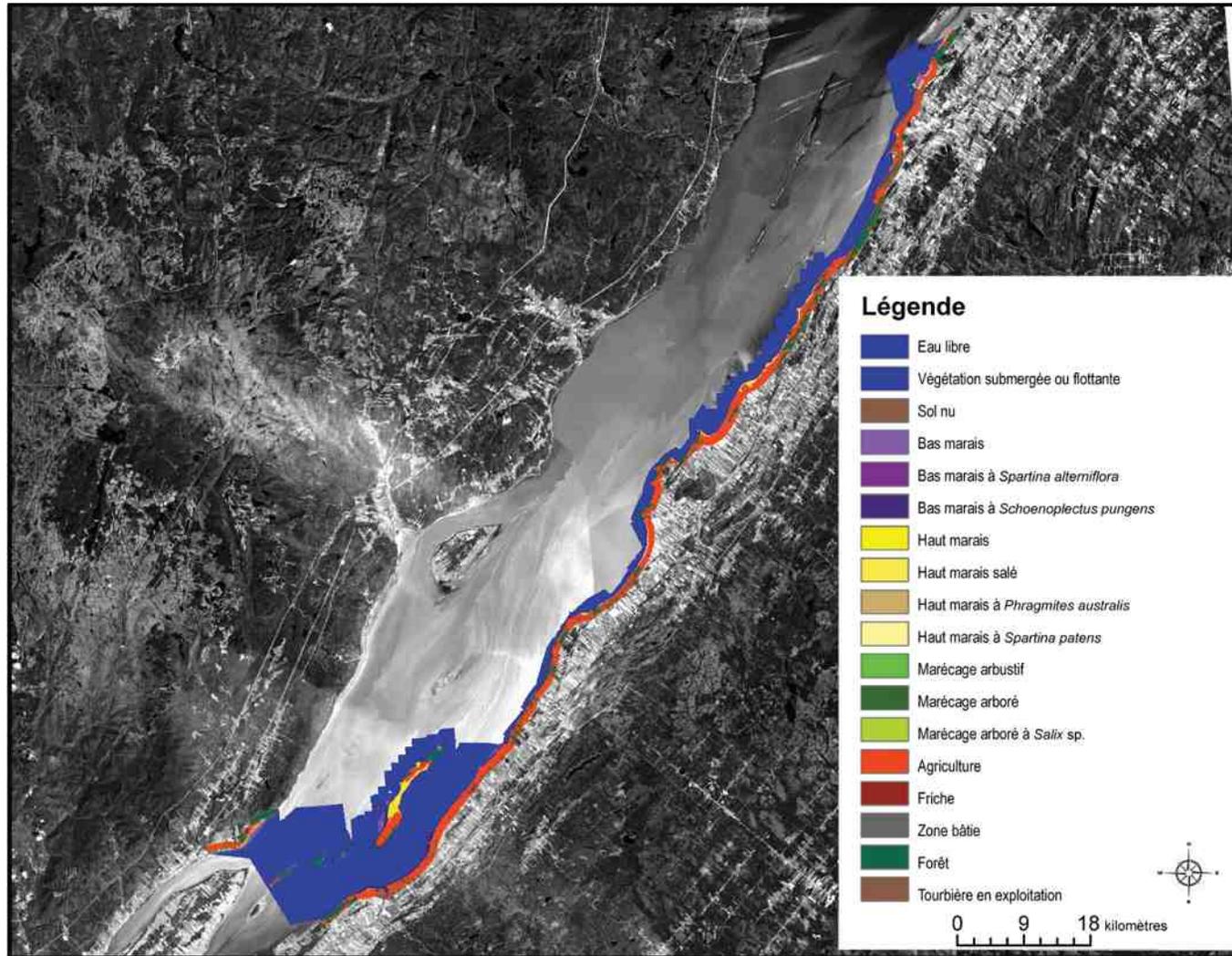
Indice	Valeur
Kappa	0,92
<i>KHisto</i>	0,95
<i>KLoc</i>	0,97
Fraction identique	0,99
Kappa flou	0,91
Fraction floue identique	0,99

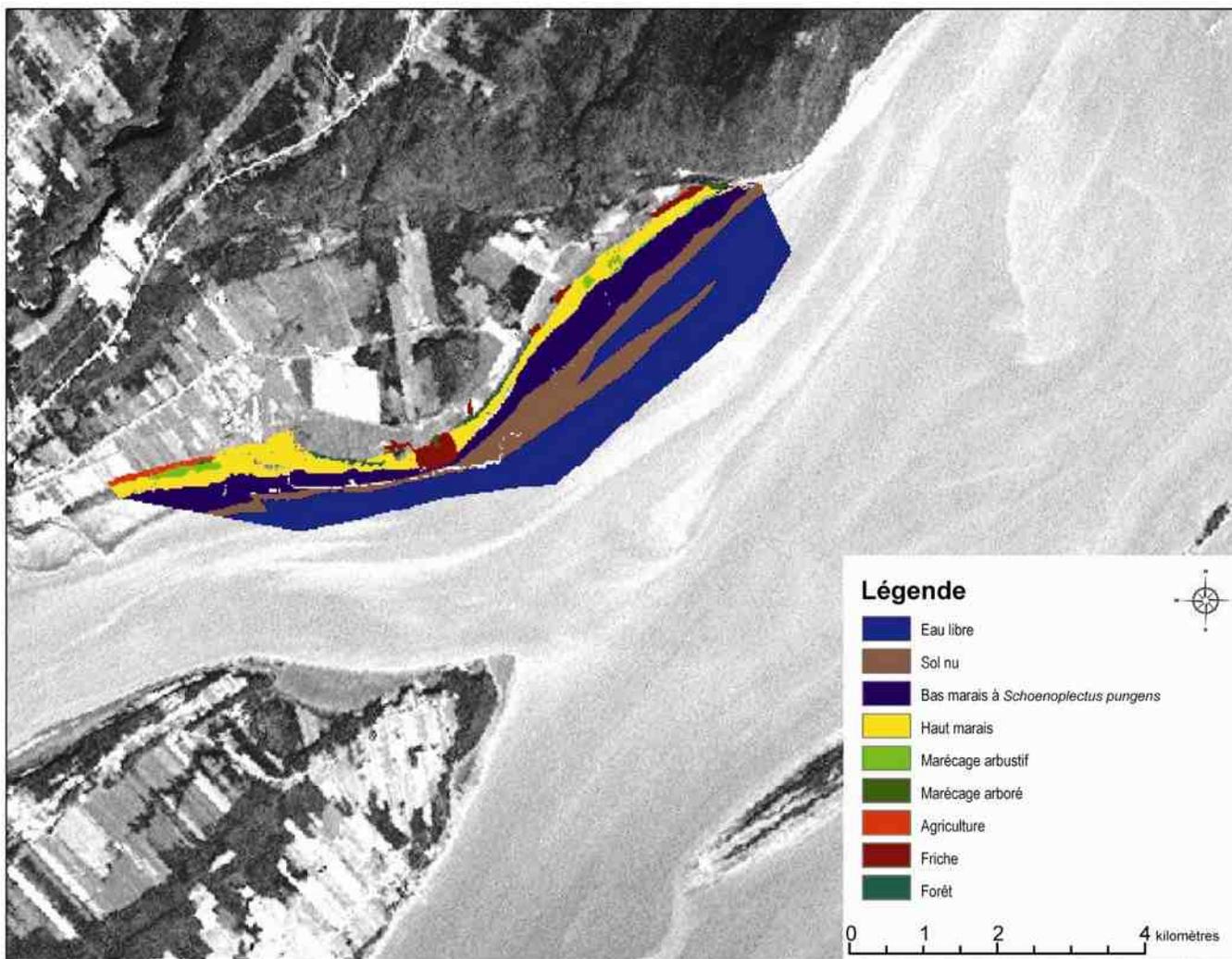
Entre 1996-1997 et 2000-2002

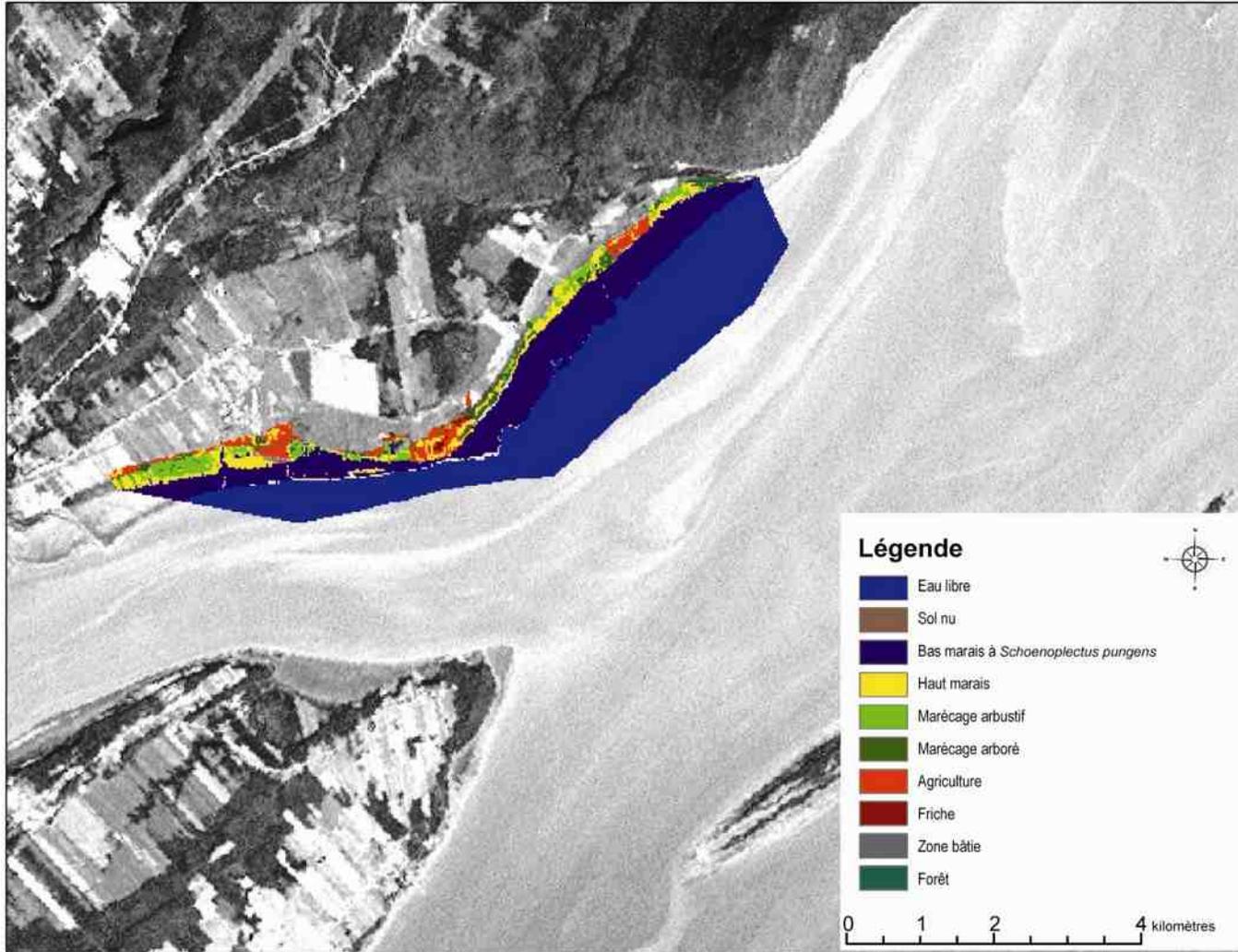
Indice	Valeur
Kappa	0,92
<i>KHisto</i>	0,97
<i>KLoc</i>	0,95
Fraction identique	0,99
Kappa flou	0,89
Fraction floue identique	0,99

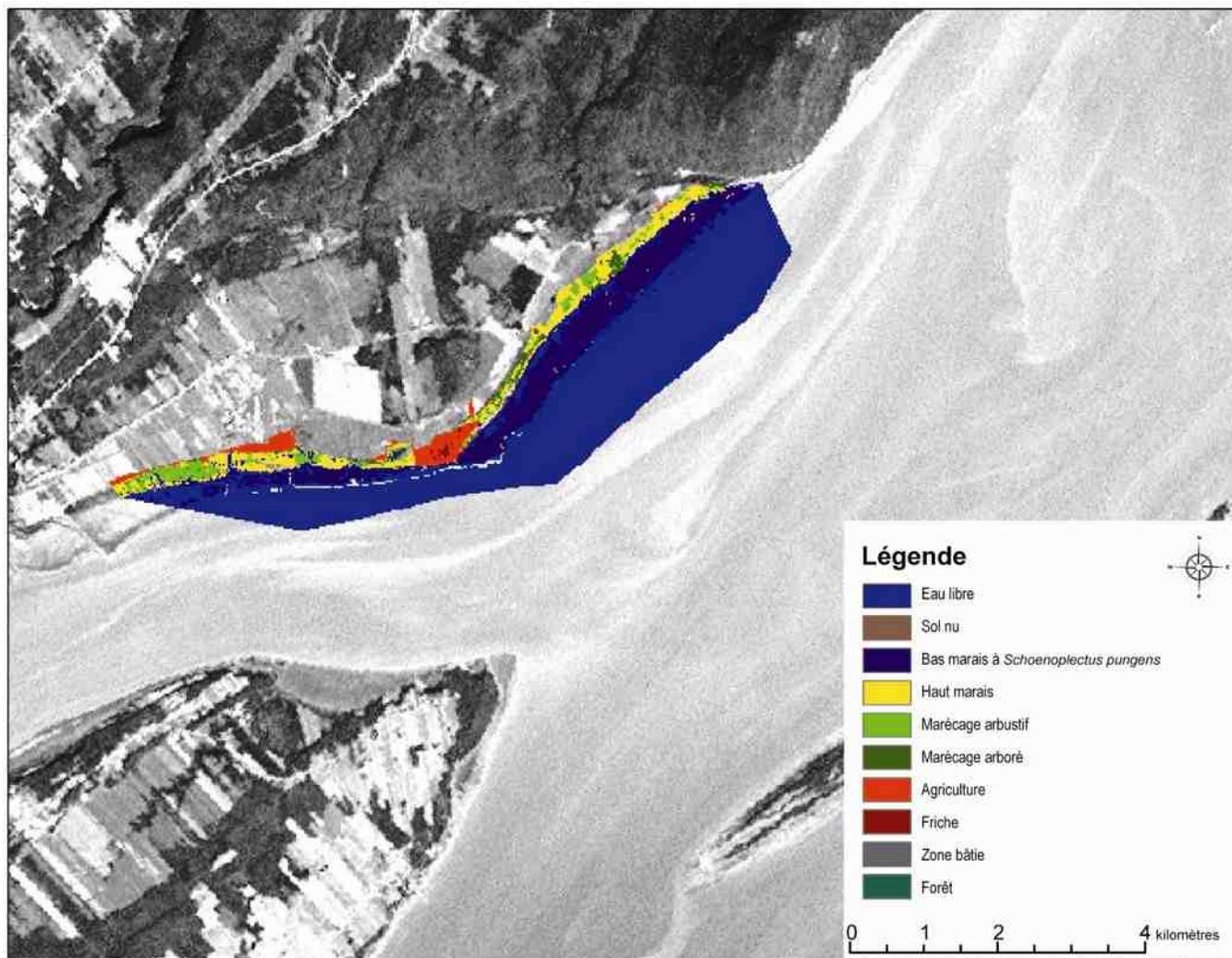
68 Milieux humides de la portion du moyen estuaire analysée en 1990-1991

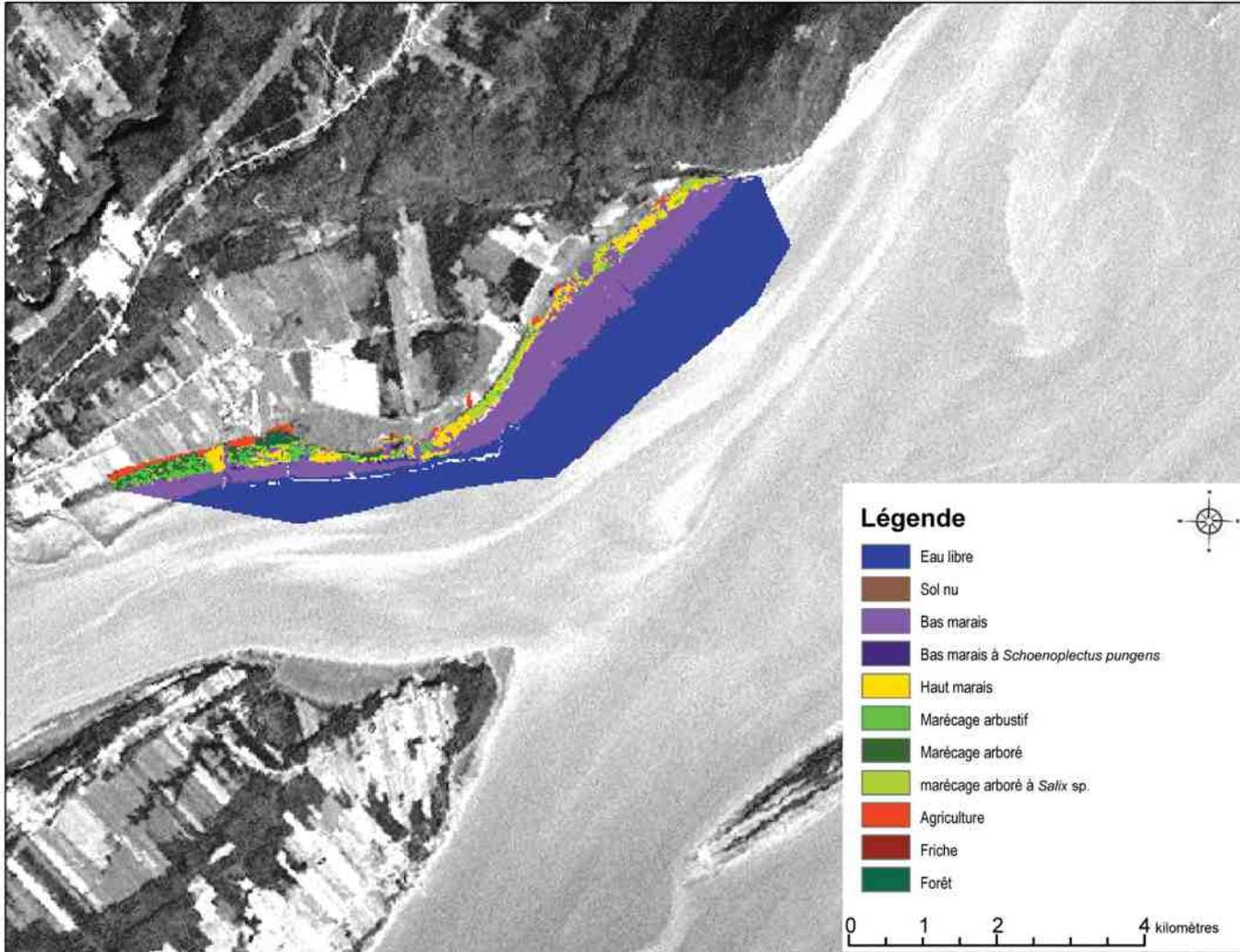
69 Milieux humides de la portion du moyen estuaire analysée en 2000-2002

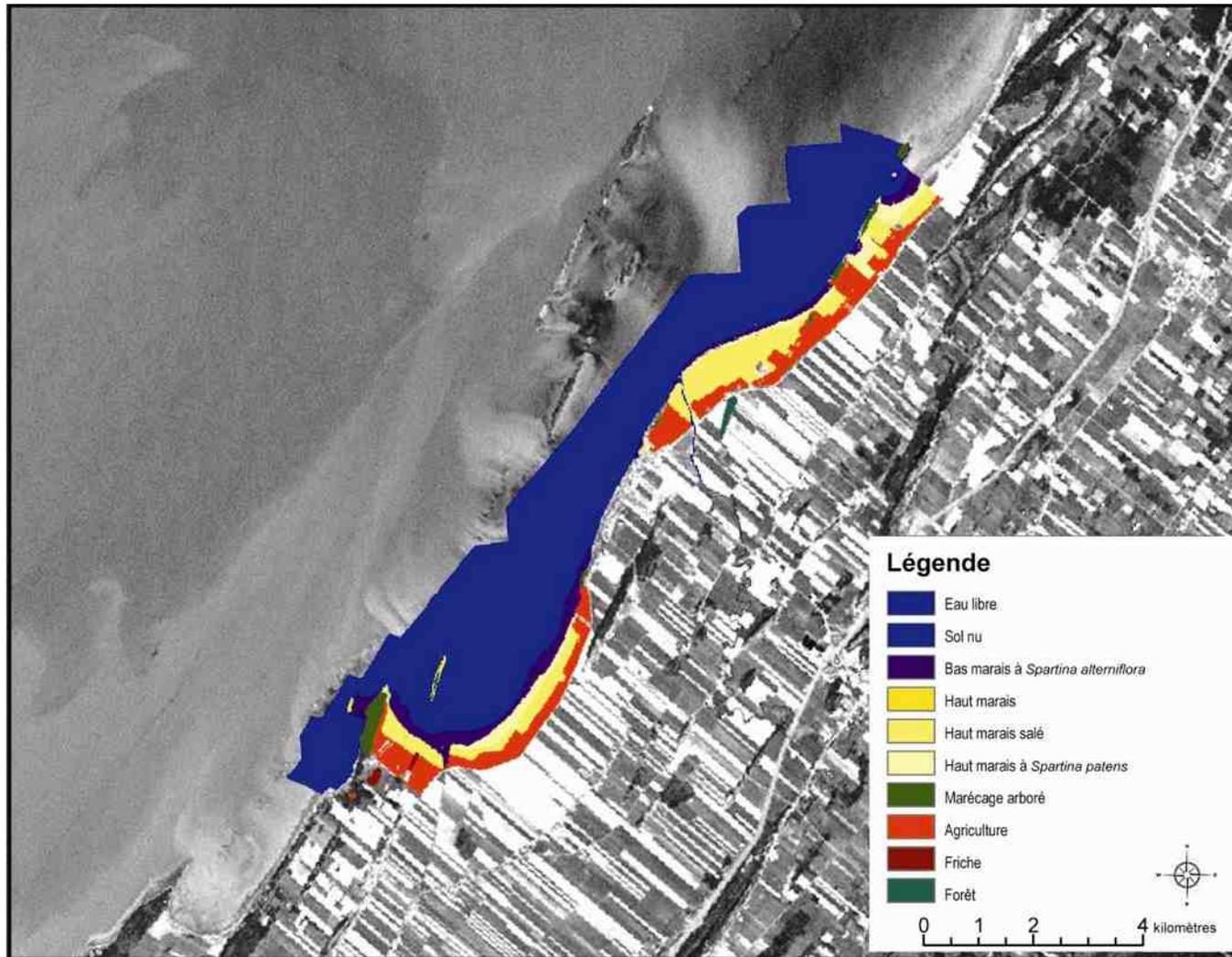


70 Milieux humides du sous-secteur du cap Tourmente (moyen estuaire) analysé en 1970-1978

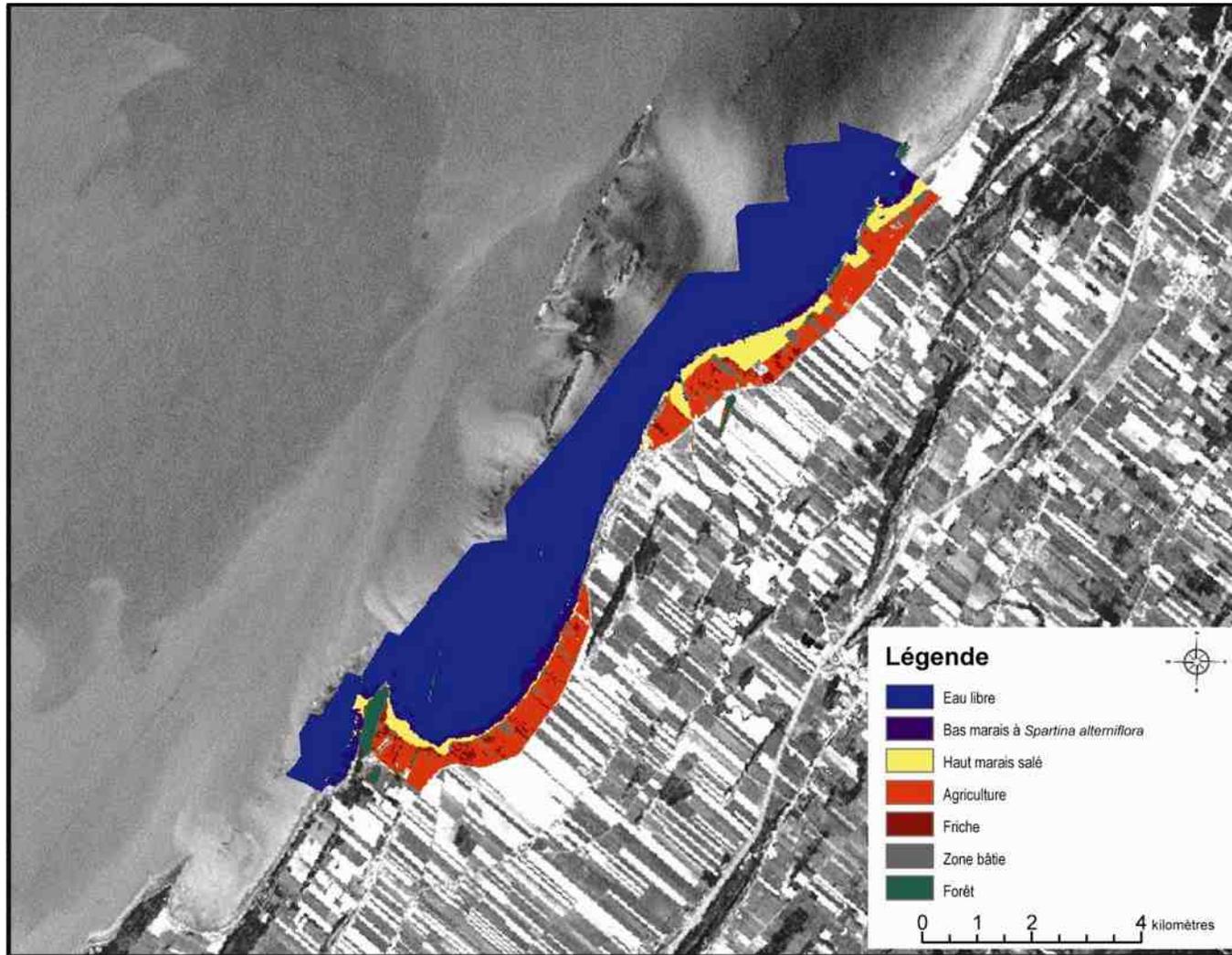
71 Milieux humides du sous-secteur du cap Tourmente (moyen estuaire) analysé en 1990-1991

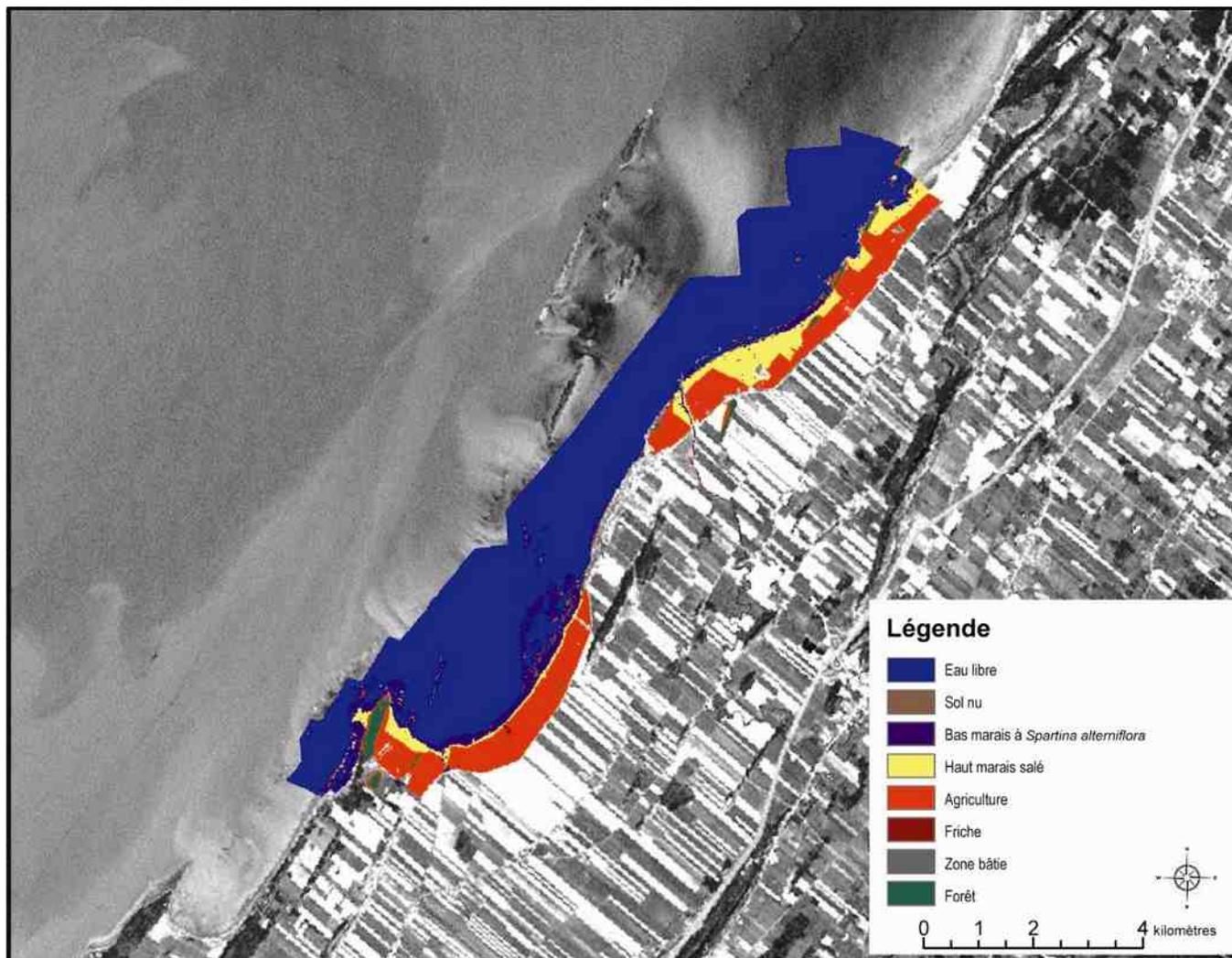
72 Milieux humides du sous-secteur du cap Tourmente (moyen estuaire) analysé en 1996-1997

73 Milieux humides du sous-secteur du cap Tourmente (moyen estuaire) analysé en 2000-2002

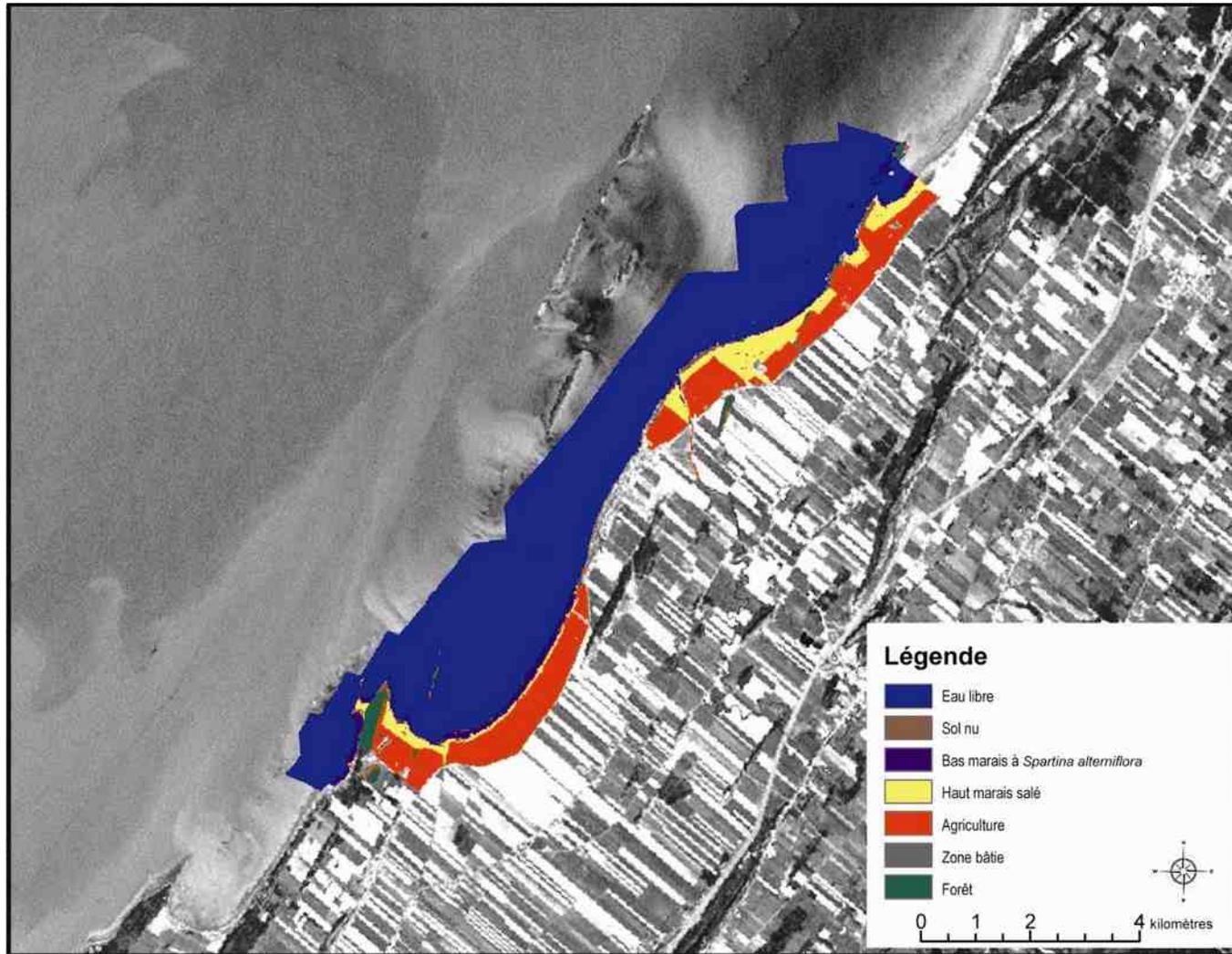
74 Milieux humides du sous-secteur de Kamouraska (moyen estuaire) analysé en 1970-1978

75 Milieux humides du sous-secteur de Kamouraska (moyen estuaire) analysé en 1990-1991



76 Milieux humides du sous-secteur de Kamouraska (moyen estuaire) analysé en 1996-1997

77 Milieux humides du sous-secteur de Kamouraska (moyen estuaire) analysé en 2000-2002



78 Pertes et gains non retenus pour le moyen estuaire

Entre 1990-1991 et 2000-2002 (couverture complète)

Les principales pertes non retenues sont dues à l'apparition de zones d'eau libre. En effet, 1656 ha de milieux humides en 1990-1991 ont disparu au profit de l'eau libre en 2000-2002. Ces différences sont réparties sur les rives de l'ensemble du territoire. Étant donné l'utilisation de mosaïques multi-temporelles, il est difficile de confirmer si ces différences sont entièrement dues à l'effet des marées. Toutefois, l'importance des superficies touchées laisse croire que cela est le cas. Par ailleurs, 538 ha de milieux humides ont été classifiés en terres agricoles en 2000-2002. Ces changements sont localisés dans le sous-secteur du cap Tourmente et sur l'île aux Grues, l'île aux Oies, et l'île aux Ruaux. Les milieux humides touchés sont diversifiés, allant des bas marais à *Schoenoplectus pungens*, aux hauts marais et aux marécages. Ces différences pourraient être la résultante d'une surestimation des milieux humides en 1990-1991, bien qu'il soit possible, par endroits, que les activités agricoles aient vraiment détruit des milieux humides.

À cela s'ajoute la transformation de 123 ha de milieux humides (autant des bas marais, des hauts marais que des marécages) en forêts en 2000-2002. Ces changements sont largement dispersés en petites zones et semblent être la résultante d'un problème de confusion entre des classes. Enfin, 44 ha de milieux humides ont été convertis en zones bâties. Ces changements se retrouvent de façon éparse sur l'île aux Grues, le long de la rivière du Sud, à l'anse de Trois-Saumons, dans la tourbière de Pointe-aux-Orignaux et le long de la rivière du Loup. Des problèmes de géométrie et de confusion de classes semblent expliquer ces différences.

Les gains observés qui n'ont pas été retenus sont nombreux. Ainsi, la comparaison entre les deux cartes montre de présumés gains en milieux humides au détriment de l'eau libre (412 ha). L'analyse entre 1970-1978 et 2000-2002 (voir plus bas) montre que les modifications touchant l'eau libre ne sont pas persistantes et semblent plutôt liées à l'effet des marées ou à divers autres problèmes. D'importants gains observés non retenus (430 ha) se sont faits au détriment de l'agriculture. On rencontre ces différences à l'île aux Grues de même que le long de la rive sud du fleuve, plus particulièrement à Montmagny, à Cap-Saint-Ignace, à Saint-Roch-des-Aulnaies, à Village-des-Aulnaies, à Kamouraska, à Rivière-du-Loup, à Cacouna, ainsi qu'à Cacouna-Est. Celles-ci résultent principalement de confusions entre les milieux humides et les

zones agricoles. Par ailleurs, 158 ha de forêts en 1990-1991 ont été classifiés en milieux humides en 2000-2002. Ces milieux humides sont des herbaçaias salées, des tourbières, des bas marais dominés par *Spartina alterniflora*, des marécages arborés dominés par *Salix* sp., ou des hauts marais. Ils se répartissent au cap Tourmente, à l'île aux Grues, à Saint-Roch-des-Aulnaies, à Rivière-des-Caps, à Rivière-du-Loup et à Cacouna. Ces divergences s'expliquent vraisemblablement par des différences de géométrie entre les deux cartes ou par une confusion entre les marécages et les forêts plus terrestres.

Enfin, 93 ha de friches en 1990-1991 ont été classifiés comme milieux humides en 2000-2002 localisés au cap Tourmente, à Saint-Roch-de-Aulnaies, à Rivière-du-Loup et à L'Anse-au-Persil. Les nouveaux milieux humides sont classés comme bas et hauts marais dans la Réserve nationale de faune du cap Tourmente; en aval, il s'agit plutôt de bas marais dominés par *Schoenoplectus pungens* et d'herbaçaias salées. Ces différences sont expliquées par une confusion entre les deux classes.

Entre 1970-1978 et 1990-1991 (cap Tourmente)

Les seules pertes de milieux humides observées durant cette période n'ayant pas été retenues consistent en 15 ha de milieux humides qui se sont transformés en eau libre. Puisque la cartographie du Groupe Dryade a été produite à l'aide de photographies aériennes prises à deux dates distinctes, la variation des niveaux des marées pourrait expliquer les différences entre les cartographies.

Parmi les gains en milieux humides non retenus, 55 ha de substrats ont été classifiés en milieux humides en 1990-1991. On les observe comme effet miroir du passage de milieux humides à l'eau libre décrit plus haut, sur la batture de la Réserve nationale de faune du cap Tourmente. Les niveaux différents des marées entre deux dates pourraient expliquer ce phénomène. Par ailleurs, 17 ha de friches sont devenus des milieux humides. Ils s'observent dans la Réserve nationale de faune du cap Tourmente, et de manière interrompue entre Petit-Cap et le cap Tourmente. L'examen détaillé des images brutes semble indiquer que les milieux humides auraient été surestimés en 1990-1991. Les autres gains touchent des superficies inférieures à 10 ha et sont considérés comme des incohérences.

Entre 1990-1991 et 1996-1997 (cap Tourmente)

La totalité des pertes observées durant cette période n'a pas été retenue. Ainsi, 108 ha de milieux humides ont disparu au profit de l'eau libre. On rencontre ce phénomène sur une bonne partie de la rive. Il nous apparaît que l'effet des marées (station hydrométrique de Saint-Joachim : 2,468 m le 3 septembre 1991 et 2,960 m le 6 septembre 1996) soit à l'origine de cette différence. Par ailleurs, 13 ha de milieux humides sont classifiés en zones agricoles. On en retrouve à quelques endroits dans la Réserve nationale de faune du cap Tourmente et à proximité de celle-ci. Il semble que nous ayons affaire à une surestimation des milieux humides en 1990-1991. Les autres changements (moins de 5 ha chacun) sont considérés comme des incohérences.

Le reste des gains observés, totalisant 10 ha, n'a pas été retenu. Parmi ceux-ci, 8 ha de forêts terrestres ont été classifiés en milieux humides. La majeure partie s'observe à l'extrémité est de la plaine de la Réserve nationale de faune du cap Tourmente. Une variation de la définition des masques délimitant les milieux terrestres est vraisemblablement à l'origine de ces différences.

Entre 1996-1997 et 2000-2002 (cap Tourmente)

Aucune perte n'a été conservée. Les plus importantes disparitions de milieux humides sont de l'ordre de 19 ha et sont au profit de l'eau libre et semblent être liées aux différents niveaux de la marée (station hydrométrique de Saint-Joachim : 3,907 m le 20 septembre 2000 à 12 h 15 HAE, 0,718 m le 25 septembre 2000 à 9 h 50 HAE, 1,128 m le 25 juillet 2002 à 12 h HAE et 2,751 m le 28 juillet 2002 à 12 h 10 HAE). Les autres types de pertes représentent moins de 10 ha chacune et résultent vraisemblablement de problèmes de classification.

Les plus importants gains considérés comme des incohérences marquent l'apparition de 90 ha de milieux humides à partir de l'eau libre. Cette différence s'explique vraisemblablement par les dates d'acquisition variées et les niveaux des marées enregistrés sur les images de 2000 et 2002.

Entre 1970-1978 et 1990-1991 (Kamouraska)

Un seul type de pertes n'a pas été retenu. Il s'agit de la transformation de 36 ha de milieux humides remplacés en 1990-1991 par des forêts terrestres. On l'observe à la pointe du Cap (Saint-Denis-sur-Mer) ainsi que sur quelques îles. Il nous semble évident qu'il s'agit ici d'une surestimation des milieux humides de l'époque de la part du Groupe Dryade.

Les gains non retenus sont faibles (8 ha) et concernent l'agriculture et l'eau libre.

Entre 1990-1991 et 1996-1997 (Kamouraska)

L'ensemble des pertes observées n'a pas été retenu. Les principales pertes se sont faites au profit de l'eau libre (41 ha). On rencontre ce phénomène principalement sur la rive à la hauteur des îles de Kamouraska. Il semble que des problèmes de géométrie soient à l'origine de cette différence. Par ailleurs, 19 ha de milieux humides sont devenus des sols nus. Ici aussi, des problèmes de géométrie, ou la présence d'érosion, pourrait avoir causé cette différence. Les autres pertes, totalisant 10 ha, sont considérées comme des incohérences.

Les gains observés les plus imposants, bien que non retenus, totalisent 92 ha et se font au détriment de l'eau libre. L'effet des marées est vraisemblablement à l'origine de cette différence (station hydrométrique de Grande Île : entre 2,671 m et 2,898 m le 3 septembre 1991; entre 2,077 m et 2,103 m le 10 août 1997). Par ailleurs, 28 ha de terres agricoles ont été classifiés en 1996-1997 en milieux humides. Cette différence semble être le résultat de problèmes géométriques entre les deux cartes, couplés à de l'imprécision dans l'attribution des classes. C'est également le cas pour les 23 ha de zones bâties qui seraient, selon la carte de 1996-1997, devenus des milieux humides. Les autres changements, totalisant 12 ha, sont aussi considérés comme des incohérences.

Entre 1996-1997 et 2000-2002 (Kamouraska)

Parmi l'ensemble des pertes observées durant cette période, et qui n'ont pas été retenues, les principales pertes sont évaluées à 94 ha et se sont faites au profit de l'eau libre. L'effet des marées semble expliquer cette différence (station hydrométrique de Grande Île : entre 2,077 m et 2,103 m le 10 août 1997; entre 3,989 m et 4,297 m les 16 et 21 août 2002). De plus, 24 ha de milieux humides sont maintenant devenus des terres agricoles. La géométrie de la carte de 1996-1997, de même que les variations entre les masques des milieux terrestres sont probablement à l'origine de cette différence. Enfin, 18 ha de milieux humides sont devenus des sols nus. Bien qu'une diminution de la densité du couvert végétal soit possible, nous ne disposons pas d'information pour appuyer une telle hypothèse. Les autres pertes, totalisant 4 ha, sont considérées comme des incohérences.

Près de la moitié des gains non retenus (22 ha sur 48 ha) se sont faits au détriment de l'eau libre. La géométrie de la carte de 1996-1997, en plus d'une surestimation des milieux humides en 2000-2002, sont probablement à l'origine de cette différence. Par ailleurs, 14 ha de zones agricoles sont devenues des milieux humides. La géométrie, de même que la confusion avec certains milieux terrestres (les aboiteaux par exemple), sont probablement à l'origine de cette différence. Enfin, 10 ha de substrat sont devenus des milieux humides. Il ne nous semble pas pertinent, étant donné les problèmes géométriques de 1996-1997, de retenir ces différences. Les autres gains, totalisant 2 ha, sont considérés comme des incohérences.

79 Résultats des analyses de concordance Kappa pour le moyen estuaire

Entre 1990-1991 et 2000-2002 (couverture complète)

Indice	Valeur
Kappa	0,85
<i>KHisto</i>	0,93
<i>KLoc</i>	0,92
Fraction identique	0,93
Kappa flou	0,73
Fraction floue identique	0,94

Entre 1970-1978 et 1990-1991 (cap Tourmente)

Indice	Valeur
Kappa	0,82
<i>KHisto</i>	0,86
<i>KLoc</i>	0,96
Fraction identique	0,94
Kappa flou	0,72
Fraction floue identique	0,94

Entre 1990-1991 et 1996-1997 (cap Tourmente)

Indice	Valeur
Kappa	0,89
<i>KHisto</i>	0,94
<i>KLoc</i>	0,94
Fraction identique	0,96
Kappa flou	0,85
Fraction floue identique	0,97

Entre 1996-1997 et 2000-2002 (cap Tourmente)

Indice	Valeur
Kappa	0,79
<i>KHisto</i>	0,83
<i>KLoc</i>	0,95
Fraction identique	0,93
Kappa flou	0,68
Fraction floue identique	0,93

Entre 1970-1978 et 1990-1991 (Kamouraska)

Indice	Valeur
Kappa	0,69
<i>KHisto</i>	0,79
<i>KLoc</i>	0,87
Fraction identique	0,85
Kappa flou	0,45
Fraction floue identique	0,87

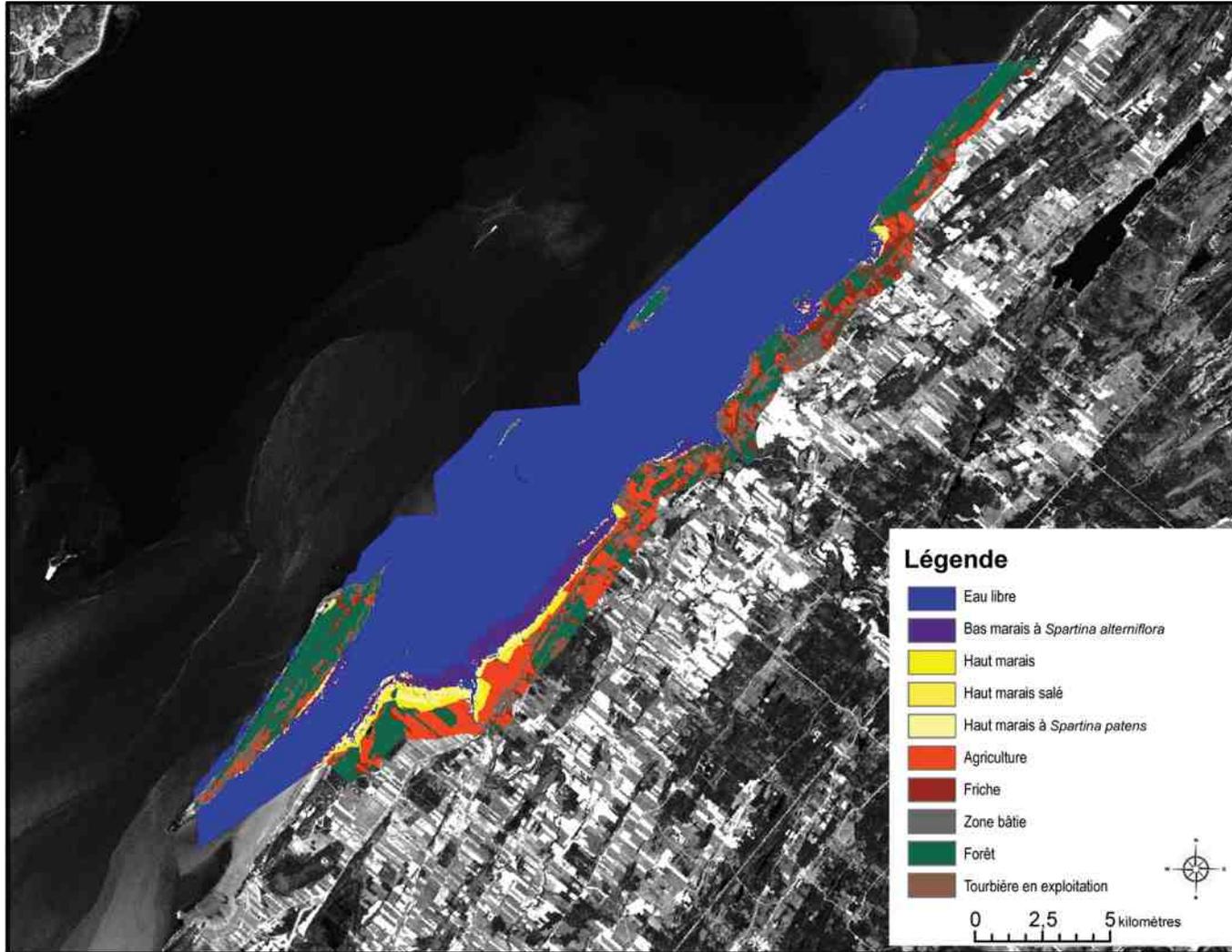
Entre 1990-1991 et 1996-1997 (Kamouraska)

Indice	Valeur
Kappa	0,81
<i>KHisto</i>	0,91
<i>KLoc</i>	0,89
Fraction identique	0,91
Kappa flou	0,69
Fraction floue identique	0,93

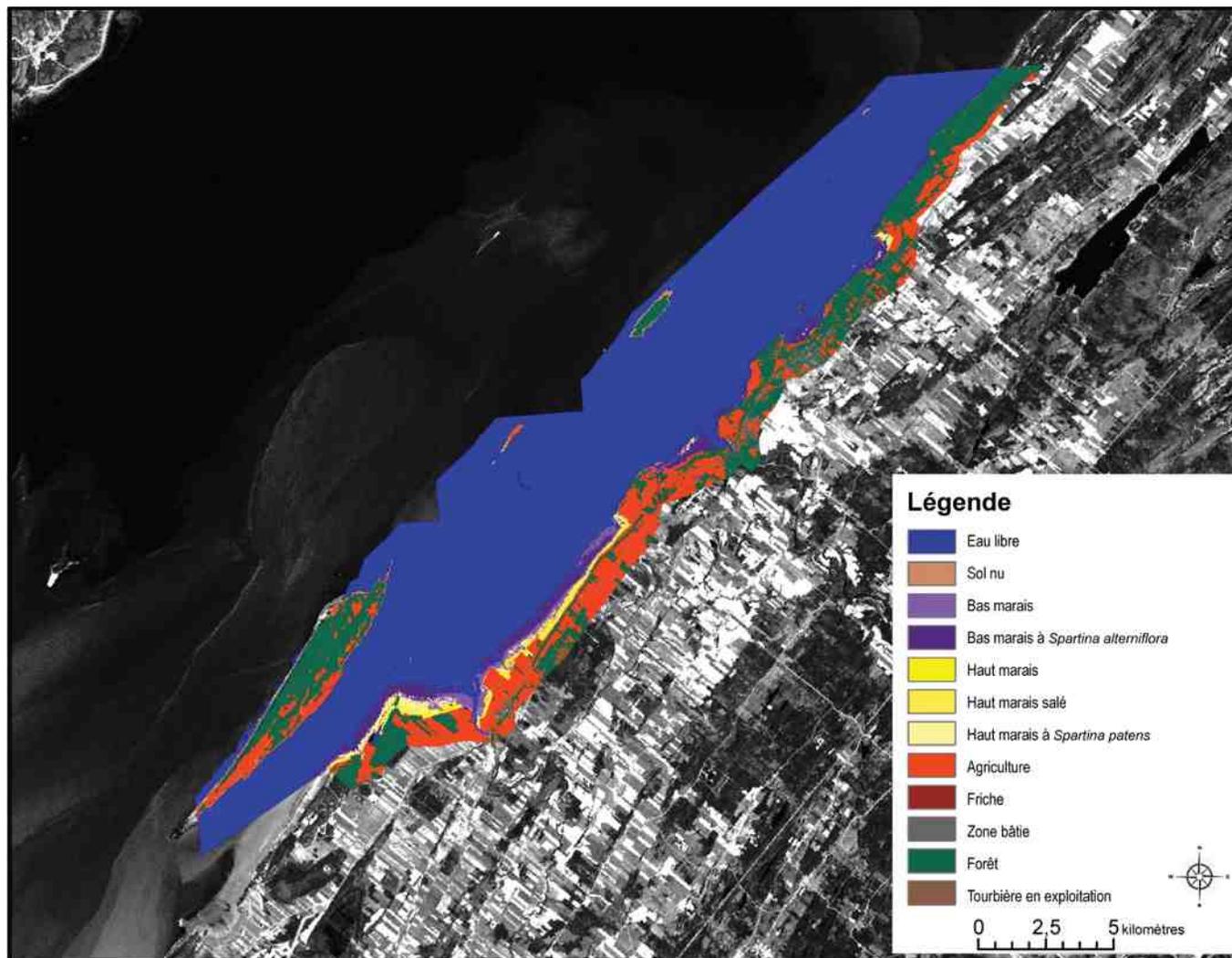
Entre 1996-1997 et 2000-2002 (Kamouraska)

Indice	Valeur
Kappa	0,83
<i>KHisto</i>	0,93
<i>KLoc</i>	0,89
Fraction identique	0,92
Kappa flou	0,74
Fraction floue identique	0,94

80 Milieux humides de la portion de l'estuaire maritime analysée en 1990-1991



81 Milieux humides de la portion de l'estuaire maritime analysée en 2000-2002



82 Pertes et gains non retenus pour l'estuaire maritime

Entre 1990-1991 et 2000-2002

L'ensemble des pertes observées durant cette période n'a pas été retenu. La plus imposante perte observée est de l'ordre de 465 ha de milieux humides (principalement des bas marais dominés par *Spartina alterniflora*) qui ont été classifiés en eau libre en 2000-2002. Ce changement se répartit sur la rive sud de l'île Verte et dans la baie adjacente au quai de Trois-Pistoles (région cartographiée en 2000), de même que dans l'anse de L'Isle-Verte (cartographiée avec les images de 2002). Les niveaux de la marée en 2000 et en 2002 sont à un mètre ou plus au-dessus de ceux enregistrés en 1991 (station hydrométrique de Trois-Pistoles : entre 1,431 m et 1,444 m le 3 septembre 1991; entre 2,774 m et 2,916 m le 22 septembre 2000; 1,732 m le 26 septembre 2000; 2,327 m le 16 août 2002). Il est donc permis de penser que ces transformations sont principalement dues à l'effet des marées. Enfin, dans le cas précis de la baie adjacente au quai de Trois-Pistoles, il nous apparaît qu'une surestimation des milieux humides a été faite sur la cartographie de 1990-1991.

Par ailleurs, 86 ha de milieux humides (incluant des tourbières, des herbaçaiies salées et des bas marais dominés par *Spartina alterniflora*) sont devenus des terres agricoles en 2000-2002. Ils sont principalement localisés sur les rives nord et sud de l'île Verte ainsi que dans une tourbière à l'est du village de L'Isle-Verte. Il s'agit vraisemblablement d'une surestimation des zones agricoles en 2000-2002.

Ensuite, 50 ha de milieux humides en 1990-1991 ont été classifiés en forêts en 2000-2002. On rencontre ce changement en bordure de l'île Verte et autour de la tourbière à l'est du village de L'Isle-Verte. Dans le cas de cette dernière, il semble y avoir une confusion entre la forêt et la partie boisée de la tourbière. Par contre, un problème de géométrie des images serait à l'origine des changements observés sur l'île Verte.

De plus, 12 ha de milieux humides en 1990-1991 ont été classifiés en zones bâties en 2000-2002 en bordure de l'île Verte et dans le fond de certaines baies. Il semble qu'il y a eu confusion sur la classification de 2000-2002, où des reflets du soleil ou une forte turbidité ont été interprétés comme des zones bâties.

Enfin, 13 ha de milieux humides en 1990-1991 ont été classifiés en sols nus. Un problème de géométrie des images expliquerait ces différences sur les cartes.

Parmi les gains observés qui n'ont pas été retenus, 86 ha de zones agricoles en 1990-1991 ont été classifiés en milieux humides (des hauts marais et des herbaçaias salées) en 2000-2002. On retrouve ces différences principalement dans l'anse de L'Isle-Verte. Il s'agit vraisemblablement d'une surestimation des cultures en 1990-1991.

Ensuite, 27 ha de zones bâties classifiés en 1990-1991 se retrouvent en milieux humides en 2000-2002. Il s'agit nettement d'une surestimation des zones bâties en 1990-1991. Par ailleurs, 22 ha de forêts en 1990-1991 sont devenus des milieux humides en 2000-2002. Les milieux humides touchés sont des bas marais, des herbaçaias salées et des tourbières. Ces différences se concentrent principalement à la pointe près de l'île Ronde. Il semble que ce soit un problème de classification sur la cartographie de 2000-2002.

Enfin, 18 ha de friches se sont transformés en milieux humides (des bas marais et des herbaçaias salées). Ces différences sont localisées à l'est de l'embouchure de la rivière Verte. Il s'agit vraisemblablement d'une mauvaise classification en 1990-1991.

83 Résultats des analyses de concordance Kappa pour l'estuaire maritime**Entre 1990-1991 et 2000-2002**

Indice	Valeur
Kappa	0,84
<i>KHisto</i>	0,93
<i>KLoc</i>	0,90
Fraction identique	0,92
Kappa flou	0,69
Fraction floue identique	0,93



Environnement
Canada

Environment
Canada